

Абонентские терминалы в технологии FTTH

Под FTTH на Западе обычно понимается технология, при которой оптический приемник устанавливается у конечного индивидуального абонента. Это может быть или отдельный дом коттеджного типа или квартира в многоэтажном блочном доме. Применительно к российским условиям эксплуатации такое решение является очень дорогостоящим, т.к. требует большого числа оптических передатчиков (цена на которые много выше цены на оптические приемники). В связи с этим, под FTTH понимаются чисто волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), выходы оптических узлов (ОУ) которых непосредственно (т.е. без дополнительных усилителей) связаны с абонентскими терминалами, например, STB (Set-Top-Box) или телевизором. Очевидно, что использование технологии FTTH подразумевает под собой большее число ОУ и более протяженные ВОЛС в сравнении с любой другой технологией (FTTC или FTTB).

Абонентские терминалы в технологии ETTN.

Абонентский терминал NTE-RG-1402F выполнен в виде настольного изделия в пластиковом корпусе размерами 184x44x118 мм. Внешний вид передней панели устройства приведен на рисунке 1. На передней панели устройства расположены следующие разъемы и органы управления: Индикаторы LAN: Индикаторы P0..P3- индикаторы линка ETHERNET; Индикаторы линка Phone. Индикаторы PON: Индикатор Link - индикатор активного PON-линка; Индикатор Fail - отсутствие сигнала от станции; Индикатор FEC - индикатор включения коррекции ошибок; Индикатор работы Status - сигнализация прохождения авторизации устройства; Индикатор питания Power. Внешний вид задней панели устройства приведен на рисунке 2. На задней панели устройства расположены следующие разъемы и органы управления: Тумблер питания On/Off; Разъем подключения электропитания адаптера питания - 9..24 V; Разъем USB для подключения таких устройств как внешний накопитель; Разъемы Phone0, Phone 1 - разъемы RJ-11 для подключения аналоговых телефонных аппаратов; Разъемы P0..P3 - 4 разъема RJ-45 Ethernet-интерфейса LAN 10/100Base-T; Функциональная кнопка F - для перезагрузки устройства и сброса к заводским настройкам; Разъем PON - разъем SC (розетка) PON оптического интерфейса GEAPON.

Абонентские терминалы применяемые технологию G4

Портативный USB модем Предназначен для сеансовой связи мобильных абонентов, постоянно использующих интернет дома, на работе, в автомобиле, в кафе, на улице. Скорость при подключении до 3 Мбит/с Внутренний стационарный терминал Позволяет быстро и недорого подключить к интернет как отдельный компьютер, так и домашнюю или офисную сеть, объединив в нее все компьютерные устройства посредством WiFi или Ethernet доступа. Внешний стационарный терминал Обеспечивает надежную связь на больших расстояниях от базовой станции или в плохих радио-условиях плотной городской застройки. Имеет в своем составе встроенный маршрутизатор, что позволяет быстро организовать и подключить к интернет домашнюю или офисную сеть, объединив в нее все компьютерные устройства посредством WiFi или Ethernet доступа.

Архитектурой компьютера считается его представление на некотором общем уровне, включающее описание пользовательских возможностей программирования, системы команд, системы адресации, организации памяти и т. д. Архитектура компьютера, характеризующая его логическую организацию, может быть представлена как **множество взаимосвязанных компонент**, включающих элементы различной природы: **программное обеспечение** (software), **аппаратное обеспечение** (hardware), **алгоритмическое обеспечение** (brainware), **специальное фирменное обеспечение** (firmware) – и поддерживающих его слаженное функционирование в форме единого архитектурного ансамбля, позволяющего вести эффективную обработку различных объектов и данных.

Архитектура вычислительной системы определяет основные функциональные возможности системы, сферу применения (научно-техническая, экономическая, управление, и т.д.), режим работы (пакетный, мультипрограммный, диалоговый и т.д.), характеризует параметры ВС (быстродействие, набор и объем памяти, набор периферийных устройств и т.д.), особенности структуры (одно-, многопроцессорная) и т.д.

Асимметричные xDSL-технологии.

Технология ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line - асимметричная цифровая абонентская линия) является асимметричной, скорость передачи данных от сети к пользователю значительно выше, чем скорость передачи данных от пользователя в сеть. Такая асимметрия делает технологию ADSL идеальной для организации доступа в сеть Интернет и доступа к локальным вычислительным сетям (ЛВС). При таких соединениях пользователи получают объем информации больше, чем передают. Технология ADSL позволяет одновременно передавать голос и данные по одной и той же телефонной линии. Это достигается путем использования полосы частот до 4 кГц только для традиционной телефонной связи. Для разделения частотных диапазонов, используемых для передачи голоса и данных, на каждом конце линии устанавливаются специальные фильтры (*сплиттеры*). Низкочастотные сигналы подаются на коммутационное оборудование телефонной станции и на телефонный аппарат, находящийся у абонента. Высокочастотные сигналы подаются на модемы ADSL. Технология ADSL обеспечивает скорость "нисходящего" потока данных (от станции к абоненту) от 1,5 Мбит/с до 9 Мбит/с и скорость "восходящего" потока данных (от абонента к станции) от 16 кбит/с до 640 кбит/с. Используемая скорость передачи зависит качества передачи по отдельно взятой проводной паре. Скорость передачи данных 1,5 Мбит/с возможна на расстояние до 5,5 км по одной витой паре проводов, скорость передачи порядка 6 - 8 Мбит/с может быть достигнута при передаче данных на расстояние не более 3,5 км по проводам диаметром 0,5 мм. Скорости, предоставляемые модемами ADSL, кратны скоростям цифровых каналов T1, E1.

Анизохронный сигнал.

Анизохронными сигналами называются сигналы, элементы которых могут иметь любую длительность, но не меньше единичного интервала. Кроме того анизохронные сигналы могут отстоять друг от друга на произвольном расстоянии, а для изохронных сигналов любой значащий интервал времени равен единичному интервалу или их целому числу. Единичный интервал – это минимальный значащий интервал времени сигнала.

Виды каналов трафика и управления в GSM-900

Каждый временной интервал (time slot - TS) внутри TDMA фрейма называется физическим каналом. В системе GSM используется 8 физических каналов на одной частоте. Физический канал предназначен для передачи речи, данных или сигнальной информации. По физическому каналу могут передаваться различные сообщения. Последнее зависит от информации, которую нужно передать. Информация, которая передается по физическим каналам, называется логическим каналом. В соответствии с типами сообщений логические каналы подразделяются на различные типы, то есть в зависимости от типа передаваемого сообщения физическому каналу присваивается определенное наименование. Например, один из физических каналов используется для передачи голоса, в этом случае физический канал занят логическим каналом TCH (Traffic Channel). В какой-то момент времени BSC принимает решение о хэндове, информацию об этом она передает по тому же физическому каналу, но это будет уже логический канал FACCH (Fast Associated Control Channel).

В системе GSM существует большое количество логических каналов, которые разработаны для передачи различной информации к/от MS. Как было отмечено раньше, информация от MS к ней передается в виде пакетов (burst). Существует несколько типов берстов. Как только на мобильной станции включено питание, она начинает сканировать частоты в поисках частоты с наибольшим уровнем сигнала. После этого она проверяет, является ли эта частота основной в соте (есть ли на этой частоте группы логических каналов BCH и CCCH). Основная частота в соте очень часто называется BCCH частотой. На BCCH частоте передается очень важная для MS информация. Например, информация о фреймовой структуре в соте, идентификатор зоны местоположения (LA), идентификатор сети и т.д. Без такой информации MS не может работать с сетью. Данная информация передается в определенном временном интервале и называется широковещательной информацией, так как предназначена всем MS, способным получить доступ к этой несущей. Именно поэтому каналы Broadcast Channel (BCH) называется широковещательным. После того, как MS закончит анализировать информацию на канале BCH, она будет располагать всей информацией, необходимой для нормального

функционирования и работы с сетью. Однако, если MS переходит в другую соту (этот процесс называется роуминг - roaming), она должна повторить всю процедуру сканирования системы, читая информацию на каналах FCCH, SCH, BCCH. Если абонент инициализирует вызов с помощью MS, то мобильная станция должна использовать общие каналы управления Common Control Channels (CCCH). На этой стадии MS и BSS готовы выполнить процедуры установления соединения. Для этого MS и BSS используют выделенные каналы управления - DCCH (Dedicated Control channel).

После завершения процедуры установления соединения по логическому каналу управления, MS настраивается на канал, отведенный для передачи трафика. Этот логический канал называется TCH (Traffic Channel). Существует два типа каналов TCH:

- Полноскоростной канал (Full Rate TCH): передача осуществляется со скоростью 13 Кбит/с. То есть TCH занимает под трафик один физический канал.

- Канал «половинной» скорости (Half Rate TCH): передача осуществляется со скоростью 5.6 Кбит/с. Два HRTCH занимают один физический канал, тем самым увеличивая количество установленных соединений в соте в два раза.

Виды соединений в IP-телефонии. IP-Телефония (VoIP-телефония) — вид

связи, позволяющий пользоваться телефоном, используя интернет канал. Сегодня IP-телефония – наиболее удобный и выгодный способ передачи голосового трафика. IP-телефония преобразует голос в цифровые пакеты, а затем передает через интернет в любую точку земли. Для пользования IP-телефонией неважно, где Вы находитесь, звонки можно как совершать, так и принимать (бесплатно) - из любого места, причем цены при этом не меняются. Сети IP-телефонии предоставляют возможности для вызовов четырех основных типов: 1. «От телефона к телефону». Вызов идет с обычного телефонного аппарата к АТС, на один из выходов которой подключен шлюз IP-телефонии, и через IP-сеть доходит до другого шлюза, который осуществляет обратные преобразования. 2. «От компьютера к телефону».

Мультимедийный компьютер, имеющий программное обеспечение IP-телефонии, звуковую плату (адаптер), микрофон и акустические системы, подключается к IP-сети или к сети Интернет, и с другой стороны шлюз IP-телефонии имеет соединение

через АТС с обычным телефонным аппаратом. 3. «От компьютера к компьютеру» В этом случае соединение устанавливается через IP-сеть между двумя мультимедийными компьютерами, оборудованными аппаратными и программными средствами для работы с IP-телефонией. 4. «От WEB браузера к телефону» (С развитием сети Интернет стал возможен доступ и к речевым услугам. Например, на WEB-странице некоторой компании в разделе «Контакты» размещается кнопка «Вызов», нажав на которую можно осуществить речевое соединение с представителем данной компании без набора телефонного номера. Стоимость такого звонка для вызывающего пользователя входит в стоимость работы в сети Интернет

Взаимодействие сетевых устройств по модели OSI. Сетевая модель OSI или базовая эталонная модель

взаимодействия открытых систем, Open Systems Interconnection Basic Reference Model. Сетевая модель для коммуникаций и разработки сетевых протоколов. Представляет уровневый подход к сети. Каждый уровень обслуживает свою часть процесса взаимодействия. Благодаря такой структуре совместная работа сетевого оборудования и программного обеспечения становится гораздо проще и прозрачнее.

В настоящее время основным используемым семейством протоколов является TCP/IP, разработка которого не была связана с моделью OSI. Модель состоит из 7-ми уровней, расположенных друг над другом. Уровни взаимодействуют друг с другом (по «вертикали») посредством интерфейсов, и могут взаимодействовать с параллельным уровнем другой системы (по «горизонтали») с помощью протоколов. Каждый уровень может взаимодействовать только со своими соседями и выполнять отведенные только ему функции.

Время доставки сообщения (определение, требования ко времени доставки сообщения).

Время прохождения сообщения от отправителя до получателя является одним из основных показателей качества обслуживания пользователей в сетях ПДС. Этот показатель определяется средней длительностью интервала между моментами ввода сообщения в сеть и получения сообщения адресатом и составляет несколько секунд (в сетях ПДС).

Временное разделение сигналов.

Временное разделение (ВР). Каждому из n - сигналов линия предоставляется поочередно: сначала за промежуток времени t_1 передается сигнал 1, за t_2 - сигнал 2 и т.д. При этом каждый сигнал занимает свой временной интервал. Время, которое отводится для передачи всех сигналов, называется циклом. Полоса частот для передачи сигналов определяется самым коротким импульсом в кодовой комбинации. Между информационными временными интервалами необходимы защитные временные интервалы во избежание взаимного влияния канала на канал т.е. проходных искажений.

Для осуществления временного разделения используют распределители, один из которых устанавливается на пункте управления, а другой - на исполнительном пункте.

Вероятность неправильного приема

$P_{\text{нп}}^{(n)}$, если используется код в режиме исправления ошибок с кратностью исправляемых ошибок $t_{\text{и.ош.}}$.

Вероятность неправильного приема кодовой комбинации $P_{\text{нп}}^{(n)}$ простого кода определяется как вероятность появления в кодовой комбинации хотя бы одной ошибки $P_{\text{нп}}(\geq 1)$.

В случае независимых ошибок $P_{\text{нп}}^{(n)} = 1 - (1 - p_{\text{ош}})^k$, где $p_{\text{ош}}$ — вероятность неправильного приема единичного элемента, а k — число элементов в комбинации простого кода (число информационных элементов). При использовании систематических корректирующих кодов к исходной комбинации добавляются проверочные элементы, позволяющие исправлять или обнаруживать ошибки. Так, если код используется в режиме исправления ошибок и кратность исправляемых ошибок $t_{\text{и.ош.}}$, то

$$P_{\text{нп}}^{(n)} = \sum_{i=t_{\text{и.ош.}}+1}^n C_n^i p_{\text{ош}}^i (1 - p_{\text{ош}})^{n-i}$$

Временное разделение сигналов.

Временное разделение сигналов позволяет использовать одну двухпроводную линию связи для передачи сообщений многим объектам. Недостаток - отсутствие возможности одновременной передачи сообщений нескольким объектам.

Временное разделение сигналов осуществляется посредством синхронно переключающихся распределителей на пунктах передачи и приема информации. Синхронизация распределителей может быть поцикловая и пошаговая. В первом

случае синхро-импульс посылается с одного пункта на другой 1 раз за цикл работы распределителя, во втором - на каждом такте распределителя.

Временное разделение сигналов позволяет использовать только одну двухпроводную линию связи для передачи сообщения многим объектам. В силу этого временное разделение сигналов позволяет осуществлять телемеханическую связь между весьма удаленными друг от друга пунктами. Существенным недостатком временного разделения сигналов является невозможность одновременной передачи сообщений всем получателям.

В каких единицах измеряется быстродействие ЭВМ?

Быстродействие ЭВМ-время, затрачиваемое ЭВМ на выполнение одной арифметич. операции; иногда Б. ЭВМ оценивают также среднестатистич. числом операций, выполняемых ЭВМ в ед. времени. Напр., Б. ЭВМ ЕС-1066 - 80 не на 1 арифметич. операцию сложения, или $5,5 \cdot 10^4$ операций за 1 с. Б. ЭВМ зависит от её архитектуры, элементной базы, характера решаемых задач. Для сравнит. оценки быстродействия разных ЭВМ используют стандартные пакеты программ (т. н. программные смеси). Время, затраченное на выполнение такого пакета программ, позволяет рассчитать Б. ЭВМ при решении разл. класса задач (экономич., научно-технич. и др.). Флопс (FLloating-point Operation Per Second (FLOPS)) — единица измерения быстродействия компьютера. 1 флопс = количество производимых процессором операций с плавающей точкой в секунду

В чем заключается явление рекомбинации

Рекомбинация — это процесс соединения иона и электрона в нейтральную молекулу или атом. Этот процесс является обратным процессу ионизации. Электроны и положительные ионы или ионы, имеющие заряды противоположных знаков, могут рекомбинировать. Этот процесс в некоторых случаях сопровождается излучением. При малых давлениях возвращение ионизованных частиц в нейтральное состояние происходит путем рекомбинации электронов с положительными ионами. При этом могут происходить процессы двух видов. В одних случаях происходит непосредственная рекомбинация свободного электрона с положительным ионом, в результате чего избыточная энергия электрона излучается в виде светового кванта — фотона. Этот элементарный процесс рекомбинации

является обратным процессу фотоионизации. В других случаях рекомбинация происходит при взаимодействии положительного иона одновременно с двумя электронами. При этом один из электронов нейтрализует положительный ион, а другой принимает на себя выделяющуюся в результате такого процесса энергию ионизации и отлетает с увеличенной скоростью. Такой процесс рекомбинации возможен при достаточно высокой концентрации электронов в плазме.

Г

Гетерогенная сеть. Гетерогенная сеть - информационная сеть, в которой работают протоколы сетевого уровня различных фирм-производителей. Гетерогенная сеть состоит из фрагментов разной топологии и разнотипных технических средств.

Глобальное позиционирование как современное понятие

Система глобального позиционирования — одно из самых значимых достижений конца 20 века. Благодаря ей водитель сможет найти дорогу в самом удаленном уголке. По-английски эта система называется Global Positioning System, сокращенно — GPS. Система GPS ловит сигнал от нескольких спутников, обрабатывает данные и рассчитывает географические координаты: долготу, широту и высоту над уровнем моря. То есть, определяет местоположение приемного устройства. Процессор GPS приемника соотносит полученные данные с загруженными картами и показывает их на экране. Система позиционирования при наличии сигнала непрерывно поддерживает связь со спутниками. Поэтому может показывать передвижение обладателя GPS устройства. А эта функция незаменима для водителей.

Д

Дайте определение информации.

Под термином "информация" понимают различные сведения, которые поступают к получателю. В более строгой форме определение информации следующее: информация - это сведения, являющиеся объектом передачи, распределения, преобразования, хранения или непосредственного использования. Формой представления информации является сообщение.

Дайте определения окончечным пунктам и узлам связи.

Все пункты сети по своей роли в процессе доставки информации можно разделить на два основных класса: окончечные пункты и узлы связи. Оконечные пункты ОП содержат аппаратуру ввода, вывода или обработки информации. Оконечный пункт ОП может иметь один или несколько выходов (входов) - каналов, соединяющих его с узлами или другими окончечными пунктами. Следовательно, в ОП может входить и каналобразующая аппаратура. Оконечный пункт обеспечивает взаимодействие пользователей с сетью по вводу, выводу и обработке сообщений, но не осуществляет функций транзита. Оконечный пункт характеризуется типом аппаратуры ввода и вывода, наличием дополнительных устройств (например, для хранения или обработки информации) и обслуживающего персонала (операторов и т. п.), стоимостью, а также областью обслуживания (индивидуальный абонент, квартира, предприятие или учреждение, район, город и т. п.). Оконечный пункт, расположенный непосредственно у пользователя - абонента, - называется абонентским пунктом (АП). Узел связи — основной элемент системы связи, представляющий собой организационно-техническое объединение сил и средств связи и автоматизации управления, осуществляет распределение сообщений на сети.

Дискретные сигналы дискретного времени.

Дискретные сигналы дискретного времени (сокращенно дискретные) в дискретные моменты времени могут принимать только разрешенные (дискретные) значения.

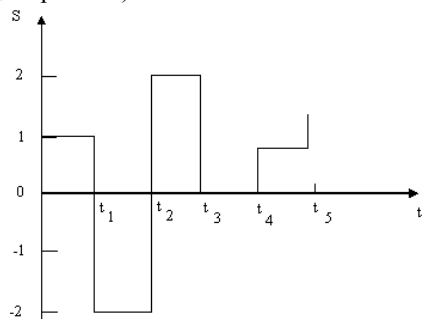


Рисунок 1.5 - Дискретный сигнал

Дискретные сигналы непрерывного времени.

Дискретные сигналы непрерывного времени отличаются тем, что они могут изменяться в произвольные моменты,

но их величины принимают только разрешенные (дискретные) значения.

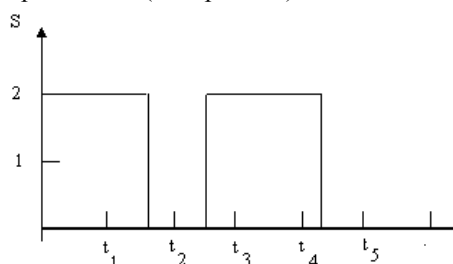


Рисунок 1.4 - Дискретный сигнал непрерывного времени

Децентрализованная система коммутации.

Чтобы любой из n абонентов имел возможность обменяться информацией со всеми $(n-1)$ абонентами, каждый ОП должен иметь $(n-1)$ входов-выходов. В противном случае каждый из абонентов сети во время обмена информацией с каким-либо другим абонентом окажется не в состоянии обеспечить связь с другими абонентами сети. Учитывая случайный характер нагрузки и, следовательно, малую вероятность одновременного обмена информацией каждого из ОП со всеми $(n-1)$ остальными, можно (естественно, при ухудшении качества обслуживания) ограничиться меньшим числом входов-выходов, при этом в ОП для подключения абонентов к любому каналу должен иметься переключатель на $(n-1)$ положений. Такая сеть называется сетью с децентрализованной системой коммутации.

Диапазоны линии связи АОЛС.

АОЛС — Атмосферная Оптическая Линия Связи) - вид оптической связи, использующий электромагнитные волны оптического диапазона (свет), передаваемые через атмосферу. В английском языке термин также включает в себя передачу через вакуум. первую очередь одна из причин скачка в развитии технологии FSO и её внедрению на массовый рынок это то, что оборудование FSO работает в диапазоне ~ 400 ТГц, а значит, не требует лицензирования и процедуры выделения частот (согласно Женевской конвенции, лицензированию подлежат частоты до 400 ГГц, а частоты FSO на 3 три порядка выше). Для использования подобных систем достаточно гигиенического сертификата, а в случае использования в сетях общего пользования - ещё и сертификата в системе «Электросвязь». Кроме того, беспроводные оптические системы не создают взаимных помех и не чувствительны к электромагнитному шуму (вследствие малой расходимости светового луча). Они не оказывают

влияния на работоспособность радиооборудования, и потому для их установки не требуется никаких согласований. Множество каналов беспроводной связи можно устанавливать в непосредственной близости друг от друга (до 1-5 метров). За счет этого в густонаселенных районах можно достигать большой плотности покрытия без проблем с помехами от одновременной работы нескольких систем

Достоинства технологий xDSL.

xDSL представляет собой семейство технологий высокоскоростного доступа к сетевым услугам по существующей медной абонентской телефонной линии. В аббревиатуре xDSL символ "x" используется для обозначения конкретного типа технологии цифровой абонентской линии DSL (Digital Subscriber Line). Любой абонент, пользующийся в настоящий момент телефонной связью, имеет возможность с помощью технологий xDSL значительно увеличить скорость своего соединения, в первую очередь с сетью Интернет. Благодаря многообразию технологий DSL пользователь может выбрать подходящую ему скорость передачи данных — от 32 кбит/с до более чем 50 Мбит/с. При этом скорость передачи данных зависит только от параметров и протяженности этой линии.

Для каких целей применяются алгоритмы сжатия изображения?

Изображения (как и видео) занимают намного больше места в памяти, чем текст. Так, скромная, не очень качественная иллюстрация на обложке книги размером 500×800 точек, занимает 1.2 Мб — столько же, сколько художественная книга из 400 страниц (60 знаков в строке, 42 строки на странице). В качестве примера можно рассмотреть также, сколько тысяч страниц текста мы сможем поместить на CD-ROM, и как мало там поместится качественных несжатых фотографий. Эта особенность изображений определяет алгоритмы архивации графики. Второй особенностью изображений является то, что человеческое зрение при анализе изображения оперирует контурами, общим переходом цветов и сравнительно нечувствительно к малым изменениям в изображении. Таким образом, мы можем создать эффективные алгоритмы архивации изображений, в которых декомпрессированное изображение не будет совпадать с оригиналом, однако

человек этого не заметит. Данная особенность человеческого зрения позволила создать специальные алгоритмы сжатия, ориентированные только на изображения. Эти алгоритмы обладают очень высокими характеристиками. Мы можем легко заметить, что изображение, в отличие, например, от текста, обладает избыточностью в 2-х измерениях. Т.е. как правило, соседние точки, как по горизонтали, так и по вертикали, в изображении близки по цвету. Кроме того, мы можем использовать подобие между цветовыми плоскостями R, G и B в наших алгоритмах, что дает возможность создать еще более эффективные алгоритмы. Таким образом, при создании алгоритма компрессии графики мы используем особенности структуры изображения

Е

Единицы измерения информационной скорости.

В телекоммуникациях принято измерять скорость в килобитах в секунду, поэтому все характеристики каналов в прайсах и договорах любого провайдера указаны именно в этой размерности, в то время как многие пользовательские программы (браузеры, download-менеджеры и т.п.) показывают скорость передачи в килобайтах в секунду.

Единица измерения количества информации

Количество информации в передаваемом символе определяется в битах.

Единица измерения скорости передачи информации по каналу. Пропускная способность канала.

Скорость передачи информации — скорость передачи данных, выраженная в количестве бит, символов или блоков, передаваемых за единицу времени. Теоретическая верхняя граница скорости передачи информации определяется теоремой Шеннона-Хартли.

Единицы измерения

Бит в секунду

Бит в секунду (англ. bits per second, bps) — базовая единица измерения скорости передачи информации, используемая на физическом уровне сетевой модели OSI или TCP/IP.

На более высоких уровнях сетевых моделей, как правило, используется более крупная единица — байт в секунду (Б/с или Bps, от англ. bytes per second) равная 8 бит/с.

В отличие от бодов (baud; при двоичном кодировании боды также обозначают количество бит в секунду), битами в секунду измеряется эффективный объем информации, без учёта служебных битов (стартовые/стоповые/чётность) применяемых при асинхронной передаче. В некоторых случаях (при синхронной двоичной передаче) скорость в бодах может быть равной скорости в битах в секунду.

Бод

Бод (англ. baud) в связи с электроникой — единица измерения символьной скорости, количество изменений информационного параметра несущего периодического сигнала в секунду.[1] Названа по имени Эмиля Бодо, изобретателя кода Бодо — кодировки символов для телетайпов.

Зачастую, ошибочно, считают, что бод — это количество бит, переданное в секунду. В действительности же это верно лишь для двоичного кодирования, которое используется не всегда. Например, в современных модемах используется квадратурная амплитудная модуляция (QAM - КАМ), и одним изменением уровня сигнала может кодироваться несколько (до 16) бит информации. Например, при символьной скорости 2400 бод скорость передачи может составлять 9600 бит/с благодаря тому, что в каждом временном интервале передаётся 4 бита. Кроме этого, бодами выражают полную ёмкость канала, включая служебные символы (биты), если они есть. Эффективная же скорость канала выражается другими единицами, например битами в секунду (бит/с, bps).

Единицы измерения информационной скорости.

В телекоммуникациях принято измерять скорость в килобитах в секунду, поэтому все характеристики каналов в прайсах и договорах любого провайдера указаны именно в этой размерности, в то время как многие пользовательские программы (браузеры, download-менеджеры и т.п.) показывают скорость передачи в килобайтах в секунду.

Ёмкость памяти ЭВМ.

Ёмкость, или объем, памяти определяется максимальным количеством информации, которое можно разместить в памяти ЭВМ. Обычно ёмкость памяти измеряется в байтах. Как уже отмечалось, память ЭВМ подразделяется на внутреннюю и внешнюю. Внутренняя, или оперативная память, по своему объему у различных классов машин различна и определяется системой адресации ЭВМ. Ёмкость внешней памяти из-за блочной

структуры и съёмных конструкций накопителей практически неограничена. Точность вычислений зависит от количества разрядов, используемых для представления одного числа. Современные ЭВМ комплектуются 32- или 64-разрядными микропроцессорами, что вполне достаточно для обеспечения высокой точности расчетов в самых разнообразных приложениях. Однако, если этого мало, можно использовать удвоенную или утроенную разрядную сетку

З

Задачи канального и сетевого уровней.

На физическом уровне просто пересылаются биты. При этом не учитывается, что в тех сетях, в которых линии связи используются (разделяются) попеременно несколькими парами взаимодействующих компьютеров, физическая среда передачи может быть занята. Поэтому одной из задач канального уровня (Data Link layer) является проверка доступности среды передачи. Другая задача канального уровня — реализация механизмов обнаружения и коррекции ошибок. Для этого на канальном уровне биты группируются в наборы, называемые кадрами (frames). Канальный уровень обеспечивает корректность передачи каждого кадра помещая специальную последовательность бит в начало и конец каждого кадра, для его выделения, а также вычисляет контрольную сумму, обрабатывая все байты кадра определенным способом, и добавляет контрольную сумму к кадру. Когда кадр приходит по сети, получатель снова вычисляет контрольную сумму полученных данных и сравнивает результат с контрольной суммой из кадра. Если они совпадают, кадр считается правильным и принимается. Если же контрольные суммы не совпадают, то фиксируется ошибка. Канальный уровень может не только обнаруживать ошибки, но и исправлять их за счет повторной передачи поврежденных кадров. Необходимо отметить, что функция исправления ошибок для канального уровня не является обязательной, поэтому в некоторых протоколах этого уровня она отсутствует, например в Ethernet и frame rel Сетевой уровень (Network layer) служит для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей, причем эти сети могут использовать различные

принципы передачи сообщений между конечными узлами и обладать произвольной структурой связей. Функции сетевого уровня достаточно разнообразны

И

Интерактивное телевидение по сети NGN.

IP телефония по сети NGN IP телефония по сети NGN. Технология IPTV (англ. Internet Protocol Television) (IP-TV, IP-телевидение) — цифровое телевидение в сетях передачи данных по протоколу IP, новое поколение телевидения. Архитектура комплекса IPTV, как правило, включает в себя следующие составляющие: Подсистема управления комплексом и услугами, которую ещё называют «Промежуточное программное обеспечение» или «IPTV Middleware» Подсистема приёма и обработки контента Подсистема защиты контента Подсистема видео серверов Подсистема мониторинга качества потоков и клиентского оборудования. Доставка контента до клиентского оборудования осуществляется по управляемой IP-сети оператора связи. Главным достоинством IPTV является интерактивность и возможность предоставления пользователям широкого набора дополнительных услуг, связанных с потреблением контента (Video on Demand (VoD), TVoIP, Time Shifted TV, Network Personal Video Recorder, Electronic Program Guide, Near Video on Demand). Возможности протокола IP позволяют предоставлять не только видеослужбы, но и гораздо более широкий пакет услуг, в том числе интерактивных и интегрированных. Помимо базовых услуг, IPTV может включать ряд дополнительных сервисов (Video Telephony, Voting, Information Portals, Web, Games, MOD KOD). Это возможно на основе унификации и стандартизации различных оконечных устройств, интеграции звука, видео и данных на основе IP-протокола и предоставления услуг на единой технологической платформе. В IPTV есть возможность использовать для одного видеоряда двух и более каналов звукового сопровождения, например на русском и английском языках. Преимущество IPTV перед аналоговым кабельным ТВ: Изображение и звук обычно качественнее, вплоть до HD-разрешения и 5.1-канального аудио Интерактивность (возможность просмотреть, например, справку по фильму) Сервисные возможности timeshift и video-on-demand [править] Техническое описание IPTV

функционирует в IP-сетях на основе следующих протоколов: UDP — для передачи потокового видео HTTP — для организации интерактивных сервисов (таких как пользовательские меню и пр.) RTSP — для управления потоками вещания. RTP — для передачи потокового видео. IGMP — для управления мультикаст-потоками. [править] IPTV Middleware Middleware — промежуточное программное обеспечение для управления комплексом IPTV. Это основной компонент IPTV решения, так как он, в конечном итоге, и определяет набор услуг, доступный абоненту, пользовательский интерфейс, логику переходов и алгоритм управления. На Middleware возлагается роль координатора в процессе взаимодействия практически всех компонентов комплекса. Ядро подсистемы управляет внешними компонентами комплекса, поддерживает базу данных абонентов и предоставляемых им услуг, занимается аутентификацией и авторизацией абонентских устройств, взаимодействует с системой учёта услуг (система управления имуществом, в отеле — система приёма-поселения PMS). Абонентский портал (другое название: Пользовательский интерфейс абонента, Subscriber User Interface, SUI) — лицо всего комплекса, интерфейс, который видит абонент на своём экране, и благодаря которому он пользуется услугами. Интерактивное телевидение представляет собой трансляционную систему с каналом обратной связи, то есть систему, в которой информация не только передается от транслятора к телевизионному приемнику, установленному на стороне зрителя, но и обратно от зрителя к транслирующей компании. Эта особенность дает возможность индивидуализировать контент. В свою очередь, доступ к индивидуальному контенту - это новый товар, требующий новых методов продвижения и реализации. С клиентской стороны интерактивное телевидение обеспечивается цифровым декодером, подключенным к спутниковой или эфирной антенне или кабелю. И этот факт уже накладывает определенные ограничения, поскольку расходы на приобретение декодера ложатся либо на конечного потребителя, либо на компанию, предоставляющую услуги интерактивного телевидения. На транслирующей стороне также необходимо оборудование, обеспечивающее передачу данных в цифровом формате. Важно отметить, что для интерактивного телевидения не достаточно одной лишь трансляции в

цифровом формате. Цифровая передача данных предполагает некое абстрактное улучшение качества изображения, а также увеличение объема передаваемых данных за счет использования различных механизмов сжатия. Цифровое вещание обходится дороже, чем аналоговое, но, и это очень значительное «но»: цифровое вещание не дает конечным пользователям никаких преимуществ по сравнению с аналоговым вещанием. Интерактивное телевидение требует еще и подключения каждого декодера к каналу обратной связи, который в случае спутниковой трансляции реализуется через обыкновенную телефонную сеть, в декодер вмонтирован модем, к нему подключается телефонный кабель. Декодеры для кабельного телевидения оборудованы кабельными модемами. Интерактивное телевидение возможно также на платформе интернет протоколов (IPTV), в этом случае трансляция телепрограмм осуществляется через инфраструктуру компьютерных сетей, а в качестве приемника используется компьютер.

Информационные каналы при подключении по технологии xDSL.

xDSL является технологией, позволяющей превратить витую пару телефонных проводов в тракт высокоскоростной передачи данных. Линия ADSL соединяет два модема ADSL, которые подключены к каждому концу витой пары телефонного кабеля. При этом организуются три информационных канала — «нисходящий» поток передачи данных, «восходящий» поток передачи данных и канал обычной телефонной связи (POTS). Канал телефонной связи выделяется с помощью фильтров, что гарантирует работу вашего телефона даже при аварии соединения ADSL.

Изохронный сигнал.

Изохронные сигналы это сигналы для которых любой значащий интервал времени равен единичному интервалу или их целому числу.

Источник дискретных сообщений без памяти.

Дискретный источник называется источником без памяти, если символы, генерируемые источником, являются статистически независимыми. Т.е. в любой момент времени вероятность появления символа на выходе не зависит от предыдущего символа.

Информационный параметр сигнала данных.

Информационный параметр сигнала данных. Представляющий (информационный) параметр сигнала данных - параметр сигнала данных, изменение которого отображает изменение сообщения.

Интерфейс 2B+D, пояснить применение. (базовый интерфейс 2B+D) – это четырехпроводная линия подключения к сетям общего пользования для работы со всеми функциями. Два канала передачи полезной информации со скоростью передачи 64 кбит/с Один канал передачи данных сигнализации со скоростью 16 кбит/с (общая скорость передачи 144 кбит/с);обеспечивает подключение к аналоговым, цифровым и выделенным линиям, сетям ISDN, X.25 и Frame Relay, телефонным сетям общего пользования (ТСОП) с возможностями автоматического резервирования по каналам ТСОП или ISDN.

Информационная революция (чем характеризуется, этапы).В истории развития цивилизации произошло несколько информационных революций — преобразований общественных отношений из-за кардинальных изменений в сфере обработки информации. Следствием подобных преобразований являлось приобретение человеческим обществом нового качества. Первая революция связана с изобретением письменности, что привело к гигантскому качественному и количественному скачку. Появилась возможность передачи знаний от поколения к поколению. Вторая (середина XVI в.) вызвана изобретением книгопечатания, которое радикально изменило индустриальное общество, культуру, организацию деятельности. Третья (конец XIX в.) обусловлена изобретением электричества, благодаря которому появились телеграф, телефон, радио, позволяющие оперативно передавать и накапливать информацию в любом объеме. Четвертая (70-е гг. XX в.) связана с изобретением микропроцессорной технологии и появлением персонального компьютера. На микропроцессорах и интегральных схемах создаются компьютеры, компьютерные сети, системы передачи данных (информационные коммуникации). Этот период характеризуют три фундаментальные инновации: переход от механических и электрических средств преобразования информации к электронным; миниатюризация всех узлов, устройств, приборов, машин;

создание программно-управляемых устройств и процессов. Последняя информационная революция выдвигает на передний план новую отрасль — информационную индустрию, связанную с производством технических средств, методов, технологий для производства новых знаний. Важнейшая составляющая информационной индустрии — информационная технология.

К

Какую скорость представляют каналы H12 сети ISDN. ISDN ([англ. Integrated Services Digital Network](#)) — цифровая сеть с интеграцией служб. Позволяет совместить услуги телефонной связи и обмена данными

H0	384 кб/с	передача данных
H10	1472 кб/с	передача данных
H11	1536 кб/с	передача данных
H12	1920 кб/с	передача данных

Основное назначение ISDN — передача данных со скоростью до 64 кбит/с по абонентской проводной линии и обеспечение интегрированных телекоммуникационных услуг (телефон, факс, и пр.). Использование для этой цели телефонных проводов имеет два преимущества: они уже существуют и могут использоваться для подачи питания на терминальное оборудование.

Какие временные интервалы используются в структуре TDMA кадра

Наряду с частотным разделением каналов (FDMA) в GSM используется также временное разделение (Time Division Multiple Access - TDMA) для приёма и передачи речевых сигналов. Благодаря применению TDMA один частотный канал используется для обслуживания нескольких соединений. Каждое соединение устанавливается по одному и тому же частотному каналу, но в разные временные интервалы. Эти временные интервалы обозначаются как TS - time slots (в области связи уже прижилось название «таймслот»). Каждая MS в процессе соединения занимает один TS как при направлении связи uplink, так и downlink. Порция информации, передаваемая через один TS, называется пакетом (burst). Цикл TDMA в системе GSM состоит из 8 временных интервалов. Это означает, что в системе GSM на одной несущей может быть размещено до 8 пользователей, причем пользователем таймслота может быть как трафиковая

информация, так и служебная сигнальная информация.

Какие фильтры называют активными, их назначение. Электрическим фильтром называется устройство для передачи электрических сигналов, пропускающее токи в определенной области частот и препятствующее их прохождению вне этой области. В радиотехнике и электронике электрические фильтры подразделяют на пассивные и активные. Схемы пассивных фильтров содержат только пассивные элементы: резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности. В схемы активных фильтров помимо указанных элементов входят такие активные изделия, как транзисторы или интегральные микросхемы. Фильтрующие свойства устройства определяются его амплитудно-частотной характеристикой, которой называется зависимость коэффициента усиления этого устройства от частоты сигнала. В некоторой области частот, которая называется полосой пропускания или полосой прозрачности, электрические колебания передаются фильтром с входа на выход практически без ослабления. Вне полосы прозрачности расположена полоса затухания или задерживания, в пределах которой частотные составляющие сигнала ослабляются. Между полосой прозрачности и полосой задерживания находится частота, называемая граничной. В связи с тем что существует плавный переход между полосой прозрачности и полосой затухания, граничной обычно считается частота, на которой ослабление сигнала оказывается равным -3 дБ - то есть по напряжению в $\sqrt{2}$ раз меньше, чем в полосе прозрачности. Всегда интересно получить крутой переход амплитудно-частотной характеристики между полосой прозрачности и полосой затухания. В пассивных фильтрах увеличения крутизны такого перехода добиваются усложнением схемы и применением многосвязных систем. Сложные фильтры требуют громоздких расчетов и точной настройки. Активные фильтры благодаря использованию обратной связи оказываются значительно проще и дешевле.

Какие каналы называют непрерывным?

Непрерывный канал связи (НКС) - это канал тональной частоты, стандартный широкополосный канал (60-108 кГц), физическая линия (кабель, волокно, воздушная линия и т. п.). В непрерывном канале входная

информация или передаваемый сигнал являются непрерывными функциями времени. Т.е. непрерывными каналами называют каналы, при поступлении на вход которых непрерывного сигнала на его выходе сигнал также будет непрерывным. Одной из основных характеристик непрерывного канала является его пропускная способность:

$$C = \Delta F_k \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{ш}} \right)$$

где F_k - ширина спектра частот; P_n и P_c - мощность сигнала и помехи соответственно.

Классификация языков программирования. По наиболее распространенной классификации все языки программирования, в соответствии с тем, в каких терминах необходимо описать задачу, делят на языки низкого и высокого уровня. Если язык близок к естественному языку программирования, то он называется языком высокого уровня, если ближе к машинным командам, – языком низкого уровня. В группу языков низкого уровня входят машинные языки и языки символического кодирования: Автокод, Ассемблер. Операторы этого языка – это те же машинные команды, но записанные мнемоническими кодами, а в качестве операндов используются не конкретные адреса, а символические имена. Все языки низкого уровня ориентированы на определенный тип компьютера, т. е. являются машинно-зависимыми. К языкам программирования высокого уровня относят **Фортран** (переводчик формул – был разработан в середине 50-х годов программистами фирмы IBM и в основном используется для программ, выполняющих естественно – научные и математические расчеты), **Алгол**, **Кобол**, **Паскаль**, **Бейсик**, **Томасом Си** Программу, написанную на языке программирования высокого уровня, ЭВМ не понимает, поскольку ей доступен только машинный язык. Поэтому для перевода программы с языка программирования на язык машинных кодов используют специальные программы – трансляторы.

Классификация помех.

По происхождению электромагнитные помехи бывают **естественные (природные)** и **искусственные**. Естественные ЭП образуются электромагнитными процессами и явлениями, которые объективно происходят в различных оболочках Земли и космосе и непосредственно не связаны с деятельностью человека.

Искусственные или промышленные ЭП обусловлены электромагнитными процессами и явлениями в различных технических системах, созданных человеком.

По типу распространения выделяют **пространственные** и **кондуктивные** помехи. Первые характеризуются воздействием через излучаемое и распространяющееся в пространстве электромагнитное поле, а вторые проникают в аппаратуру по проводниковым каналам связи и электропитания. **По типу сигнала** помехи различают: **случайные** и **детерминированные**. В свою очередь те и другие бывают импульсными, широкополосными и узкополосными.

Код Хэмминга. Закодировать сообщение X=1101.

Код Хэмминга - это код, позволяющий обнаруживать и исправлять все одиночные ошибки (при $d=3$), а также исправлять все одиночные ошибки и обнаруживать все двойные ошибки ($d=4$), но не исправлять их.

$k_4 k_3 k_2 k_1$

1101

$m_1 m_2 k_4 m_3 k_3 k_2 k_1$

$m_1 = k_4 + k_3 + k_1 = 1 + 1 + 1 = 1$

$m_2 = k_4 + k_2 + k_1 = 1 + 0 + 1 = 0$

$m_3 = k_3 + k_2 + k_1 = 1 + 0 + 1 = 0$

Полученный код 1010101

При условии когда исказился один из символов, был принят код 1011101

$m_1 = k_4 + k_3 + k_1 = 1 + 1 + 1 = 0$

$m_2 = k_4 + k_2 + k_1 = 0 + 1 + 0 = 1$

$m_3 = k_3 + k_2 + k_1 = 1 + 1 + 0 = 1 \uparrow$

100 → 4

Т.о. ошибка была на 4 месте.

Краевые искажения сигналов.

Под **краевыми искажениями** понимают смещение значащих моментов (краев) принимаемых элементов относительно их идеального положения. Идеальным называется 3М, отстоящий от отсчетного 3М на целое число единичных интервалов. Индивидуальные КИ - смещения 3М относительно идеального значащего момента. Относительные КИ - отнесенные к длительности единичного элемента, смещение вправо считают положительным, смещение влево – отрицательным.

Различают три вида краевых искажений: преобладания, случайные, характеристические. Преобладания - это когда элементы одного знака удлиняются, а другого укорачиваются. Случайные краевые искажения обусловлены действием в канале помех. Характеристические искажения – искажения, определяемые характером передаваемой последовательности. Они возникают в том случае, если за

определённое время переходный процесс не успевает установиться.

Кодирование в WLL

В технологии WLL применяется кодирование ИКМ G.711. G.711 — стандарт для представления 8-ми битной компрессии голоса с частотой дискретизации 8000 кадров/секунду и 8 bit/кадр. Таким образом, G.711 кодек создаёт поток 64 kbit/s — ОЦК (Основной цифровой канал). Это кодек, использующий ИКМ преобразование аналогового сигнала с точностью 8 бит, тактовой частотой 8 КГц и простейшей компрессией амплитуды сигнала. Скорость потока данных на выходе преобразователя составляет 64 Кбит/с (8 Бит * 8 КГц). Для снижения шума квантования и улучшения преобразования сигналов с небольшой амплитудой, при кодировании используется нелинейное квантование по уровню согласно специальному псевдо - логарифмическому закону А или m-Law.

Кодовое расстояние и способность кода обнаруживать и исправлять ошибки.

Кодовое расстояние – минимальное число элементов, в которых любая кодовая комбинация отличается от другой кодовой комбинации (по всем парам кодовых слов). Корректирующая способность кода зависит от кодового расстояния: а) при $d=1$ ошибка не обнаруживается; б) при $d=2$ обнаруживаются одиночные ошибки; в) при $d=3$ исправляются одиночные ошибки и обнаруживаются двойные. В общем случае $d = r + s + 1$, где d - минимальное кодовое расстояние; r - число обнаруживаемых ошибок, s - число исправленных ошибок. При этом обязательным условием является $r \geq s$. Если код только обнаруживает ошибки, то $d = r + 1$, если код только исправляет ошибки, то $d = 2s + 1$

Код Хэмминга.

Код Хэмминга - это код, позволяющий обнаруживать и исправлять все одиночные ошибки (при $d=3$), а также исправлять все одиночные ошибки и обнаруживать все двойные ошибки ($d=4$), но не исправлять их.

Код состоит из k -информационных и m -контрольных символов. Таким образом, общая длина закодированной комбинации $n = k + m$.

С помощью контрольных символов m можно описать 2^m событий. Значит должно быть выполнено условие:

$$2^m \geq n + 1 = k + m + 1 \quad (1)$$

В таблице 2.3 представлена зависимость между m и k , полученная из неравенства (1).

Таблица 2.3 - Зависимость между информационными k и контрольными символами m

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	4	4	4	4	4	4	4	5	5

В принципе место расположения контрольных символов не имеет значения: их можно приписывать и перед информационными символами, и после них, и чередуя информационные символы с контрольными. Однако произвольное расположение контрольных символов затрудняет проверку принятого кода. Для удобства обнаружения искаженного символа целесообразно размещать их на местах, кратных степени два, то есть на позициях 1, 2, 4, 8 и т.д.

Информационные символы располагаются на оставшихся местах. Поэтому, например, для семизэлементной закодированной комбинации можно записать:

$$m_1, m_2, k_4, m_3, k_3, k_2, k_1, \quad (2)$$

где k_4 – старший (четвертый) разряд исходной кодовой комбинации двоичного кода;

k_1 – младший (первый) разряд.

В таблице 2.4 записаны все кодовые комбинации (исключая нулевую) для трехразрядного двоичного кода на все сочетания и рядом справа, сверху вниз составлены символы комбинации кода Хэмминга записанные в последовательности (2).

Из таблицы 2.4 составляются проверочные уравнения, в которых выписаны символы в трех строках в следующей закономерности. В первом уравнении записываются символы, против которых проставлены единицы в младшем (первом) разряде комбинации двоичного кода в таблице 2.4. Во второе уравнение - символы, против которых стоит единица во втором разряде двоичных комбинаций. В третье уравнение записываются символы, против которых стоят единицы в третьем разряде двоичного кода.

Таблица 2.4 – Составление проверочной таблицы для кода Хэмминга

Разряды двоичных чисел			Символы кода
3 (k_3)	2 (k_2)	1 (k_1)	
0	0	1	m_1
0	1	0	m_2
0	1	1	k_4
1	0	0	m_3
1	0	1	k_3

1	1	0	k_2 Код Хэмминга
1	1	1	k_1 обнаруживать

Таким образом, получим следующую систему уравнений:

$$m_1 = k_4 \oplus k_3 \oplus k_1$$

$$m_2 = k_4 \oplus k_2 \oplus k_1$$

$$m_3 = k_3 \oplus k_2 \oplus k_1 \quad (3)$$

Число проверок, а значит, и число уравнений системы (3) равно числу контрольных символов m .

Нахождение состава контрольных символов при помощи проверок производится следующим образом. Суммируются информационные символы, входящие в каждое уравнение системы (3). Если сумма единиц в данном уравнении четная, то значение символа m , входящего в это уравнение, равно нулю, а если четная, то единице. При помощи уравнений системы (3) определяются соответственно m_1, m_2, m_3 .

Для проверки правильности комбинаций снова используется метод проверки на четность по коэффициентам системы уравнений (3). Если комбинация принята без искажения, то сумма единиц по модулю два даст ноль. При искажении какого-либо символа суммирование при проверке даст единицу. По результатам суммирования каждой из проверок составляется двоичное число, указывающее на место искажения. Например, первая и вторая проверки показали наличие искажения. А суммирование при третьей проверке дало ноль. Записываем число 011=3, которое означает, что в третьем символе кодовой комбинации, включающей и контрольные символы (счет производится слева направо), возникло искажение, поэтому этот символ нужно исправить на обратный ему, то есть единицу переправить на ноль или наоборот. После этого контрольные символы, стоящие на заранее известных местах, отбрасываются.

Количество информации, приходящееся на один символ сообщения a_i .

Количество информации в сообщении (символе) определяется вероятностью его появления. Чем меньше вероятность появления того или иного сообщения, тем большее количество информации мы извлекаем при его получении.

$$I(a_i) = \log_2 \frac{1}{p(a_i)} = -\log_2 p(a_i)$$

Код Хэмминга. Закодировать сообщение X=0011.

k_2 Код Хэмминга - это код, позволяющий и исправлять все одиночные ошибки (при $d=3$), а также исправлять все одиночные ошибки и обнаруживать все двойные ошибки ($d=4$), но не исправлять их.

$$k_4 k_3 k_2 k_1$$

$$0011$$

$$m_1 m_2 k_4 m_3 k_3 k_2 k_1$$

$$m_1 = k_4 + k_3 + k_1 = 0 + 0 + 1 = 1$$

$$m_2 = k_4 + k_2 + k_1 = 0 + 1 + 1 = 0$$

$$m_3 = k_3 + k_2 + k_1 = 0 + 1 + 1 = 0$$

Полученный код 1000011

При условии когда исказился один из символов, был принят код 1001011

$$m_1 + k_4 + k_3 + k_1 = 1 + 0 + 0 + 1 = 0$$

$$m_2 + k_4 + k_2 + k_1 = 0 + 0 + 1 + 1 = 0$$

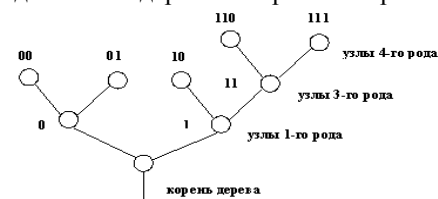
$$m_3 + k_3 + k_2 + k_1 = 1 + 0 + 1 + 1 = 1 \uparrow$$

$$100 \rightarrow 4$$

Т.о. ошибка была на 4 месте (m_3).

Кодовое дерево для множества кодовых слов.

Наглядное графическое изображение множества кодовых слов можно получить, установив соответствие между сообщениями и концевыми узлами двоичного дерева. Пример двоичного дерева изображен на рис. 5.1.



Две ветви, идущие от корня дерева к узлам первого порядка, соответствуют выбору между «0» и «1» в качестве первого символа кодового слова: левая ветвь соответствует «0», а правая — «1». Две ветви, идущие из узлов первого порядка, соответствуют второму символу кодовых слов, левая означает «0», а правая — «1» и т. д. Ясно, что последовательность символов каждого кодового слова определяет необходимые правила продвижения от корня дерева до конечного узла, соответствующего рассматриваемому сообщению.

Кодовое дерево для множества кодовых слов.

Кодовое дерево – специальный граф, отображающий запись всех возможных K -ичных n -разрядных чисел, используемых в качестве кодовых комбинаций для кодирования сообщений в количестве M J Кп. При этом каждое число отображается одним из узлов графа. Из каждого узла выходит K ветвей, которые связывают этот узел с другими. Количество символов, входящих в число, соответствующее данному узлу, называется его порядком.

Коммутация пакетов и коммутация каналов. При коммутации каналов коммутационная сеть образует между конечными узлами непрерывный составной физический канал из последовательно соединенных коммутаторов промежутков канальных участков. Условием того, что несколько физических каналов при последовательном соединении образуют единый физический канал, является равенство скоростей передачи данных в каждом из составляющих физических каналов. Равенство скоростей означает, что коммутаторы такой сети не должны буферизовать передаваемые данные. В сети с коммутацией каналов перед передачей данных всегда необходимо выполнить процедуру установления соединения, в процессе которой и создается составной канал. И только после этого можно начинать передавать данные. Эта техника коммутации была специально разработана для эффективной передачи компьютерного **трафика**. Первые шаги на пути создания компьютерных сетей на основе техники коммутации каналов показали, что этот вид коммутации не позволяет достичь высокой общей пропускной способности сети. Типичные сетевые приложения генерируют трафик очень неравномерно, с высоким уровнем пульсации **скорости передачи** данных. Например, при обращении к удаленному файловому серверу пользователь сначала просматривает содержимое каталога этого сервера, что порождает передачу небольшого объема данных. Затем он открывает требуемый файл в текстовом редакторе, и эта операция может создать достаточно интенсивный обмен данными, особенно если файл содержит объемные графические включения. После отображения нескольких страниц файла пользователь некоторое время работает с ними локально, что вообще не требует передачи данных по сети, а затем возвращает модифицированные копии страниц на сервер — и это снова порождает интенсивную передачу данных по сети.

Коммутация IP –сети. Коммутация IP-пакетов — технология, использующаяся для оптимизации работы маршрутизаторов при использовании неизменных или редко меняющихся маршрутов. Суть технологии — обработка IP-пакета без участия центрального процессора маршрутизатора. Первый пакет заданного типа (адрес отправителя, получателя, порт получателя) обрабатывается

процессором в полном объеме (с проверкой на ACL, обработкой таблицы маршрутизации, определение нужного интерфейса), все последующие аналогичные уже не обрабатываются процессором, а коммутируются, как в устройствах второго уровня (чаще всего с использованием аппаратных средств коммутации, вроде коммутационной матрицы). Подобная технология позволяет существенно снизить нагрузку на процессор маршрутизатора и уменьшить задержку в прохождении пакета. Самым существенным недостатком этой технологии является проблема смены маршрута, которая обнаруживается не сразу после изменения. Также подобная технология используется в коммутаторах с поддержкой маршрутизации. Дальнейшим развитием идеи коммутации IP-пакетов является MPLS и MetroEthernet, подразумевающие отказ от маршрутизации и переход к коммутации данных внутри обслуживаемого периметра).

Криптографические методы защиты информации. Готовое к передаче информационное сообщение, первоначально открытое и незащищенное, зашифровывается и тем самым преобразуется в шифрограмму, т. е. в закрытый текст или графическое изображение документа. В таком виде сообщение передается по каналу связи. Пользователь после получения сообщения раскрывает посредством обратного преобразования шифрограммы, вследствие чего получается исходный, открытый вид сообщения, доступный для восприятия санкционированным пользователям. Методу преобразования в криптографической системе соответствует использование специального алгоритма. Действие такого алгоритма запускается уникальным числом (последовательностью бит), обычно называемым шифрующим ключом. Криптографические системы также помогают решить проблему аутентификации (установления подлинности) принятой информации. Современная криптография знает два типа криптографических алгоритмов: классические алгоритмы, основанные на использовании закрытых, секретных ключей, и новые алгоритмы с открытым ключом, в которых используются один открытый и один закрытый ключ (эти алгоритмы называются также асимметричными). Кроме того, существует возможность шифрования информации и

более простым способом — с использованием генератора псевдослучайных чисел.

Л

Линейные коды.

Двоичный блочный код является линейным, если сумма по модулю двух кодовых слов является также кодовым словом. Линейные коды также называют групповыми. Множество элементов с определенной на нем групповой операцией называется группой, если выполняются следующие условия:

Замкнутость $g_i \oplus g_j = g_k \in G$ в результате операции с двумя элементами группы получается третий, так же принадлежащий этой группе.

Ассоциативность (сочетательность) $(g_i \oplus g_j) \oplus g_k = g_i \oplus (g_j \oplus g_k)$

Наличие нейтрального элемента $g_j \oplus e = g_j$

Наличие обратного элемента $g_i \oplus (g_i - 1) = e$

Если выполняется условие $g_i \oplus g_j = g_j \oplus g_i$, то группа называется коммутативной.

Множество кодовых комбинаций n -элементного кода является замкнутой группой с заданной групповой операцией сложение по модулю 2. Поэтому используя свойство замкнутости относительно операции \oplus 2, множество всех элементов можно задать не перечислением всех элементов, а производящей матрицей.

Все остальные элементы, кроме 0, могут быть получены путем сложения по модулю 2 строк производящей матрицы в различных сочетаниях.

В общем случае строки производящей матрицы могут быть любыми линейно независимыми, но проще и удобнее брать в качестве производящей матрицы - единичную матрицу.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Локальная вычислительная сеть (ЛВС, локальная

сеть (ЛВС, локальная сеть, сленг. локалка; англ. Local Area Network, LAN) — компьютерная сеть, покрывающая обычно относительно небольшую территорию или небольшую группу зданий (дом, офис, фирму, институт). Также существуют локальные сети, узлы которых разнесены географически на расстояния более 12 500 км (космические станции и орбитальные центры). Несмотря на такие расстояния, подобные сети всё равно относят к локальным. Существует

Основы эффективного кодирования

Эффективное кодирование - это процедуры направленные на устранение избыточности.

Мультиплексирование в сети PDH. Система PDH использует принцип плезиохронного (или почти синхронного) мультиплексирования, согласно которому для мультиплексирования, например, четырех потоков E1 (2048 кбит/с) в один поток E2 (8448 кбит/с) производится процедура выравнивания тактовых частот приходящих сигналов методом стаффинга. В результате при демультиплексировании необходимо производить пошаговый процесс восстановления исходных каналов. Например, во вторичных сетях цифровой телефонии наиболее распространено использование потока E1. При передаче этого потока по сети PDH в тракте E3 необходимо сначала провести пошаговое мультиплексирование E1-E2-E3, а затем - пошаговое демультиплексирование E3-E2-E1 в каждом пункте выделения канала E1.

Мониторинг в FTTH

Технологии FTTH FTTH (Fiber To The Home) – оптоволоконный кабель в дом (подразумевается индивидуальный/частный дом, квартира). С целью удовлетворения растущего спроса на услуги высокоскоростного ШПД и расширения спектра предоставляемых услуг в 2011 году начато строительство универсальной волоконно-оптической сети доступа FTTH (Fiber to the Home). Проект предусматривает 100%-ный охват многоквартирных домов и коттеджных застроек в городах Астана, Алматы и во всех областных центрах Республики Казахстан. В результате реализации 1-го этапа проекта в 2011 году построены сети волоконно-оптического абонентского доступа на 146 объектах в городах Астана, Алматы, Семей, Жанаозен и областных центрах с охватом 3 718 многоквартирных домов, 2 755 коттеджных застроек. Завершен монтаж и принята в эксплуатацию гигабитная пассивная оптическая сеть (GPON) в городах Астана, Алматы, Актау, Актобе, Атырау, Караганда, Кокшетау, Костанай, Кызылорда, Павлодар, Петропавловск, Талдыкорган, Тараз, Уральск, Усть-Каменогорск, Шымкент, рассчитанная на 170 962 абонентских портов.

Н

Назначение эквалайзера в тракте приема MS

MS используется абонентом сети мобильной связи для осуществления связи в пределах сети. Существует несколько типов MS, каждый из

которых позволяет абоненту устанавливать входящие и исходящие соединения. Производители MS предлагают абонентам большое число разнообразных, отличающихся по дизайну и возможностям аппаратов, удовлетворяющих потребности различных рынков. Различные типы MS располагают разными выходными уровнями мощности и, соответственно, могут осуществлять уверенную работу в пределах зон разных размеров. Так, например, выходная мощность обычной трубки, которую абоненты носят с собой, меньше, чем мощность установленного в автомобиле аппарата с выносной антенной, следовательно, зона ее работы меньше. MS стандарта GSM состоит из следующих элементов:

- мобильного терминала (трубки);
- модуля идентификации абонента (SIM).

В стандарте GSM, в отличие от других стандартов, информация об абоненте отделена от информации о мобильном терминале. Абонентская информация хранится на смарт-карте SIM. SIM может вставляться в любой аппарат, поддерживающих стандарт GSM. Это является для абонентов преимуществом, потому что они могут легко менять аппараты по своему желанию, что никак не влияет на обслуживание абонента сетью. Кроме того, это обеспечивает повышенную безопасность для абонента.

Назначение канала D в сети ISDN. D-канал используется только для передачи управляющей информации. В режиме AO/DI (Always On/Dynamic ISDN) полоса 9.6 кбит/с D-канала используется в качестве постоянно включенного выделенного канала X.25, как правило, подключаемого к Интернет

Назначение центра управления NCC в спутниковой сети Fara Way VSAT. VSAT (Very Small Aperture Terminals) – это небольшая земная спутниковая станция (обычно диаметром 0.9-2.4м), используемая для приложений требующих достаточно надежных каналов связи для передачи данных, видео и голоса). Просты в обслуживании и сопровождении, не требуют постоянного присутствия персонала. Сеть спутниковой связи состоит из Центра управления сетью (NCC) и множества удаленных VSAT-терминалов. Центр управления сетью предназначен для обмена оконечного оборудования пользователей сети и служит концентратора (HUB) на основе т.н. неограниченного радиочастотного плана нумерации. В Центре управления сетью происходит настройка удаленных

VSAT-терминалов, осуществляется контроль и мониторинг сети, обеспечивается формирование отчетов событий, собирается статистика прохождения сетевого трафика, биллинг данных и.д.

Назначение трансиверов, мостов, маршрутизаторов.

трансiвер — устройство для передачи и приёма сигнала между двумя физически разными средами системы связи. Это приёмник-передатчик, физическое устройство, которое соединяет интерфейс хоста с локальной сетью, такой как Ethernet. Трансиверы Ethernet содержат электронные устройства, передающие сигнал в кабель и детектирующие коллизии. Трансивер позволяет станции передавать и получать из общей сетевой среды передачи. Дополнительно, трансиверы Ethernet определяют коллизии в среде и обеспечивают электрическую изоляцию между станциями. Маршрутизаторы помогают уменьшить загрузку сети, благодаря её разделению на домены коллизий или широковещательные домены, а также благодаря фильтрации пакетов. В основном их применяют для объединения сетей разных типов, зачастую несовместимых по архитектуре и протоколам, например для объединения локальных сетей Ethernet и WAN-соединений, использующих протоколы xDSL, PPP, ATM, Frame relay и т. д. Нередко маршрутизатор используется для обеспечения доступа из локальной сети в глобальную сеть Интернет, осуществляя функции трансляции адресов и межсетевого экрана.

Мосты передают данные из одной сети в другую, не меняя содержимого исходных кадров ЛВС. Мосты обеспечивают сегментацию сети, позволяющую решить проблему насыщения полосы. Однако мосты неприемлемы для крупных сетей, поскольку они пропускают широковещательный трафик и все пакеты с неизвестными адресами. Проблему широковещательного трафика сначала решали с помощью маршрутизаторов, а сейчас для этого применяются коммутаторы типа OmniSwitch корпорации Xylan.

Назначение уровней семантической модели OSI. Модель OSI заканчивается 1-м уровнем — физическим, на котором определены стандарты, предъявляемые независимыми производителями к средам передачи данных:

- тип передающей среды (медный кабель, оптоволокно, радиоэфир и др.),
- тип модуляции сигнала,
- сигнальные уровни логических дискретных состояний (нуля и единицы).

Любой протокол модели OSI должен взаимодействовать либо с протоколами своего уровня, либо с протоколами на единицу выше и/или ниже своего уровня. Взаимодействия с протоколами своего уровня называются горизонтальными, а с уровнями на единицу выше или ниже — вертикальными. Любой протокол модели OSI может выполнять только функции своего уровня и не может выполнять функций другого уровня, что не выполняется в протоколах альтернативных моделей. Каждому уровню с некоторой долей условности соответствует свой операнд — логически неделимый элемент данных, которым на отдельном уровне можно оперировать в рамках модели и используемых протоколов: на физическом уровне мельчайшая единица — бит, на канальном уровне информация объединена в кадры, на сетевом — в пакеты (датаграммы), на транспортном — в сегменты. Любой фрагмент данных, логически объединённых для передачи — кадр, пакет, датаграмма — считается сообщением. Именно сообщения в общем виде являются операндами сеансового, представительского и прикладного уровней. К базовым сетевым технологиям относятся физический и канальный уровни. Для запоминания названий 7-и уровней модели OSI на английском языке рекомендуют использовать фразу "All people seem to need data processing", в которой первые буквы слов соответствуют первым буквам названий уровней. Для запоминания уровней на русском языке существует фраза: "Просто представь себе тачку, стремящуюся к финишу", первые буквы слов в которой так же соответствуют первым буквам названий уровней

Назначение сервера, мэйнфрейма.

Сёрверное программное обеспечение — программный компонент вычислительной системы, выполняющий сервисные функции по запросу клиента, предоставляя ему доступ к определённым ресурсам или услугам. Для взаимодействия с клиентом (или клиентами, если поддерживается одновременная работа с несколькими клиентами) сервер выделяет необходимые ресурсы межпроцессного взаимодействия (разделяемая память, пайп, сокеты, и т. п.) и ожидает

запросы на открытие соединения (или, собственно, запросы на предоставляемый сервис). В зависимости от типа такого ресурса, сервер может обслуживать процессы в пределах одной компьютерной системы или процессы на других машинах через каналы передачи данных) или сетевые соединения. Мэйнфрейм-Большая универсальная ЭВМ — высокопроизводительный компьютер со значительным объёмом оперативной и внешней памяти, предназначенный для организации централизованных хранилищ данных большой ёмкости и выполнения интенсивных вычислительных работ

Назначение брандмауэра. брандмауэр - это средство защиты, которое можно использовать для управления доступом между надежной сетью и менее надежной. Брандмауэр - это не одна компонента, а стратегия защиты ресурсов организации, доступных из Интернета. Брандмауэр выполняет роль стражи между небезопасным Интернетом и более надежными внутренними сетями. Основная функция брандмауэра - централизация управления доступом. Если удаленные пользователи могут получить доступ к внутренним сетям в обход брандмауэра, его эффективность близка к нулю. Например, если менеджер, находящийся в командировке, имеет модем, присоединенный к его ПЭВМ в офисе, то он может дозвониться до своего компьютера из командировки, а так как эта ПЭВМ также находится во внутренней защищенной сети, то атакующий, имеющий возможность установить коммутируемое соединение с этой ПЭВМ, может обойти защиту брандмауэра. Если пользователь имеет подключение к Интернету у какого-нибудь провайдера Интернета, и часто соединяется с Интернетом со своей рабочей машины с помощью модема, то он или она устанавливают небезопасное соединение с Интернетом, в обход защиты брандмауэра. Брандмауэры часто могут быть использованы для защиты сегментов интранета организации, но этот документ в основном будет описывать проблемы, связанные с Интернетом.

Назначение и состав модуля подлинности абонента SIM

Введение режима шифрования в стандарте GSM выдвигает особые требования к подвижным станциям. В частности, индивидуальный ключ аутентификации пользователя Ki, связанный с международным идентификационным номером абонента

IMSI, требует высокой степени защиты. Он также используется в процедуре аутентификации.

Модуль подлинности абонента SIM содержит полный объем информации о конкретном абоненте. SIM реализуется конструктивно в виде карточки с встроенной электронной схемой. Введение SIM делает подвижную станцию универсальной, так как любой абонент, используя свою личную SIM-карту, может обеспечить доступ к сети GSM через любую подвижную станцию.

Несанкционированное использование SIM исключается введением в SIM индивидуального идентификационного номера (PIN), который присваивается пользователю при получении разрешения на работу в системе связи и регистрации его индивидуального абонентского устройства.

Основные характеристики модуля SIM определены в Рекомендации GSM 02.17. Состав секретной информации, содержащейся в SIM, показан в таблице 5.2.

В заключение следует отметить, что выбранные в стандарте GSM механизмы секретности и методы их реализации определили основные элементы передаваемых информационных блоков и направления передачи, на которых должно осуществляться шифрование: (RAND/SRES/Kc от HLR к VLR; RAND и SRES - в радиоканале). Для обеспечения режима секретности в стандарте GSM решены вопросы минимизации времени соединения абонентов. При организации систем сотовой радиосвязи по стандарту GSM имеется некоторая свобода в применении аспектов безопасности. В частности, не стандартизованы вопросы использования центра аутентификации AUC (интерфейс с сетью, структурное размещение AUC в аппаратных средствах). Нет строгих рекомендаций на формирование закрытых групп пользователей и системы приоритетов, принятых в GSM. В этой связи в каждой системе связи, использующей стандарт GSM, эти вопросы решаются самостоятельно.

Назначение блоков AUC и EIR

Для исключения несанкционированного использования ресурсов системы связи вводятся механизмы аутентификации — удостоверения подлинности абонента. AUC - центр проверки подлинности абонента, состоит из нескольких блоков и формирует ключи аутентификации и шифрации (осуществляется генерация паролей). С его помощью MSC проверяет подлинность абонента, и при установлении соединения на

радиоинтерфейсе будет включена шифрация передаваемой информации EIR – это база данных, содержащая информацию о идентификационных номерах мобильных терминалов. Данная информация необходима для осуществления блокировки краденых телефонов. Данный регистр (EIR) предлагается операторам как опция, поэтому, многие операторы не используют данное оборудование.

Назначение блоков HLR и VLR в системе GSM

В системе GSM каждый оператор располагает базой данных, содержащей информацию обо всех абонентах принадлежащих своей PLMN. В сети одного оператора логически HLR – один, а физически их много, т.к. это распределенная база данных. Информация об абоненте заносится в HLR в момент регистрации абонента (заключения абонентом контракта на обслуживание) и хранится до тех пор, пока абонент не расторгнет контракт и не будет удалён из регистра HLR. Хранящаяся информация в HLR включает в себя:

- Идентификаторы (номера) абонента.
- Дополнительные услуги, закрепленные за абонентом.
- Информацию о местоположении абонента, с точностью до номера MSC/VLR.
- Аутентификационную информацию абонента (триплеты). HLR может быть выполнен как встроенная функция в MSC/VLR, так и отдельно. Если емкость HLR исчерпана, то может быть добавлен дополнительный HLR. И в случае организации нескольких HLR база данных остаётся единой – распределённой. Запись данных об абоненте всегда остаётся единственной. К данным, хранящихся в HLR, могут получить доступ MSC и VLR, относящиеся к другим сетям, в рамках обеспечения межсетевого роуминга абонентов.

База данных VLR содержит информацию о всех абонентах мобильной связи, расположенных в данный момент в зоне обслуживания MSC. Таким образом, для каждого MSC на сети существует свой VLR. В VLR временно хранится информация о услугах, и благодаря этому связанный с ним MSC может обслуживать всех абонентов, находящихся в зоне обслуживания данного MSC. В HLR и VLR хранится очень похожая информация об абоненте, но есть некоторые отличия

Когда абонент перемещается в зону обслуживания нового MSC, VLR, подключенный к данному MSC, запрашивает информацию об абоненте

из того HLR, в котором хранятся данные этого абонента. HLR посылает копию информации в VLR и обновляет у себя информацию о местоположении абонента. После того как информация обновится, MS может осуществлять исходящие/входящие соединения.

Недостатки неравномерных кодов.

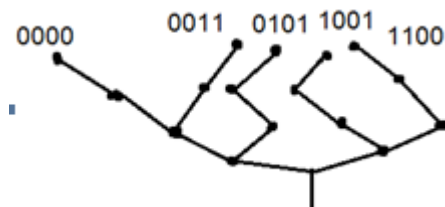
Если неравномерное кодирование, то декодирование уже не простое! Отделить одну кодовую комбинацию от другой становится сложнее, чем для равномерного кодирования, а это увеличивает временные рамки процесса декодирования

Непрерывные сигналы непрерывного времени.

Непрерывные сигналы непрерывного времени – это аналоговые сигналы. Этот сигнал может принимать любое значение из множества возможных и описывается непрерывной функцией времени. Он может изменяться в произвольные моменты, принимая любые из непрерывного множества возможных значений. К таким сигналам относится известная всем синусоида.

Нарисуйте кодовое дерево для кода

a	a	a	a	a
1	2	3	4	5
0	0	1	0	1
0	1	1	0	0
0	0	0	1	0
0	1	0	1	1



Непрерывные сигналы дискретного времени.

Непрерывные сигналы дискретного времени могут принимать произвольные значения, но изменяться только во времени, наперед заданные (дискретные) моменты t_1, t_2, t_3, \dots

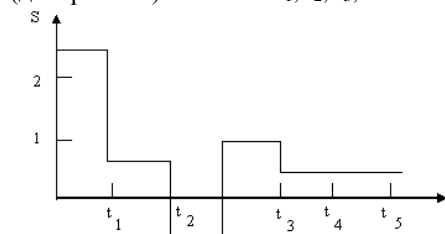
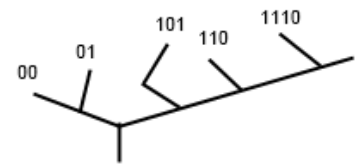


Рисунок 1.3 - Непрерывный сигнал дискретного времени

Нарисуйте кодовое дерево для кода

	a	a	a	a	a
	1	2	3	4	5
0	0	1	1	1	
0	1	0	1	1	
		1	0	1	
				0	



Недостатки неравномерных кодов.

Неравномерными кодами являются коды построенные методами Шеннона-Фано и Хаффмана. Они же являются префиксными. Префиксным называют код, для которого никакое более короткое слово не является началом другого более длинного слова кода. Префиксные коды всегда однозначно декодируемы. Если при равномерных кодах одиночная ошибка в кодовой комбинации приводит к неправильному декодированию только этой комбинации, то одним из серьезных недостатков префиксных кодов является появление ошибок, то есть одиночная ошибка в кодовой комбинации, при определенных обстоятельствах, способна привести к неправильному декодированию не только данной, но и нескольких последующих кодовых комбинаций.

O

Объяснить понятие «электрический сигнал».

Сигнал — материальный носитель информации, используемый для передачи сообщений в системе связи. Сигнал может генерироваться, но его приём не обязателен, в отличие от сообщения, которое должно быть принято принимающей стороной, иначе оно не является сообщением. Сигналом может быть любой физический процесс, параметры которого изменяются в соответствии с передаваемым сообщением. Сигнал, детерминированный или случайный, описывают математической моделью, функцией, характеризующей изменение параметров сигнала. Математическая модель представления сигнала, как функции времени, является основополагающей концепцией теоретической радиотехники, оказавшейся плодотворной как для анализа, так и для синтеза радиотехнических устройств и систем. В радиотехнике альтернативой сигналу, который несёт полезную информацию, является шум — обычно случайная функция времени, взаимодействующая (например, путём сложения) с сигналом и искажающая его. Основной задачей теоретической радиотехники является извлечение полезной информации из сигнала с обязательным учётом шума.

Объяснить физический смысл добротности на примере последовательного и параллельного резонансных контуров. Добротность —

характеристика колебательной системы, определяющая полосу резонанса и показывающая, во сколько раз запасы энергии в системе больше, чем потери энергии за один период колебаний. Добротность обратно пропорциональна скорости затухания собственных колебаний в системе. То есть, чем выше добротность колебательной системы, тем меньше потери энергии за каждый период и тем медленнее затухают колебания. Общая формула для добротности любой

$$Q = \frac{2\pi f_0 W}{P_d}$$

колебательной системы:

f_0 — резонансная частота колебаний
 W — энергия, запасённая в колебательной системе
 P_d — рассеиваемая мощность.

Например. Для последовательного Колебательного контура в RLC цепях, в котором все три элемента включены последовательно:

$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ Для параллельного контура, в котором индуктивность, ёмкость и сопротивление включены параллельно:

$$Q = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

Общие понятие по технологии ISDN

ISDN (Integrated Services Digital Network) цифровая сеть с интеграцией служб. Позволяет совместить услуги телефонной связи и обмена данными. Основное назначение ISDN — передача данных со скоростью до 64 кбит/с по абонентской проводной линии и обеспечение интегрированных телекоммуникационных услуг (телефон, факс, и пр.). Для объединения в сети ISDN различных видов трафика используется

технология TDM (мультиплексирование по времени). TDM (Time Division Multiplexing) — врем. мультиплексирование, технология аналогового

или цифрового мультиплексирования, в котором несколько сигналов или битовых потоков передаются одновременно как подканалы в одном коммуникационном канале. Передача данных в таком канале разделена на временные интервалы (таймслоты) фиксированной длины, отдельные для каждого канала. Базовой скоростью сети ISDN является скорость канала DS-0 — 64 кбит/с. Пользовательский интерфейс ISDN представляет собой набор каналов

определённого типа и с определёнными скоростями. Различают: - канал В — информационный, со скоростью передачи данных 64 Кбит/с; - канал D — канал сигнализации, со скоростью передачи данных 16 или 64 Кбит/с; - канал S — канал синхронизации, со скоростью 48 или 64 кбит/с. Сеть ISDN поддерживает два типа пользовательского интерфейса — начальный (базовый) BRI (Basic Rate Interface) и основной (первичный) PRI (Primary Rate Interface).
 $BRI = 2B + 1D + 1S = 2 \cdot 64 + 1 \cdot 16 + 1 \cdot 48 = 192$ кбит/с.
 $PRI = 30B + 1D + 1S = 30 \cdot 64 + 1 \cdot 64 + 1 \cdot 64 = 2048$ кбит/с.

Организация широкополосного доступа по технологии CDMA

VPN (Virtual Private Network — виртуальная частная сеть) — это технология, при которой происходит обмен информацией с удалённой локальной сетью по виртуальному каналу через сеть общего пользования (Интернет) или Интранет. Организация VPN даёт возможность доступа в собственную корпоративную сеть с использованием мобильного телефона, поддерживающего передачу данных или просто беспроводного CDMA модема, подключённого к ПК или ноутбуку. VPN может обеспечить высокую степень защиты при передаче данных. Скорость передачи данных в обоих направлениях до 153 кбит/с.

ПРЕИМУЩЕСТВА УСЛУГИ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ АО «АЛТЕЛ»:
Мобильный доступ Устойчивость соединения Более высокая скорость передачи данных в сравнении с технологиями передачи данных на сетях GSM Автоматический доступ в Интернет, простота настройки. Доступные тарифы Не высокий шаг округления Большая география покрытия Варианты приложений VPN Мобильный офис Данное решение позволит организовывать полноценные рабочие места вне офиса компании. Вы сможете: Управлять компанией вне офиса, повысить эффективность бизнеса. Оптимизировать работу выездных сотрудников, обеспечить принятие решений на местах. Пользоваться мобильным доступом в Интернет Иметь удалённый мобильный доступ к серверу Вашей Компании и корпоративной почте Виртуальная корпоративная сеть Это приложение позволяет развертывание компьютерной сети, позволяющей объединить в единую защищённую сеть несколько территориально удалённых офисов, расположенных в труднодоступных местах, к которым

нельзя или нецелесообразно подведение наземных линий связи. Виртуальная корпоративная сеть позволит: Обеспечить удалённый доступ в виртуальную сеть по всей территории Республики; Снизить уровень затрат на развертывание и эксплуатацию сети; Пользоваться высоконадежными беспроводными линиями связи технологии CDMA; Администрировать сети с помощью удалённого доступа; Быстрое объединение нескольких сетей в единую сеть, подключение новых пользователей; легкое изменение конфигурации сети и ее настроек. Частные специализированные решения Специальные решения, предназначенные для автоматизации бизнеса Компаний на территории РК в различных сферах бизнеса. На основе взаимодействия прикладных систем для автоматизации бизнес-процессов и сети сотовой связи CDMA можно реализовать возможности беспроводной передачи данных в режиме on-line, предназначенную для автоматизации работы удалённых точек различных систем: мониторинг и управление удалёнными объектами, автоматизация и управление деятельностью выездных представителей, телеметрия и др. Способы организации VPN Вариант 1. Организация VPN через Интернет. Преимущества: Не требуется организация непосредственной транспортной среды для стыковки с оборудованием АО АЛТЕЛ. В качестве транспортной среды используется публичная сеть Интернет. Местоположение сервера Клиента не зависит от расположения оборудования оператора, услуга может быть организована в любом городе Республики. Достаточное условие для стыковки сетей — возможность доступа Клиента в сеть Интернет. Простота и скорость организации услуги. Недостатки: Менее высокая степень защиты информации по сравнению с Вариантом 2. Невозможность ограничения доступа в корпоративную сеть. Вариант 2. Организация VPN через непосредственное соединение в сеть CDMA. Преимущества: Более высокая степень защиты информации. Возможность ограничения доступа в сеть. Более низкая стоимость трафика. Недостатки: Более сложные условия присоединения к сети АО АЛТЕЛ: организация/наличие непосредственной транспортной среды для стыковки сетей; Ограниченное количество точек стыковки с сетью CDMA: Алматы, Астана, Актобе и Атырау.

Общие понятие по технологии ISDN

ISDN (Integrated Services Digital Network) цифровая сеть с интеграцией

служб. Позволяет совместить услуги телефонной связи и обмена данными. Основное назначение ISDN — передача данных со скоростью до 64 кбит/с по абонентской проводной линии и обеспечение интегрированных телекоммуникационных услуг (телефон, факс, и пр.). Для объединения в сети ISDN различных видов трафика используется технология TDM (мультиплексирование по времени). TDM (Time Division Multiplexing) — врем. мультиплексирование, технология аналогового или цифрового мультиплексирования, в котором несколько сигналов или битовых потоков передаются одновременно как подканалы в одном коммуникационном канале. Передача данных в таком канале разделена на временные интервалы (таймслоты) фиксированной длины, отдельные для каждого канала. Базовой скоростью сети ISDN является скорость канала DS-0 — 64 кбит/с. Пользовательский интерфейс ISDN представляет собой набор каналов определенного типа и с определенными скоростями. Различают: - канал В — информационный, со скоростью передачи данных 64 Кбит/с; - канал D — канал сигнализации, со скоростью передачи данных 16 или 64 Кбит/с; - канал S — канал синхронизации, со скоростью 48 или 64 кбит/с. Сеть ISDN поддерживает два типа пользовательского интерфейса — начальный (базовый) BRI (Basic Rate Interface) и основной (первичный) PRI (Primary Rate Interface). $BRI=2B+1D+1S=2*64+1*16+1*48=192$ кбит/с. $PRI=30B+1D+1S=30*64+1*64+1*64=2048$ кбит/с.

Организация широкополосного доступа по технологии CDMA

VPN (Virtual Private Network — виртуальная частная сеть) — это технология, при которой происходит обмен информацией с удаленной локальной сетью по виртуальному каналу через сеть общего пользования (Интернет) или Интранет. Организация VPN дает возможность доступа в собственную корпоративную сеть с использованием мобильного телефона, поддерживающего передачу данных или просто беспроводного CDMA модема, подключенного к ПК или ноутбуку. VPN может обеспечить высокую степень защиты при передаче данных. Скорость передачи данных в обоих направлениях до 153 кбит/с.

ПРЕИМУЩЕСТВА УСЛУГИ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ АО «АЛТЕЛ»:

Мобильный доступ Устойчивость соединения Более высокая скорость передачи данных в сравнении с технологиями передачи данных на сетях GSM Автоматический доступ в Интернет, простота настройки. Доступные тарифы Не высокий шаг округления Большая география покрытия Варианты приложений VPN Мобильный офис Данное решение позволит организовывать полноценные рабочие места вне офиса компании. Вы сможете: Управлять компанией вне офиса, повысить эффективность бизнеса. Оптимизировать работу выездных сотрудников, обеспечить принятие решений на местах. Пользоваться мобильным доступом в Интернет Иметь удаленный мобильный доступ к серверу Вашей Компании и корпоративной почте Виртуальная корпоративная сеть Это приложение позволяет развертывание компьютерной сети, позволяющей объединить в единую защищенную сеть несколько территориально удаленных офисов, расположенных в труднодоступных местах, к которым нельзя или нецелесообразно подведение наземных линий связи. Виртуальная корпоративная сеть позволит: Обеспечить удаленный доступ в виртуальную сеть по всей территории Республики; Снизить уровень затрат на развертывание и эксплуатацию сети; Пользоваться высоконадежными беспроводными линиями связи технологии CDMA; Администрировать сети с помощью удаленного доступа; Быстрое объединение нескольких сетей в единую сеть, подключение новых пользователей; легкое изменение конфигурации сети и ее настроек. Частные специализированные решения. Специальные решения, предназначенные для автоматизации бизнеса Компаний на территории РК в различных сферах бизнеса. На основе взаимодействия прикладных систем для автоматизации бизнес-процессов и сети сотовой связи CDMA можно реализовать возможности беспроводной передачи данных в режиме on-line, предназначенную для автоматизации работы удаленных точек различных систем: мониторинг и управление удаленными объектами, автоматизация и управление деятельностью выездных представителей, телеметрия и др. Способы организации VPN

Вариант 1. Организация VPN через Интернет.

Преимущества: Не требуется организация непосредственной транспортной среды для стыковки с оборудованием АО АЛТЕЛ. В качестве транспортной среды используется публичная сеть Интернет. Местоположение сервера Клиента не

зависит от расположения оборудования оператора, услуга может быть организована в любом городе Республики. Достаточное условие для стыковки сетей — возможность доступа Клиента в сеть Интернет. Простота и скорость организации услуги.

Недостатки: Менее высокая степень защиты информации по сравнению с Вариантом 2. Невозможность ограничения доступа в корпоративную сеть.

Вариант 2. Организация VPN через непосредственное соединение в сеть CDMA.

Преимущества: Более высокая степень защиты информации. Возможность ограничения доступа в сеть. Более низкая стоимость трафика.

Недостатки: Более сложные условия присоединения к сети АО АЛТЕЛ: организация/наличие непосредственной транспортной среды для стыковки сетей; Ограниченное количество точек стыковки с сетью CDMA: Алматы, Астана, Актобе и Атырау.

Общее понятие спектра сигнала.

Спектр сигнала — в [радиотехнике](#) это результат разложения [сигнала](#) на более простые в [базисе ортогональных функций](#). В качестве разложения обычно используются [преобразование Фурье](#), разложение по [функциям Уолша](#), [вейвлет-преобразование](#) и др. Разложение сигнала в спектр применяется в анализе прохождения сигналов через [электрические цепи](#) (спектральный метод). Спектр периодического сигнала является дискретным и представляет набор [гармонических колебаний](#), в сумме составляющий исходный сигнал. Одним из преимуществ разложения сигнала в спектр является следующее: сигнал, проходя по цепи, претерпевает изменения (усиление, задержка, [модулирование](#), [детектирование](#), изменение фазы, ограничение и т. д.). [Токи и напряжения](#) в цепи под действием сигнала описываются [дифференциальными уравнениями](#), соответствующими элементам цепи и способу их соединения. [Линейные цепи](#) описываются [линейными дифференциальными уравнениями](#), причём для линейных цепей верен [принцип суперпозиции](#): действие на систему сложного сигнала, который состоит из суммы простых сигналов, равно сумме действий от каждого составляющего сигнала в отдельности. Это позволяет при известной реакции системы на какой-либо простой сигнал, например, на синусоидальное колебание с определённой частотой, определить реакцию системы на любой сложный

сигнал, разложив его в ряд по синусоидальным колебаниям.

Окна прозрачности при работе WDM.
Спектральное уплотнение каналов ([англ. Wavelength-division multiplexing](#), *WDM*, буквально *мультиплексирование с разделением по длине волны*) — технология, позволяющая одновременно передавать несколько информационных каналов по одному оптическому волокну на разных несущих частотах. Технология WDM позволяет существенно увеличить пропускную способность канала (к 2003 году достигнута скорость 10,72 Тбит/с^[1], а к 2009 — 15,5 Тбит/с^[2]), причем она позволяет использовать уже проложенные волоконно-оптические линии. Благодаря WDM удается организовать двустороннюю многоканальную передачу трафика по одному волокну.

Определите среднее количество символов, приходящихся на одну букву в коде, представленном в таблице.

Буква	Вероятность	Код
a ₁	0.4	01
a ₂	0.2	001
a ₃	0.2	101
a ₄	0.1	110
a ₅	0.1	111

$$l = 0.4 \cdot 2 + 0.2 \cdot 3 + 0.2 \cdot 3 + 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 3 = 2.6$$

Определите, какое количество ошибок можно обнаружить и исправить, если приведенные кодовые слова определяют минимальное кодовое расстояние:

101011011011001
001011010101011

Минимальное кодовое расстояние равно числу различающихся символов в кодовых словах. В данном случае = 5. Согласно формуле $d=r+s+1$, где d -мин кодовое расстояние, r -число обнаруживаемых ошибок, s -число исправляемых ошибок, получаем $4=r+s$. Следовательно, мы можем обнаружить, но не исправить 4 ошибки, обнаружить 3 и исправить 1 ошибку или обнаружить и исправить 2 ошибки.

Определите расстояние Хэмминга двух кодовых комбинаций:

001011111011001 $d=9$
111011011101001 $d=10$

Относительная избыточность источника дискретных сообщений.

Избыточность — термин из теории информации, означающий превышение количества информации, используемой для передачи или хранения сообщения,

над его информационной энтропией. Для уменьшения избыточности применяется сжатие данных без потерь, в то же время контрольная сумма применяется для внесения дополнительной избыточности в поток, что позволяет производить исправление ошибок при передаче информации по каналам, вносящим искажения (спутниковая трансляция, беспроводная передача и т. д.).

Определите относительную избыточность источника дискретных сообщений r , если его энтропия равна 3.2, а объем алфавита - 32.

$$H_0 = \log_2 N = \log_2 32 = 5$$

$$r = (H_0 - H(A)) / H_0 = (5 - 3.2) / 5 = 0.36$$

Определите, какое количество ошибок можно обнаружить и исправить, если приведенные кодовые слова определяют минимальное кодовое расстояние:

001011011011001
011011011101001

Минимальное кодовое расстояние равно числу различающихся символов в кодовых словах. В данном случае = 3.

Согласно формуле $d=r+s+1$, где d -мин кодовое расстояние, r -число обнаруживаемых ошибок, s -число исправляемых ошибок, получаем $2=r+s$. Следовательно, мы можем обнаружить, но не исправить 2 ошибки или обнаружить и исправить одну ошибку.

Определите относительную избыточность двоичного источника дискретных сообщений r , если его энтропия равна 0.7.

$$H_0 = \log_2 N = \log_2 2 = 1$$

$$r = (H_0 - H(A)) / H_0 = (1 - 0.7) / 1 = 0.3$$

Организация VPN-соединения. VPN ([англ. Virtual Private Network](#) — виртуальная частная сеть — обобщённое название технологий, позволяющих обеспечить одно или несколько сетевых соединений поверх другой сети В зависимости от применяемых протоколов и назначения, VPN может обеспечивать соединения трёх видов: *узел-узел*, *узел-сеть* и *сеть-сеть*. VPN состоит из двух частей: «внутренняя» (подконтрольная) сеть, которых может быть несколько, и «внешняя» сеть, по которой проходит инкапсулированное соединение (обычно используется [Интернет](#)). Возможно также подключение к виртуальной сети отдельного [компьютера](#). Подключение удалённого пользователя к VPN производится посредством сервера доступа, который подключён как к внутренней, так и к внешней (общедоступной) сети. При подключении удалённого пользователя (либо при установке соединения с другой защищённой сетью) сервер доступа требует прохождения процесса

[идентификации](#), а затем процесса [аутентификации](#). После успешного прохождения обоих процессов, удалённый пользователь (удалённая сеть) наделяется полномочиями для работы в сети, то есть происходит процесс [авторизации](#). **Преимущества данной услуги:**

- Бесперебойная и стабильная связь
- Возможность управления и мониторинга Вашей Интернет сетью
- Возможность оперативно повышать скорость передачи данных
- Техническая поддержка на время всего срока эксплуатации услуги

Основная задача эффективного кодирования - обеспечить, в среднем, минимальное число двоичных элементов на передачу сообщения источника. В этом случае, при заданной скорости модуляции обеспечивается передача максимального числа сообщений, а значит максимальная скорости передачи информации.

Пусть имеется сообщение, записанное с помощью букв некоторого алфавита $A=\{a_1, a_2, \dots, a_k\}$, содержащего K букв. Алфавит A назовем входным. Требуется закодировать это сообщение, т.е. указать правило, которое сопоставляет каждой букве алфавита последовательность из символов "0" и "1". Выбранный код, во-первых, должен обеспечивать возможность однозначного декодирования, т.е. позволяет по принятой последовательности символов "0" и "1" однозначно восстановить переданное сообщение. Во-вторых, на передачу сообщения в среднем должно быть затрачено минимальное число нулей и единиц, что позволит передать за единицу времени максимальное число сообщений.

Основные технические характеристики стандарта GSM

Стандарт GSM был разработан в 80-е годы под эгидой Европейского института стандартов по телекоммуникациям (ETSI) и принят в 1989 г. как первый единый общеевропейский стандарт цифровой сотовой связи. С 1992 г. началось развертывание сетей GSM в Европе, а с 1994 г. — в России.

С технической точки зрения система GSM-900/1800 является двухдиапазонной цифровой системой подвижной радиосвязи с частотно-временным разделением каналов и частотным дуплексом.

Для GSM-900 выделено 124 дуплексных частотных канала в диапазонах 890—915 МГц (передача MS-»BTS) и 935—960 МГц (передача BTS-»MS), а для GSM- 1800— 374 частотных канала в

диапазонах 1710—1785 МГц (передача MS-»BTS) и 1805—1880 МГц (передача BTS-»MS). Каждый канал имеет полосу 0,2 МГц. В одном частотном канале можно разместить 8 пользовательских полноскоростных каналов — по одному в каждом временном интервале.

Системы GSM-900 и GSM-1800 имеют одинаковые протоколы связи и технические решения. Система GSM-900 предназначена для развертывания макросотовой сети и обслуживания быстро перемещающихся абонентов, а GSM-1800 — для развертывания микросотовой сети с радиусами сот от 100 м до 3 км и обслуживания лишь медленно перемещающихся абонентов. Уменьшение размера сот приводит к соответствующему увеличению емкости системы GSM-1800 по сравнению с GSM-900. При этом оптимальным является такое построение совмещенной сети GSM-900/1800, при котором GSM-900 покрывает всю территорию обслуживания, а GSM-1800 накладывается лишь в районах повышенного трафика. Причем в районах повышенного трафика BTS системы GSM-900/1800 могут обслуживать одну и ту же территорию и управляются общим BSC.

В совмещенной сети двухдиапазонные MS вначале устанавливают связь с сетью GSM-1800 и лишь при быстром перемещении, что характеризуется появлением частых хэндоверов, передаются в сеть GSM-900.

Все информационные сигналы, включая речевой телефонный сигнал, передаются по радиоканалам связи в виде потока целых чисел в двоичной системе счисления. Физический радиоканал в GSM определяют 2 параметра: частота и номер временного интервала (Time-Slot Number, TS). Передаваемую по радиоканалу информацию размещают в информационных пачках (Burst).

В стандарте GSM используется узкополосный многостанционный доступ с частотно-временным разделением каналов (NB TDMA). В структуре TDMA-кадра содержится 8 временных позиций на каждой из несущих частот.

Для защиты от ошибок в радиоканалах при передаче сообщений применяется блочное и сверточное кодирование с перемежением. Повышение

эффективности кодирования и перемежения при малой скорости перемещения подвижных станций достигается сравнительно редким ("медленным" — 217 скачков в секунду) скачкообразным переключением рабочих частот (Slow Frequency

Hopping, SFH), так что на интервале длительности одной частотной позиции передается более одного информационного символа.

Для борьбы с замираниями принимаемых сигналов, вызванными многолучевым распространением радиоволн в условиях города, в аппаратуре связи используются эквалайзеры, обеспечивающие выравнивание импульсных сигналов со среднеквадратическим отклонением времени задержки до 16 мкс. Система синхронизации рассчитана на компенсацию абсолютного времени задержки сигналов до 233 мкс, что соответствует максимальной дальности связи или максимальному радиусу ячейки (соты) 35 км.

В стандарте GSM выбрана гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом частоты (GMSK) с индексом манипуляции 0,3. Обработка речи осуществляется в рамках принятой системы прерывистой передачи (Discontinuous Transmission, DTX), которая обеспечивает включение передатчика только при наличии речевого сообщения и отключение передатчика в паузах и в конце разговора. В качестве речепреобразующего устройства выбран речевой кодек с регулярным импульсным возбуждением/долговременным предсказанием и линейным предикативным кодированием с предсказанием (RPE/LTP-LPC-кодек). Общая скорость передачи речевого сообщения — 13 Кбит/с.

В стандарте GSM достигается высокая степень безопасности передачи сообщений за счет шифрования по алгоритму с открытым ключом (RSA). Функциональное построение и интерфейсы, принятые в стандарте GSM:

- MSC (Mobile Switching Centre) — центр коммутации подвижной связи;
- BSS (Base Station System) — оборудование базовой станции;
- OMC (Operations and Maintenance) — центр управления и обслуживания;
- MS (Mobile Stations) — подвижные станции;
- BTS (Base Transceiver Station) — базовая приемопередающая станция;
- BSC (Base Station Controller) — контроллер базовой станции;
- TCE (Transcoder and Rate Adaptation Unit) — транскодер, который управляется BSC и производит сжатие телефонных сигналов в направлении от коммутатора MSC к BSC со снижением скорости передачи от 64 до 16 Кбит/с и восстановление речи с увеличением скорости до 64 Кбит/с в обратном направлении;

- HLR (Home Location Register) — основной регистр, в котором хранятся справочные данные постоянно зарегистрированных в сети абонентов (адреса, информация об услугах и др.);

- VLR (Visited Location Register) — визитный регистр, в котором хранятся сведения о перемещениях абонентов;

- AUC (Authentication Center) — центр аутентификации;

- EIR (Equipment Identification Register) — регистр идентификации оборудования, который содержит базу данных серийных номеров абонентских станций, используемых в системе. База данных состоит из трех списков ("белый" — зарегистрированные абоненты, "черный" — список абонентов, которым отказано в обслуживании или радиостанции которых похищены, "серый" — список номеров, которые имеют проблемы с регистрацией).

Основные характеристики стандарта CDMA

Основные услуги:

- Передача данных и речи со скоростями 9,6 Кбит/с, 4,8 Кбит/с, 2,4 Кбит/с.

- Междугородный вызов.

- Роуминг (национальный и международный).

- Ждуший вызов.

- Переадресация вызова (при отсутствии ответа, в случае занятости).

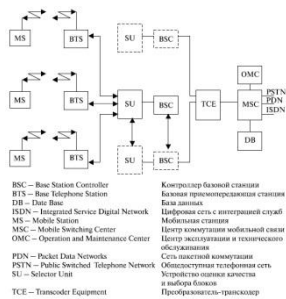
- Конференц-связь.

- Индикатор сообщений об ожидающих вызовах.

- Голосовая почта.

- Текстовая передача и прием сообщений.

Основные элементы этой сети (BTS, BSC, MSC, OMC) по составу совпадают с элементами, используемыми в сотовых сетях с временным разделением каналов. Основное отличие заключается в том, что в состав сети CDMA IS-95 включены устройства оценки качества и выбора блоков (SU — Selector Unit). Кроме того, для реализации процедуры мягкого переключения между базовыми станциями, управляемыми разными контроллерами (BSC), вводятся линии передачи между SU и BSC (Inter BSC Soft handover). В центре коммутации подвижных объектов (MSC) добавлен преобразователь — транскодер (TCE — Transcoder Equipment), который преобразует выборки речевого сигнала, формат данных из одного цифрового формата в другой.



В CDMA каналы для передачи от базовой станции к мобильной станции называются прямыми (Forward). Каналы для приема базовой станцией информации от мобильной называются обратными (Reverse). Для обратного канала IS-95 определяет полосу частот от 824 до 849 МГц. Для прямого канала — 869–894 МГц. Прямой и обратный каналы разделены интервалом в 45 МГц. Пользовательские данные упакованы и передаются в канале с пропускной способностью 1,2288 Мбит/с. Нагрузочная способность прямого канала — 128 телефонных соединений со скоростью трафика 9,6 Кбит/с. В IS-95 применяются различные типы модуляции для прямого и обратного каналов. В прямом канале базовая станция передает одновременно данные для всех пользователей, находящихся в соте, используя для разделения каналов различные коды для каждого пользователя. Также передается пилотный сигнал, он имеет больший уровень мощности, обеспечивая пользователям возможность синхронизировать частоты. В обратном направлении подвижные станции отвечают асинхронно (без использования пилотного сигнала), при этом уровень мощности, приходящий к базовой станции от каждой подвижной станции, одинаков. Такой режим возможен благодаря контролю мощности и управлению мощностью подвижных абонентов по служебному каналу. Каждый входной цифровой сигнал складывается ("модулируется") с отдельной "несущей", в качестве которой выступает псевдослучайная последовательность (ПСП). ПСП передается со скоростью большей, чем скорость исходного сигнала, после чего полученные сигналы объединяются в единый поток. При этом полоса частот, используемая в радиоканале, гораздо шире, чем полоса исходного сигнала. Этот процесс получил название расширения спектра (Spreading Specter). Псевдослучайные последовательности выбираются таким образом, чтобы на приемном конце их можно было разделить (отфильтровать) и отделить сигнал от его псевдослучайной последовательности ("несущей"). Передача единого объединенного

потока осуществляется в одной полосе частот с помощью одного из видов фазовой манипуляции. Поэтому системы, основанные на CDMA, не требуют разделения полосы частот на отдельные каналы, что, в свою очередь, облегчает процесс хэндовера (переход из одной соты в другую). Псевдослучайные последовательности должны иметь нулевую корреляцию, т. е. быть взаимонезависимы. Существует два способа множественного (многостанционного) доступа с кодовым разделением каналов (CDMA): ортогональный многостанционный доступ; неортогональный многостанционный доступ, или асинхронный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов.

Основные характеристики и область применения стандарта IEEE 802.15

Активно продвигаемая консорциумом Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG), технология Bluetooth (стандарт IEEE 802.15.1 базируется на спецификациях Bluetooth v1.x) предназначена для построения так называемых персональных беспроводных сетей (Wireless Personal Area Network, WPAN). Беспроводная технология Bluetooth де-факто является стандартом, равно как и набором спецификаций, определяющим функционирование компактных систем связи на небольших расстояниях между мобильными персональными компьютерами, мобильными телефонами и иными портативными устройствами. Bluetooth представляет собой недорогой радиointерфейс с низким энергопотреблением (мощность передатчика всего порядка 1 мВт) для организации персональных сетей, обеспечивающий передачу в режиме реального времени как цифровых данных, так и звуковых сигналов. Изначально дальность действия радиointерфейса закладывалась равной 10 метрам, (т. е. примерно в границах одной комнаты), однако сейчас спецификациями Bluetooth уже определена и вторая зона около 100 м — для покрытия стандартного дома или вне его. При этом нет необходимости в том, чтобы соединяемые устройства находились в зоне прямой видимости друг друга, их могут разделять "радиопрозрачные" препятствия (стены, мебель и т. п.), и к тому же приборы могут находиться в движении. Для работы радиointерфейса Bluetooth используется так называемый нижний (2,45 ГГц) диапазон ISM (industrial, scientific, medical), предназначенный для работы промышленных, научных и медицинских приборов.

Радиоканал обладает полной пропускной способностью в 1 Мбит/с, что обеспечивает создание асимметричного канала передачи данных на скоростях 723,3/57,6 Кбит/с или полнодуплексного канала на скорости 433,9 Кбит/с. Если данные не передаются, то через Bluetooth-соединение можно передавать до 3-х дуплексных аудиоканалов по 64 Кбит/с в каждом направлении. Возможна также и комбинированная передача данных и звука. В части организации обмена данными Bluetooth соответствует спецификации стандарта локальных сетей IEEE 802 и использует сигналы с расширением спектра путем скачкообразной перестройки частоты (FHSS) по псевдослучайному закону со скоростью 1600 переключений в секунду в полосе 2400–2483,5 МГц. Bluetooth работает как многоточечный радиоканал, управляемый, аналогично сотовой связи GSM, многоуровневым протоколом. В качестве мер защиты в Bluetooth предусмотрено кодирование передаваемых данных, а также выполнение процедуры авторизации устройств. При этом возможны три уровня защиты: минимальная (данные кодируются общим ключом и могут приниматься любыми устройствами без ограничений); защита на уровне устройств (непосредственно в чипе прописывается уровень доступа, в соответствии с которым устройство может получать определенные данные от других устройств); защита на уровне сеанса связи (данные кодируются 128-битными случайными числами, хранящимися в каждой паре устройств, участвующих в конкретном сеансе связи).

Основные функции любой операционной среды.

Любая современная операционная система должна, как минимум, решать следующие задачи:

- 1) хранение, загрузка и исполнение прикладных программ;
- 2) организация файловой системы на устройствах долговременной памяти;
- 3) планирование и динамическое перераспределение ресурсов компьютера;
- 4) взаимодействие параллельных программ и синхронизация их работы;
- 5) учет и разграничение полномочий пользователей системы;
- 6) предоставление пользовательского интерфейса для работы с компьютером;
- 7) защита данных от несанкционированного доступа, разрушения, других случайных или намеренных вредоносных действий, как во время выполнения программ, так и при хранении данных в файлах.

Основные режимы работы ЭВМ.

Операционные системы предоставляют пользователям достаточно широкий спектр вычислительных услуг, упрощая процесс использования ЭВМ. Прежде всего это касается разнообразия режимов работы машин, обеспечиваемых ОС. Под *режимом работы* понимают принципы структурной и функциональной организации аппаратных и программных средств. В общем случае **режимы использования ЭВМ подразделяют** на однопрограммные и многопрограммные.

Исторически *однопрограммные режимы* появились первыми. При их реализации все основные ресурсы ЭВМ полностью отдаются в монопольное владение пользователю. Однопрограммный режим может иметь модификации: однопрограммный режим непосредственного доступа и однопрограммный режим косвенного доступа. В *режиме непосредственного доступа*, пользователь получает ЭВМ в полное распоряжение: он сам готовит ЭВМ к работе, загружает задания, инициирует их, наблюдает за ходом решения и выводом результатов. Этот тип режима характеризуется весьма низкой полезной загрузкой технических средств. В *режиме косвенного доступа* пользователь не имеет прямого контакта с ЭВМ. В настоящее время он практически не используется, так как время работы процессоров в современных ЭВМ не является главным ресурсом системы, Режим косвенного доступа имеет существенный недостаток. Он не позволяет полностью исключить случаи простоя процессора или непроизводительного его использования. **Различные формы многопрограммных режимов работы различаются** в основном значимостью *различного рода ресурсов и правилами перехода от обслуживания одной программы пользователя к другой*. Различают следующие виды многопрограммной работы: классическое мультипрограммирование, режим разделения времени, режим реального времени и целый ряд производных от них. *Режим классического мультипрограммирования*, или *пакетной обработки*, применительно к однопроцессорным ЭВМ является основой для построения всех других видов многопрограммной работы. Режим имеет целью обеспечить минимальное время обработки пакета заданий и максимально загрузить процессор. В качестве недостатка надо отметить, что в режиме мультипрограммирования улучшение

качества обслуживания пользователей по сравнению с косвенным доступом не предусматривается. *Режим разделения времени* является более развитой формой многопрограммной работы ЭВМ. В этом режиме, обычно совмещенном с фоновым режимом классического мультипрограммирования, отдельные наиболее приоритетные программы пользователей выделяются в одну или несколько групп. Для каждой такой группы устанавливается круговое циклическое обслуживание, при котором каждая программа группы периодически получает для обслуживания достаточно короткий интервал времени - время кванта. Более сложной формой разделения времени является *режим реального времени*.

Основные процедуры WP. WP (WORKPRINT)

Фильмы данной версии появляются до мировой премьеры и предназначены для предпросмотра и монтажа. Обычно распространяются на Video-CD и имеют различное качество, т.е. Могут быть очень хорошими, а могут быть искусственно испорченными. Такие фильмы очень ценятся настоящими киноманами, т.к. В фильме часто присутствуют сцены не вырезанные сцены, которые часто отсутствуют в конечной версии, выходящей на экран. Как правило WP отсутствуют спецэффекты и имеется специальный таймер, предназначенный для монтажеров

Основные технологии мультиплексирования.

В информационных технологиях и связи, мультиплексирование) — уплотнение канала, т. е. передача нескольких потоков данных с меньшей скоростью по одному каналу. В телекоммуникациях мультиплексирование подразумевает передачу данных по нескольким логическим каналам связи в одном физическом канале. Под физическим каналом подразумевается реальный канал со своей пропускной способностью — медный или оптический кабель, радиоканал. Технологии ;1) Мультиплексирование с разделением по частоте предполагает размещение в пределах полосы пропускания канала нескольких каналов с меньшей шириной. Наглядным примером может послужить радиовещание, где в пределах одного канала (радиозфира) размещено множество радиоканалов на разных частотах 2)

Мультиплексирование с разделением по времени предполагает кадровую передачу данных, при этом переход с каналов меньшей ширины на каналы с

большой освобождает резерв для передачи в пределах одного кадра большего объема нескольких кадров меньшего. 3) Мультиплексирование с разделением по длине волны предполагает передачу по одному оптическому волокну каналов на различных длинах волн. В основе технологии лежит факт того, что волны с разными длинами распространяются независимо друг от друга.

Основные технологии ЛВС. Сетевая технология — это согласованный набор стандартных протоколов и реализующих их программно-аппаратных средств, достаточный для построения локальной вычислительной сети. Сетевые технологии называют базовыми технологиями или сетевыми архитектурами локальных сетей. Сетевые технологии локальных сетей IEEE802.3/Ethernet

В настоящее время эта сетевая технология наиболее популярна в мире. Популярность обеспечивается простыми, надежными и недорогими технологиями. В классической локальной сети Ethernet применяется стандартный коаксиальный кабель двух видов (толстый и тонкий). **Сетевая технология Fast Ethernet** обеспечивает скорость передачи 100 Мбит/с и имеет три модификации. Сетевая технология локальных сетей Gigabit Ethernet — обеспечивает скорость передачи 1000 Мбит/с. Существуют следующие модификации стандарта: Локальные сети Fast Ethernet и Gigabit Ethernet совместимы с локальными сетями, выполненными по технологии (стандарту) Ethernet, поэтому легко и просто соединять сегменты Ethernet, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet в единую вычислительную сеть. Сетевые технологии локальных сетей IEEE802.5/Token-Ring **Сеть Token-Ring** предполагает использование раздельной среды передачи данных, которая образуется объединением всех узлов в кольцо. Сеть Token-Ring имеет звездно-кольцевую топологию (основная кольцевая и звездная дополнительная топология) **Сетевые технологии локальных сетей IEEE802.4/ArcNet**. Локальная сеть ArcNet - это одна из старейших сетей и пользовалась большой популярностью. Среди основных достоинств локальной сети ArcNet можно назвать высокую надежность, низкую стоимость адаптеров и гибкость. Основным недостатком сети является низкая скорость передачи информации (2,5 Мбит/с). Максимальное количество абонентов - 255. Максимальная длина сети - 6000 метров. **Сетевые технологии локальных сетей FDDI**

(Fiber Distributed Data Interface) FDDI— стандартизованная спецификация для сетевой архитектуры высокоскоростной передачи данных по оптоволоконным линиям. Скорость передачи – 100 Мбит/с.

Особенности МОП-структуры.

(металл — оксид — полупроводник) — наиболее широко используемый тип [полевых транзисторов](#). Структура состоит из металла и полупроводника, разделённых слоем оксида кремния SiO₂. В общем случае структуру называют [МДП](#) (металл — диэлектрик — полупроводник). Транзисторы на основе МОП-структур называют полевыми, или МОП-Транзисторы на основе МОП-структур, в отличие от биполярных, управляются напряжением, а не током и называются униполярными транзисторами, так как для их работы необходимо наличие носителей заряда только одного типа

Основные принципы работы оптрона.

Оптопара (оптрон) — электронный прибор, состоящий из излучателя света (обычно — [светодиод](#), в ранних изделиях — миниатюрная [лампа накаливания](#)) и [фотоприёмника](#) (биполярных и полевых [фототранзисторов](#), [фотодиодов](#), [фототиристор](#)ов, [фоторезисторов](#)), связанных оптическим каналом и как правило объединённых в общем корпусе. Принцип работы оптрона заключается в преобразовании электрического сигнала в свет, его передаче по оптическому каналу и последующем преобразовании обратно в электрический сигнал.

Основные направления развития микропроцессорной техники.

Современный уровень развития микропроцессорной техники достиг такого уровня что, в течение 5 лет происходит смена двух-трех поколений микропроцессоров. По прогнозам аналитиков к 2012 году число транзисторов в микропроцессоре достигнет 1 млрд., тактовая частота возрастет до 10 ГГц, а производительность достигнет 100 млрд. оп/с. Поэтому при выборе аппаратно-программной платформы необходимо учитывать тенденции развития, позволяющие минимизировать затраты на модернизацию и поддержку актуального программного обеспечения. В архитектуре современных микропроцессоров разных компаний-производителей имеется много общего. В предыдущих

поколениях микропроцессоров при ограниченном объеме аппаратных ресурсов каждый разработчик микропроцессора выбирал ряд архитектурно-структурных приемов повышения производительности, за счет преимущественного развития которых этот микропроцессор должен был превосходить другие. В современных условиях большое число транзисторов на кристалле делает возможным применить в одном микропроцессоре все известные приемы повышения производительности, сообразуясь только с их совместимостью. Рассмотрение конкретных семейств микропроцессоров разных производителей подтверждает общие тенденции их развития: повышение тактовой частоты, увеличение объема и пропускной способности подсистемы памяти, увеличение количества параллельно функционирующих исполнительных устройств.

Основные этапы цифровой обработки аналоговых сигналов.

Формирование цифрового сигнала из аналогового предусматривает последовательное выполнение трех основных операций:

- дискретизация аналогового сигнала по времени, в результате чего формируется импульсный сигнал, промодулированный по амплитуде, т.е. АИМ-сигнал;
- квантование АИМ-сигнала по уровню;
- кодирование отсчетов АИМ-сигнала.
- В цифровых системах передачи (ЦСП) формируется групповой цифровой сигнал, иначе называемый сигналом импульсно-кодовой модуляции (ИКМ). При формировании группового ИКМ-сигнала добавляется еще одна операция: перед квантованием по уровню производится объединение индивидуальных АИМ-сигналов (Рис. 8.20).



Преобразование ИКМ-сигнала в аналоговый предусматривает последовательное выполнение основных операций: декодирование (преобразование ИКМ-сигнала в АИМ); и восстановление аналогового сигнала (выделение из спектра АИМ-сигнала исходного сигнала).

Основные компоненты компьютера, их взаимодействие.

Любой компьютер (даже самый большой) состоит из четырех частей:

Процессор. Осуществляет контроль за действиями компьютера, а также выполняет функцию обработки данных. Если в системе есть только один процессор, он часто называется центральным процессором (central processing unit — CPU).

Основная память. Здесь хранятся данные и программы. Как правило, эта память является временной. Часто ее называют реальной, оперативной или первичной памятью.

Устройства ввода-вывода. Служат для передачи данных между компьютером и внешним окружением, состоящим из различных периферийных устройств, в число которых входят вторичная память, коммуникационное оборудование и терминалы.

Системная шина. Определенные структуры и механизмы, обеспечивающие взаимодействие между процессором, основной памятью и устройствами ввода-вывода.

Основные характеристики сигнала на физическом уровне.

Мощность сигнала

$$P(t) = \frac{dE}{dt}$$

Удельная энергия

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} s^2(t) dt$$

Длительность сигнала T определяет интервал времени, в течение которого сигнал существует (отличен от нуля);

Динамический диапазон есть отношение наибольшей мгновенной мощности сигнала к наименьшей:

$$D = 10 \lg P_{max} / P_{min}$$

Ширина спектра сигнала F — полоса частот, в пределах которой сосредоточена основная энергия сигнала; **База сигнала** есть произведение длительности сигнала на ширину его спектра $B = TF$.

Необходимо отметить, что между шириной спектра и длительностью сигнала существует обратная пропорциональная зависимость: чем короче спектр, тем больше длительность сигнала. Таким образом, величина базы остается практически неизменной; **Отношение сигнал/шум** равно отношению мощности полезного сигнала к мощности шума; Объем передаваемой информации характеризует пропускную способность канала связи, необходимую

для передачи сигнала. Он определяется как произведение ширины спектра сигнала на его длительность и динамический диапазон

$$V = FTD$$

Особенности цифровых фильтров.

Цифровой фильтр — в [электронике](#) любой [фильтр](#), обрабатывающий цифровой сигнал с целью выделения и/или подавления определённых частот этого сигнала. В отличие от цифрового, [аналоговый фильтр](#) имеет дело с аналоговым сигналом, его свойства недискретны, соответственно [передаточная функция](#) зависит от внутренних свойств составляющих его элементов. Преимуществами цифровых фильтров перед аналоговыми являются: Высокая точность (точность аналоговых фильтров ограничена допусками на элементы). Стабильность (в отличие от аналогового фильтра [передаточная функция](#) не зависит от дрейфа характеристик элементов). Гибкость настройки, лёгкость изменения. Компактность — аналоговый фильтр на очень низкую частоту (доли герца, например) потребовал бы чрезвычайно громоздких [конденсаторов](#) или [индуктивностей](#).

Недостатками цифровых фильтров по сравнению с аналоговыми являются: Трудность работы с высокочастотными сигналами. Полоса частот ограничена [частотой Найквиста](#), равной половине частоты дискретизации сигнала. Поэтому для высокочастотных сигналов применяют аналоговые фильтры, либо, если на высоких частотах нет полезного сигнала, сначала подавляют высокочастотные составляющие с помощью аналогового фильтра, затем обрабатывают сигнал цифровым фильтром. Трудность работы в реальном времени — вычисления должны быть завершены в течение периода дискретизации. Для большой точности и высокой скорости обработки сигналов требуется не только мощный процессор, но и дополнительное, возможно дорогостоящее, аппаратное обеспечение в виде высокоточных и быстрых [ЦАП](#) и [АЦП](#)

Особенности витой пары как передающей среды. Витая пара — вид [кабеля](#) связи, представляет собой одну или несколько пар изолированных [проводников](#), скрученных между собой (с небольшим числом витков на единицу длины), покрытых пластиковой оболочкой. Свивание проводников

производится с целью повышения степени связи между собой проводников одной пары (электромагнитная помеха одинаково влияет на оба провода пары) и последующего уменьшения [электромагнитных помех](#) от внешних источников, а также взаимных наводок при передаче [дифференциальных сигналов](#). Для снижения связи отдельных пар кабеля (периодического сближения проводников различных пар) в кабелях UTP категории 5 и выше провода пары свиваются с различным шагом. Витая пара — один из компонентов современных [структурированных кабельных систем](#). Используется в телекоммуникациях и в компьютерных сетях в качестве физической среды передачи сигнала во многих технологиях, таких как [Ethernet](#), [Arcnet](#) и [Token ring](#). В настоящее время, благодаря своей дешевизне и лёгкости в монтаже, является самым распространённым решением для построения проводных (кабельных) [локальных сетей](#).

Особенности протокола RTP.

Протокол RTP ([англ.](#) Real-time Transport Protocol) работает на [транспортном уровне](#) и используется при передаче трафика реального времени. Протокол был разработан Audio-Video Transport Working Group в [IETF](#) и впервые опубликован в 1996 году как [RFC 1889](#), и заменён в [RFC 3550](#) в 2003 году. Протокол RTP переносит в своём заголовке данные, необходимые для восстановления голоса или видеоизображения в приёмном узле, а также данные о типе кодирования информации ([JPEG](#), [MPEG](#) и т. п.). В заголовке данного протокола, в частности, передаются временная метка и номер пакета. Эти параметры позволяют при минимальных задержках определить порядок и момент декодирования каждого пакета, а также интерполировать потерянные пакеты. RTP не имеет стандартного зарезервированного номера порта. Единственное ограничение состоит в том, что соединение проходит с использованием чётного номера, а следующий нечётный номер используется для связи по протоколу [RTCP](#). Тот факт, что RTP использует динамически назначаемые адреса портов, создаёт ему трудности для прохождения [межсетевых экранов](#), для обхода этой проблемы, как правило, используется [STUN](#)-сервер. Установление и разрыв соединения не входит в список возможностей RTP, такие действия

выполняются [сигнальным протоколом](#) (например, [RTSP](#) или [SIP](#) протоколом).

Особенность режима реального времени. Реальное время

Реальное время — режим работы автоматизированной системы обработки информации и [управления](#), при котором учитываются ограничения на временные характеристики функционирования. Пример deadline - [дедлайн](#) - предельный срок завершения какой-либо работы; Основной особенностью является необходимость использования специализированных программных, аппаратных и алгоритмических решений. [Промышленных компьютеров, промышленных контроллеров, программируемых логических контроллеров, микроконтроллеров](#) и прочих вычислительных устройств с архитектурой, оптимизированной для использования в сфере автоматизации; [Операционных систем \(ОС\) реального времени](#), таких как [QNX](#), [OS-9](#), [VxWorks](#) и пр.; [SCADA-пакетов](#) и инструментальных сред типа [LabVIEW](#); «языков реального времени», к которым относят языки, обладающие встроенными возможностями многозадачного программирования, например [Modula-2](#) и [Ada](#) оборудования [VCO](#), обладающего предсказуемыми временными характеристиками (мультиплексоров, [ЦАП](#) и [АЦП](#) и пр.); «индустриальных СУБД»; «промышленных» шин, интерфейсов и протоколов для построения распределённых автоматизированных систем ([RS-485](#), [RS-422](#), [RS-232](#), [Modbus](#), [Profibus](#), [CANBus](#), [VMEbus](#), ...) специальных алгоритмов

Особенности и организация первичного интерфейса PRI.

Услуги ISDN могут предоставляться двумя способами, по интерфейсу PRI - "Интерфейса первичной скорости" и BRI - "Интерфейс базовой скорости". PRI - это стандарт, используемый для подключения офисов. Он использует для передачи информации канал T1 в США, и канал E1 для Европы. Канал T1 PRI содержит в себе 24 канала, E1 PRI - 32 канала. Для интерфейса PRI существуют различные вариации числа используемых каналов, которое зависит от Страны, где он используется. В Серверной Америке и Японии - используется вариант: 23xВ + 1xD (23 64Kbps цифровых канала + 1 64Kbps канал сигнализации и контроля), на основе канала T1 - 1.544 Mbps. В Европе и Австралии - это

вариант: 30xB + 2xD, на базе канала E1 - 2.048 Mbps.(Один таймслот в стандарте E1 недоступен для пользовательских нужд, т.к. он используется в целях внутренней синхронизации.) Существуют и другие вариации интерфейса PRI, с различным числом каналов, например: 10xB + D..NFAS (Non Facility Associated Signalling) - позволяет нескольким PRI устройствам использовать один и тот же D канал для сигнализации и контроля. Так же существуют различные 'стандарты' сигнализации, от различных производителей оборудования, которые являются расширением для интерфейса PRI. Наиболее значимые из них, включают в себя такие стандарты как: National ISDN v1, сокращение: NI-1 National ISDN v2, сокращение: NI-2 (см: SR-4994)

Особенности протокола V 5.2.V5 - технология доступа к сети. Стандарты V5 (V5.1-ETS 300 324-1 и V5.2-ETS 300 347-1) обеспечивают интерфейс взаимодействия между сетью доступа и телефонной станцией для поддержания узкополосных услуг связи и обеспечивает работу с устройствами связи. V5.2 состоит больше из служебных протоколов, а именно, протокола назначения канала (BCC - протокол), протокола защиты и протокола управления каналом. V5.2 использует дополнительные резервные каналы интервалы для повышения безопасности связи. V5.2 может поддерживать до 16 потоков E1. Определены следующие функции связанные с переносом информации через интерфейс V5.2:- функции несущих каналов- функции поддержки D-каналов ISDN);- функции поддержки сигнализации ТФОП;- функции управления портами, - функции общего управления, - функции назначения канальных интервалов ИКМ-трактов для несущих каналов, -функции защиты служебной информации;-функции тактирования

Особенности подключения «Dial-up». Коммутируемый удаленный доступ (англ. dial-up^[1]) — сервис, позволяющий компьютеру, используя модем и телефонную сеть общего пользования, подключаться к другому компьютеру (серверу доступа) для инициализации сеанса передачи данных (например, для доступа в сеть Интернет). Обычно dial-up'ом называют только доступ в Интернет на домашнем компьютере или удаленный модемный доступ в корпоративную сеть с использованием двухточечного протокол

ола PPP (теоретически можно использовать и устаревший протокол SLIP).

Особенности подключения с выведенной линией. Самым быстрым, надежным и качественным видом доступа к является подключение по выделенной телефонной линии. Это гарантирует высокую скорость подключения его бесперебойную работу. Для использования услуг Интернет в больших объемах подключение по выделенной телефонной линии является самым эффективным и выгодным. В сравнении с традиционным подключением по коммутациям использование данной услуги предоставляет более высокое качество и высокую скорость связи.

Отличие сетей PDH от SDH. Синхронная цифровая иерархия — это система передачи данных, основанная на синхронизации по времени передающего и принимающего устройства. Стандарты СЦИ определяют характеристики цифровых сигналов, включая структуру фреймов (циклов), метод мультиплексирования, иерархию цифровых скоростей и кодовые шаблоны интерфейсов и т. д. Плезеохронная цифровая иерархия — цифровой метод передачи данных и голоса, основанный на временном разделении канала и технологии представления сигнала с помощью импульсно-кодовой модуляции (ИКМ).

В отличие от более поздней SDH, для PDH характерно поэтапное мультиплексирование потоков, так как потоки более высокого уровня собираются методом чередования бит. То есть, например, чтобы вставить первичный поток в третичный, необходимо сначала демultipлексировать третичный до вторичных, затем вторичный до первичных, и только после этого будет возможность произвести сборку потоков заново. Если учесть, что при сборке потоков более высокого уровня добавляются дополнительные биты выравнивания скоростей, служебные каналы связи и прочая бесполезная нагрузка, то процесс терминирования потоков низкого уровня превращается в весьма сложную процедуру, требующую сложных аппаратных решений.

Отличие квантовых компьютеров от оптических. Квантовый компьютер — вычислительное устройство, работающее на основе квантовой

механики. Квантовый компьютер принципиально отличается от классических компьютеров, работающих на основе классической механики. Полномасштабный квантовый компьютер является пока гипотетическим устройством, сама возможность построения которого связана с серьезным развитием квантовой теории в области многих частиц и сложных экспериментов; эта работа лежит на переднем крае современной физики. Ограниченные (до 128^[1] кубитов) квантовые компьютеры уже построены; элементы квантовых компьютеров могут применяться для повышения эффективности вычислений уже на существующей приборной базе. Отличие квантового компьютера от простого заключается в принципиальном отличии систем счисления. Простые оперируют двоичной системой... нули и единицы... биты... Квантовые могут оперировать кубитами, или квантовыми битами, то есть могут принимать промежуточное значение между единицей и нулем... соответственно все это дело мощнее. Оптический компьютер — компьютер, основанный на использовании оптических процессоров. В отличие от обычных компьютеров, основанных на электронных технологиях, в оптических компьютерах операции выполняются путём манипуляции потоками оптического излучения, что позволяет достичь большей производительности вычислений

Отличие концентратора от мультиплексора. Концентраторы обычно располагаются в абонентской сети местной АТС для уменьшения числа входных портов станции. Выход концентратора, а как следует, входной порт коммутационной станции занимается опосля поднятия абонентом телефонной трубки. На телефонных сетях число выходов М концентратора, обычно, существенно меньше числа входов N, при всем этом все выходы являются общими и могут употребляться для передачи инфы от хоть какого абонента, присоединенного к концентратору. Представим, что М абонентов находятся на обслуживании. В данном случае (М+1)-й абонент при попытке установления соединения получит отказ (вызов блокируется). Соотношение числа входов и выходов концентратора выбирается таковым, чтоб уменьшить издержки на линейные сооружения при незначимой вероятности блокировки вызова. Как в мультиплексоре, так и в концентраторе уменьшение издержек на линейные сооружения достигается методом

разделения ресурсов пучка соединительных линий. Но применяемые при всем этом методы разделения различны. Для мультиплексора число каналов M на выходе равно числу каналов N на входе, в то время как для концентратора справедливо соотношение $M < N$. В отличие от мультиплексора выходная емкость либо полоса пропускания концентратора является общей для хоть какого из входов. По просьбе источника соответствующему входу предоставляется один из вольных выходов, номер которого трудно предсказать заблаговременно. Мультиплексор также делит среду передачи меж источниками, но достигается это равноправным распределением общей выходной емкости среды передачи и выделением личного канала для каждой пары источник-получатель.

Отличие стандарта JPEG от MPEG.

Алгоритм JPEG в наибольшей степени пригоден для сжатия фотографий и картин, содержащих реалистичные сцены с плавными переходами яркости и цвета. Наибольшее распространение JPEG получил в цифровой фотографии и для хранения и передачи изображений с использованием сети Интернет. С другой стороны, JPEG малоприменим для сжатия чертежей, текстовой и знаковой графики, где резкий контраст между соседними пикселями приводит к появлению заметных артефактов. Такие изображения целесообразно сохранять в форматах без потерь, таких как TIFF, GIF, PNG или RAW. JPEG (как и другие методы искажающего сжатия) не подходит для сжатия изображений при многоступенчатой обработке, так как искажения в изображениях будут вноситься каждый раз при сохранении промежуточных результатов обработки Motion JPEG Motion JPEG (MJPEG) — пок кадровый метод видеосжатия, основной особенностью которого является сжатие каждого отдельного кадра видеопотока с помощью алгоритма сжатия изображений JPEG. При сжатии методом MJPEG межкадровая разница не учитывается. Основным преимуществом видеосжатия Motion JPEG является простота реализации, что делает MJPEG подходящим для реализации в устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами. Недостатками MJPEG являются более низкий коэффициент сжатия по сравнению с потоковыми методами сжатия, например MPEG-4 и проявляющаяся при высоких степенях сжатия блочная структура изображения.

Отличие технологии GPRS от GSM
GPRS (General Packet Radio Service) - технология пакетной передачи данных посредством сотовой связи. Суть услуги заключается в организации постоянного подключения через GPRS-телефон или GPRS-карту к сети интернет. Для работы в Сети можно использовать компьютер, ноутбук или электронный органайзер. При этом Вы сможете просматривать HTML-страницы, перекачивать файлы, работать с электронной почтой и любыми другими ресурсами Интернета. Преимущества технологии GPRS GPRS предоставляет немедленный доступ к услугам, без необходимости дозваниваться к интернет-провайдеру. Пользователи GPRS получают доступ к Интернету в полном объеме, как при проводном соединении. Можно работать с WAP-сайтами непосредственно с телефонного аппарата GPRS. Оплачивается только объем посланной/полученной информации, а не эфирное время. До сих пор в сотовых сетях для передачи или приема данных абонентом занимался целый канал на время от установления соединения до его разрыва, которое оплачивалось вне зависимости от его загрузки. В GPRS максимально возможная скорость передачи данных составляет 171,2 Кбит/с — это более чем в 3 раза быстрее, чем режим работы проводных линий, и почти в 12 раз быстрее работы передачи данных в обычных сетях GSM (9,6 кбит/с). Уже сегодня доступна скорость до 33 Кбит/с. Global Mobile Communications (GSM) - глобальная система подвижной связи; европейский цифровой стандарт; диапазон частот 890 - 960 МГц и 1710-1880 МГц.. Особенности: Меньшие по сравнению с аналоговыми стандартами размеры и вес телефонных аппаратов при большем времени работы без подзарядки аккумулятора. В основном это достигается за счет аппаратуры базовой станции, которая постоянно анализирует уровень сигнала, принимаемого от аппарата абонента. Относительно высокая емкость сети Низкий уровень промышленных помех в данном частотном диапазоне Несколько неестественное звучание речи, за то нет шипения и треска Максимальная защита от подслушивания и нелегального использования, что достигается путем применения алгоритмов шифрования с открытым ключом. EFR-технология являет собой усовершенствованную систему кодирования речи. Эта система была разработана фирмой Nokia и впоследствии стала промышленным стандартом

кодирования/декодирования для технологии GSM

П

Параметры сети с пульсирующей битовой скоростью.

Существует также тип трафика реального времени, создающий поток данных с пульсирующей битовой скоростью, но так же чувствительный к задержкам передачи пакетов. Такой трафик создают источники, выполняющие компрессию

голоса или видеоизображения, когда, например, при неизменной картинке интенсивность потока данных резко уменьшается. Для такого трафика в понятие

качества обслуживания по-прежнему входят средняя величина и вариация задержек, а вместо одного параметра пропускной способности обычно от сети

требуется обеспечить два - среднюю скорость передачи данных и передачу всплеска трафика до определенной величины в течение оговоренного периода времени.

Для пульсирующего компьютерного трафика, который не является трафиком реального времени, так как нечувствителен к задержкам, обычно достаточно

обеспечить аналогичные предыдущему случаю параметры пропускной способности, а о величинах задержек не заботиться.

Понятие Интернет. Применяемые протоколы.

Интернет (англ. Internet, МФА— всемирная система объединённых компьютерных сетей, построенная на базе IP и маршрутизации IP-пакетов. Интернет образует глобальное информационное пространство, служит физической основой для Всемирной паутины (World Wide Web, WWW) и множества других систем (протоколов) передачи данных. Часто упоминается как Всемирная сеть и Глобальная сеть, а также просто Сеть, в обиходе иногда употребляют сокращённые наименования инет, нет. В настоящее время под словом «Интернет» чаще всего имеется в виду Всемирная паутина и доступная в ней информация, а не физическая сеть. К середине 2011 года число пользователей, регулярно использующих Интернет, составило около 2,3 млрд человек. Вместе с подключёнными к нему компьютерами Интернет служит основой для развития информационного общества. Протоколы Сетевой протокол

Протокол, в данном случае, — это, образно говоря, «язык», используемый компьютерами для обмена данными при работе в сети. Чтобы различные компьютеры сети могли взаимодействовать, они должны «разговаривать» на одном «языке», то есть использовать один и тот же протокол. Проще говоря, протокол — это правила передачи данных между узлами компьютерной сети. Систему протоколов Интернет называют «стеком протоколов TCP/IP». Наиболее распространённые в Интернете протоколы (в алфавитном порядке, сгруппированные в примерном соответствии модели OSI): Основные протоколы используемые в работе Интернет: TCP/IP POP3 SMTP FTP HTTP IMAP4 WAIS Gopher WAP

Понятие мониторинга в ЦСИО

Термином мониторинг сети называют работу системы, которая выполняет постоянное наблюдение за компьютерной сетью в поисках медленных или неисправных систем и которая при обнаружении сбоев сообщает о них сетевому администратору с помощью почты, телефона или других средств оповещения. Эти задачи являются подмножеством задач управления сетью. В то время как система обнаружения вторжений следит за появлением угроз извне, система мониторинга сети выполняет наблюдение за сетью в поисках проблем, вызванных перегруженными и/или отказавшими серверами, другими устройствами или сетевыми соединениями. Например, для того, чтобы определить состояние веб-сервера, программа, выполняющая мониторинг, может периодически отправлять запрос HTTP на получение страницы; для почтовых серверов можно отправить тестовое сообщение по SMTP и получить по IMAP или POP3. Неудавшиеся запросы (например, в том случае, когда соединение не может быть установлено, оно завершается по таймауту, или когда сообщение не было доставлено) обычно вызывают реакцию со стороны системы мониторинга. В качестве реакции может быть: отправлен сигнал тревоги системному администратору; автоматически активирована система защиты от сбоев, которая временно выведет проблемный сервер из эксплуатации, до тех пор, пока проблема не будет решена, и так далее. Средства сетевого мониторинга Программа ping Программа ipconfig Серверы SNMP The NOC Project (Open

Source) Hyperic HQ (Open Source) Zabbix (Open Source).

Понятие ЦСИО

полностью унифицированная цифровая сеть, в которой данные, полученные из всех видов сообщений (например, телефонные сообщения, текст, информация, неподвижные и движущиеся изображения), передаются из одного порта (терминала) в коммутируемую линию доступа к абоненту и от абонента. Концепция ЦСИО, определенная рекомендациями МСЭ серии I [17], предполагает:

- стандартизацию услуг и видов обслуживания, предоставляемых абонентам, с той степенью детализации, которая обеспечивает совместимость терминалов при международной связи;
- стандартизацию ограниченного числа интерфейсов пользователь-сеть, посредством которых обеспечивается доступ к услугам ЦСИО;
- стандартизацию функциональных возможностей, необходимых как для поддержки услуг интегрального обслуживания, так и для взаимодействия с другими сетями.

С учетом этих аспектов МСЭ в рекомендациях серии I определяет ЦСИО как "Сеть, являющуюся развитием цифровой телефонной сети типа ИЦС, обеспечивающую полностью цифровые соединения между оконечными устройствами для поддержки широкого спектра речевых и неречевых услуг, доступ к которым осуществляется через ограниченный набор стандартизованных многофункциональных интерфейсов". Понятие "пользователь" в терминологии ЦСИО практически заменяет привычное понятие "абонент" по двум причинам. Оно, во-первых, несет более общую смысловую нагрузку и, во-вторых, позволяет подчеркнуть тот факт, что "пользователем ЦСИО" могут являться различные автоматизированные устройства, функционирующие без участия человека.

Услуги ЦСИО принято делить на основные (basic services) и дополнительные услуги (supplementary services). Основные услуги, в свою очередь, подразделяются на две группы. Первая группа — услуги доставки информации (bearer services) — обеспечивает перенос через ЦСИО цифровой информации между интерфейсами корреспондирующих пользователей. Вторая группа — услуги предоставления связи (teleservices) — обеспечивает возможность обмена информацией между пользователями и реализуется совместно техническими

средствами ЦСИО и терминального оборудования.

Построение IP сети.

Построение сети на базе H.323 Для построения сетей IP-телефонии первой стала рекомендация H.323 МСЭ-T, которая является первой зонтичной спецификацией систем мультимедийной связи для работы в сетях с коммутацией пакетов, не обеспечивающих гарантированное качество обслуживания. ITU-T исторически занимался проблемами телефонных сетей, поэтому и предложенная рекомендация была в большей степени ориентирована на передачу телефонного трафика по сети с коммутацией пакетов. Сети, построенные на базе протоколов H.323, ориентированы на интеграцию с телефонными сетями и могут рассматриваться как сети ISDN, наложенные на сети передачи данных. В частности, процедура установления соединения в таких сетях IP-телефонии базируется на рекомендации ITU-T Q.931 и практически идентична той же процедуре в сетях ISDN. При этом рекомендация H.323 предусматривает применение разнообразных алгоритмов сжатия речевой информации, что позволяет использовать полосу пропускания ресурсов передачи гораздо более эффективно, чем в сетях с коммутацией каналов. Этот вариант построения сетей IP-телефонии ориентирован на операторов местной телефонной связи (или на компании, владеющие транспортными сетями), которые хотят использовать сети с маршрутизацией пакетов IP для предоставления услуг междугородной и международной связи (рис. 1.1). Основными устройствами сети являются: терминал, шлюз, привратник и устройство управления конференциями. Необходимо отметить, что в отличие от устройств ТфОП, устройства H.323 не имеют жестко закрепленного места в сети. Устройства подключаются к любой точке IP-сети. Однако при этом сеть H.323 разбивается на зоны, а каждой зоной управляет привратник.

Построение сети NGN.

Стратегии формирования NGN. Различают три стратегии: строительство новой выделенной сети; модернизация ТфОП; создание NGN в результате реконструкции другой сети общего пользования. Наиболее вероятной базой NGN является ТфОП. Максимально допустимое затухание между двумя ТА (телефонными аппаратами) в городской телефонной сети (ГТС) установлено на

уровне 28 дБ. Если все местные станции (МС) и транзитные станции (ТС) заменить цифровыми коммутационными станциями без модернизации транспортной сети, то это затухание резко возрастет. Поэтому концепция цифровизации ГТС сводится к созданию «наложенной сети», в которой соблюдается норма выполнения по затуханию и уменьшено количество преобразований аналог-цифра (ЦАП/АЦП). Суть концепции «наложенной сети» сводится к тому, что все цифровые станции в пределах одной ГТС должны быть связаны между собой без использования аналоговых МС и ТС, допускается только по одному переходу «аналог-цифра», «цифра-аналог».

Применение ВОЛС в ЕТТН

ЕТТН, или «оптика до дома», по которой оптический кабель доводят только до домового коммутатора, а от него уже через витую пару в квартиру или офис. Эта технология широко используется для корпоративных локальных сетей. 100-мегабитный Ethernet доминирует в качестве стандарта для рабочих мест, тогда как на магистральных каналах наблюдается колоссальный рост 1 и 10-гигабитных скоростей. Технология Ethernet To The Home (ЕТТН) представляется лучшим широкополосным решением для абонентского доступа. ЕТТН избавлена от ограничений по скорости и расстоянию. Кроме того, технология ЕТТН имеет больший срок службы.

Применение мониторинга в NGN

Организация управления и мониторинга сетей NGN. Одной из главных особенностей систем управления NGN является открытая модульная архитектура, позволяющая разрабатывать и внедрять новые модули, работать с существующими приложениями и модернизировать существующие модули. С точки зрения управления и мониторинга, сети NGN будут состоять из большого числа разнотипных компонентов, а не из сравнительно небольшого количества менее разнообразных крупных коммутационных устройств, как сейчас. Кроме того, для реализации интегрированного управления системами и сетями независимо от их производителя и технологии в NGN будет поддерживаться большее число интерфейсов, чем в существующих сетях (могут использоваться разнообразные стандарты и протоколы, такие как, SNMP, OSI, ASCII, CORBA), и более высокая пропускная способность. Все это ведет к необходимости пересмотра принципов и подходов к сетевому управлению для

NGN. Система управления NGN должна представлять собой набор решений, обеспечивающих управление сетями, реализованными на базе различных технологий (фиксированные и мобильные телефонные сети, сети передачи данных, сигнализации и т.д.), предоставляющих различные услуги и построенных на оборудовании различных производителей. Система управления будет строиться с использованием объектно-ориентированной распределенной структуры, при этом ее интерфейсы должны быть открытыми – отличительными чертами подобных интерфейсов являются: стандартизированные протоколы (например, POP, CMIP, SNMP, FTP, FTAM и др.), использование формальных языков для описания стандартизированных интерфейсов (например, CORBA IDL, JAVA, GDMO, ASN 1. и др.), стабильность, которая позволяет вносить только те изменения, которые будут обратно совместимы. Например, для отправки аварийных сообщений могут использоваться протоколы CMIP, SNMP или CORBA с использованием объектной модели, определенной в рекомендации X.733; для организации услуг могут использоваться интерфейсы CORBA; для пересылки данных о рабочих характеристиках может применяться протокол FTP. Основные требования, предъявляемые к системам управления NGN: подготовленное решение на практике должно реализовываться в сжатые сроки; структуры открытых систем должны обеспечивать гибкость реализации и совместимость с другими решениями, высокую надежность, и как результат – качество обслуживания; оператор должен иметь возможность модифицировать программное обеспечение для реализации специфических функций и вводить новые услуги через изменение конфигурации; компонентные решения упростят возможности оператора по введению новых пользователей и функций; масштабируемость и гибкость, позволяющие легко адаптироваться к быстро появляющимся новым технологиям и продуктам, а также к изменяющимся потребностям пользователей. Для упрощения управления целесообразно иметь отдельные подсистемы управления различных областей транспортной сети (WDM, SDH, ATM и др.), передачи данных и речи. Для организации управления мультисервисными сетями необходимо взаимодействие систем управления, принадлежащих различным операторам

и поставщикам услуг, посредством вышестоящей системы мониторинга над подсистемами управления. Задачи конфигурации, контроля качества и аварийного надзора в пределах сети одного оператора будут внутренними, а задачи предоставления и обеспечения качества услуг из конца в конец будут решаться совместно операторами различных сетей. Для централизации мониторинга сети NGN они могут объединяться в интегрированные подсистемы управления транспортной сетью и услугами с вышестоящей системой мониторинга и управления. Модульная структура предполагает наличие интегрированных блоков, выполняющих различные задачи управления и мониторинга: аварийный надзор; управление топологией; мониторинг и управление безопасностью; управление системами и процессами. Данные блоки должны интегрировать функции отдельных подсистем управления, например, отображение аварий от нескольких областей управления на одном и том же пользовательском интерфейсе, отображение всей топологии, обеспечение общего управления безопасностью. Управление качеством должно осуществляться на уровне управления вызовом и внутри пакетной сети. Необходимо обеспечить взаимодействие с системой управления как новых поставщиков услуг, поставщиков информации, так и пользователей. Вышестоящая система мониторинга (см. рисунок ниже) над подсистемами управления обеспечивает централизованное управление авариями и сетевой топологией, функции совместного мониторинга и управления сетью и услугами, рабочее место оператора является центральной точкой создания всех индивидуальных функций управления.

Применение оборудования межстанционной сети по технологии FTTB

В самом простом случае, если вы планируете использовать только доступ в Интернет, и только для одного компьютера, дополнительного оборудования не требуется. Кабель, который протянут вам в квартиру сотрудники, можно подключить непосредственно к сетевой карте вашего компьютера. Во всех остальных случаях потребуется установить в квартире как минимум одно устройство - коммутатор (роутер). В зависимости от ваших потребностей, роутер может быть разным. Вот самые распространенные случаи: 1. Вы планируете использовать подключение к двум компьютерам с помощью проводов. В таком случае вам

потребуется простейший роутер с 4 портами (например, D-Link DIR-100). На вход этого роутера будет подключен кабель. На выходе - до 4 кабелей к вашим компьютерам. 2. Вы планируете подключить Интернет и цифровое телевидение. С этой целью можно использовать всё тот же роутер с 4 портами. Только в данном случае к одному из его выходов будет подключена приставка STB ("ресивер"), к которой вы сможете подключить телевизор. Оба случая, рассмотренных выше, можно схематично изобразить следующим образом: 3. Вы планируете использовать беспроводной способ подключения. Для использования WiFi и избавления от лишних проводов, потребуется использовать более дорогой роутер с поддержкой WiFi. Кроме того, нужно убедиться, что ваш компьютер (или ноутбук) имеет WiFi-приёмник (почти все ноутбуки, выпущенные после 2008 года оснащены таким модулем; в 99% настольных компьютерах такого приёмника нет, и его придётся купить). Схема подключения в таком случае будет выглядеть так: Эти три случая - самые простые. Но стоит также помнить, что технология FTTB позволяет использовать IP-телефон, подключать к Интернету целые сети, а также использовать для просмотра цифрового телевидения компьютер (без STB-приставки) или несколько телевизоров. В каждом случае необходимо подбирать индивидуальный набор оборудования, который может сильно отличаться по составу и цене. В этой теме вы можете задавать свои вопросы касательно оборудования, необходимого для FTTB. В частности, роутеры D-Link DIR-100 и DIR-300, STB-приставку MAG 200.

Применение технологии SDH в технологии NGN.

Долгое время технология SDH доминировала в качестве основы построения цифровых первичных сетей, а позже стала основной технологией для магистральных сетей связи. Диапазон скоростей достиг 10 Гбит/с при высоком уровне надежности, управляемости, и гибкости. При переходе от традиционных цифровых сетей к NGN перед технологией SDH возникла задача существенного преобразования своей структуры, чтобы соответствовать требованиям времени. Сделать это оказалось непросто, так как изначально система SDH была ориентирована на коммутацию каналов в первичной сети и не была адаптирована к использованию ее в качестве системы передачи пакетного трафика. Для адаптации технологии SDH к новым требованиям NGN было разработано

несколько технологий: PoS, LAPS, ATM, GFP и другие. В демократичном мире NGN все технологии нашли свое место, хотя некоторые из них существенно снизили эффективность использования ресурсов SDH. Они образовали семейство систем SDH второго поколения, или технологию NGSDH. Таким образом, в результате многолетней работы проблемы адаптации были решены, и технология NGSDH стала одной из распространенных технологий транспортных сетей NGN. Глубокий анализ технологии NGSDH и происходящих в ней процессов был сделан автором в работе [2]. Здесь же рассмотрим несколько основных принципов, которые использованы в системах NGSDH. Первым техническим решением для адаптации технологии SDH к условиям передачи пакетного трафика стала процедура виртуальной конкатенации (VCAT) и формирования в системе NGSDH виртуальных коридоров произвольной пропускной способности. Как известно, трафик, передаваемый в системах SDH, упаковывается в контейнеры разной пропускной способности. Всего в современных сетях SDH используются три типа контейнеров (C-12, C-3 и C-4) для передачи потоков данных соответственно E1 (2 Мбит/с), E3 (8 Мбит/с) и E4 (140 Мбит/с). Такая пропускная способность не соответствует реалиям современных транспортных сетей NGN, в которых передаются более высокоскоростные потоки. Например, скорости передачи данных для некоторых технологий NGN представлены ниже. Технология Скорость передачи данных: Ethernet 10 Мбит/с Fast Ethernet 100 Мбит/с Gigabit Ethernet 1,25 Гбит/с Fibre Channel 1,06; 2,12; 10 Гбит/с ESCON 200 Мбайт/с, или 1,6 Мбит/с Для передачи подобных потоков данных в SDH был разработан механизм конкатенации, в соответствии с которым контейнеры C-4 могут передаваться по сети SDH в виде сцепки. Содержимое контейнеров в таком случае считается объединенным, что и формирует единый поток данных, который передается с высокой скоростью. В результате применения процедуры конкатенации на разных скоростях на выходе системы SDH появляются не только стандартные контейнеры C-12, C-3 и C-4, но также и конкатенированные контейнеры C-4-4с, C-4-16с, C-4-64с и C-4-256с. Буква «с» здесь обозначает метод последовательной конкатенации. Метод конкатенации позволил расширить скорость передачи данных от точки к точке сети SDH, формируя

определенный набор «виртуальных труб» фиксированного размера. Однако решение проблемы передачи высокоскоростного трафика в системах SDH в виде конкатенации имело один важный недостаток: оно существенно снижает КПД системы передачи. Например, формирование коридора для передачи трафика Gigabit Ethernet (1,05 Гбит/с) методами конкатенации требует использования контейнера VC-4-16с, что соответствует скорости 2,5 Гбит/с. Таким образом, ресурс системы SDH используется только на 42%. Эффективность использования ресурса SDH для других приложений также невысока (табл. 4.2). Такое положение вещей могло бы устроить операторов, если бы в технологии SDH не возникали проблемы с эффективностью использования ресурсов. Вспомним, что в системах SDH используется резервирование передаваемого потока 1:1. Это означает, что КПД систем SDH уже в самой идее составляет 50%. За счет использования заголовков, которые занимают место при передаче данных, КПД «классической» SDH становится еще меньше и достигает 42...45%. Если теперь уменьшить КПД за счет использования процедур конкатенации, то мы получим для рассмотренного выше случая технологии GE производительность системы 17,6%. Это даже ниже КПД первых паровозов. И конечно, верные своему инженерному призванию, разработчики технологии транспортных сетей не могли мириться с таким положением вещей. Решение было найдено в принципе виртуальной конкатенации (VCAT). Идея VCAT состоит в том, чтобы вместо прямого «склеивания» контейнеров использовать виртуальное «склеивание» (рис. 4.9). На окончательном мультиплексоре поток GE разбирается (splitting) и упаковывается (mapping)

Принципы построения сети беспроводного абонентского радиодоступа

Существует два различных принципа функционирования

WLL: радиопередача от пункта к пункту (радиорелейная связь); радиопередача от передатчика ко множеству приёмников, когда базовая станция обеспечивает приём на множество приёмников и используется несколько режимов передачи (каналов доступа) для обеспечения связи одновременно с несколькими радиоприёмниками. Связь строится по принципу от последней точки стационарной телефонной линии к первой точке новой зоны радиосвязи для подключения системы телефонной службы и/или услуг широкополосного

доступа в Интернет для абонентов беспроводной электросвязи. Существуют различные виды систем WLL и технологий: широкополосный беспроводной доступ (англ. broadband wireless access, сокр. BWA), радио в малой зоне (англ. radio in the loop, сокр. RITL), фиксированный радиодоступ (англ. fixed-radio access, сокр. FRA), фиксированный беспроводной доступ (англ. fixed wireless access, сокр. FWA).

Протокол IP

Internet Protocol (IP) — межсетевой протокол. Относится к маршрутизируемым протоколам сетевого уровня семейства TCP/IP. Именно IP стал тем протоколом, который объединил отдельные подсети во всемирную сеть Интернет. Неотъемлемой частью протокола является адресация сети. Свойства IP объединяет сегменты сети в единую сеть, обеспечивая доставку данных между любыми узлами сети. Он классифицируется как протокол третьего уровня по сетевой модели OSI. IP не гарантирует надёжной доставки пакета до адресата. В частности, пакеты могут прийти не в том порядке, в котором были отправлены, продублироваться (приходят две копии одного пакета), оказаться повреждёнными (обычно повреждённые пакеты уничтожаются) или не прийти вовсе. Гарантию безошибочной доставки пакетов дают некоторые протоколы более высокого уровня — транспортного уровня сетевой модели OSI, — например, TCP, которые используют IP в качестве транспорта. Версия 4 IPv4 В современной сети Интернет используется IP четвёртой версии, также известный как IPv4. В протоколе IP этой версии каждому узлу сети ставится в соответствие IP-адрес длиной 4 октета (4 байта). При этом компьютеры в подсетях объединяются общими начальными битами адреса. Количество этих бит, общее для данной подсети, называется маской подсети (ранее использовалось деление пространства адресов по классам — A, B, C; класс сети определялся диапазоном значений старшего октета и определял число адресуемых узлов в данной сети, сейчас используется бесклассовая адресация). Версия 6 IPv6 В настоящее время вводится в эксплуатацию шестая версия протокола — IPv6, которая позволяет адресовать значительно большее количество узлов, чем IPv4. Эта версия отличается повышенной разрядностью адреса, встроенной возможностью шифрования и некоторыми другими особенностями.

Переход с IPv4 на IPv6 связан с трудоёмкой работой операторов связи и производителей программного обеспечения и не может быть выполнен одновременно. На середину 2010 года в Интернете присутствовало более 3000 сетей, работающих по протоколу IPv6. Для сравнения, на то же время в адресном пространстве IPv4 присутствовало более 320 тысяч сетей, но в IPv6 сети гораздо более крупные, нежели в IPv4.

Понятие алгоритма. Одним из фундаментальных понятий в информатике является понятие алгоритма. Происхождение самого термина «алгоритм» связано с математикой. Это слово происходит от Algorithmi — латинского написания имени Мухаммеда аль-Хорезми. В своей книге "Об индийском счете" он сформулировал правила записи натуральных чисел с помощью арабских цифр и правила действий над ними столбиком. В дальнейшем алгоритмом стали называть точное предписание, определяющее последовательность действий, обеспечивающую получение требуемого результата из исходных данных. Алгоритм может быть предназначен для выполнения его человеком или автоматическим устройством. Создание алгоритма, пусть даже самого простого, — процесс творческий. Он доступен исключительно живым существам, а долгое время считалось, что только человеку. В XII в. был выполнен латинский перевод его математического трактата, из которого европейцы узнали о десятичной позиционной системе счисления и правилах арифметики многозначных чисел. Именно эти правила в то время называли алгоритмами. Данное выше определение алгоритма нельзя считать строгим — не вполне ясно, что такое «точное предписание» или «последовательность действий, обеспечивающая получение требуемого результата». Поэтому обычно формулируют несколько общих свойств алгоритмов, позволяющих отличать алгоритмы от других инструкций. Такими свойствами являются:

- **Дискретность** (прерывность, раздельность) — алгоритм должен представлять процесс решения задачи как последовательное выполнение простых (или ранее определенных) шагов. Каждое действие, предусмотренное алгоритмом, исполняется только после того, как закончилось исполнение предыдущего.

Определенность — каждое правило алгоритма должно быть четким, однозначным и не оставлять места для произвола. Благодаря этому свойству выполнение алгоритма носит механический характер и не требует никаких дополнительных указаний или сведений о решаемой задаче.

- **Результативность** (конечность) — алгоритм должен приводить к решению задачи за конечное число шагов.

Массовость — алгоритм решения задачи разрабатывается в общем виде, то есть, он должен быть применим для некоторого класса задач, различающихся только исходными данными. При этом исходные данные могут выбираться из некоторой области, которая называется областью применимости алгоритма. На основании этих свойств иногда дается определение алгоритма, например: "Алгоритм — это последовательность математических, логических или вместе взятых операций, отличающихся детерминированностью, массовостью, направленностью и приводящая к решению всех задач данного класса за конечное число шагов".

Понятие информации. Данные, информация и знание Термин данные происходит от слова data - факт, а информация (informatio) означает разъяснение, изложение, т.е. сведения или сообщение. **Данные** - это совокупность сведений, зафиксированных на определенном носителе в форме, пригодной для постоянного хранения, передачи и обработки. Преобразование и обработка данных позволяет получить информацию.

Информация - это результат преобразования и анализа данных. Отличие информации от данных состоит в том, что данные - это фиксированные сведения о событиях и явлениях, которые хранятся на определенных носителях, а информация появляется в результате обработки данных при решении конкретных задач. Например, в базах данных хранятся различные данные, а по определенному запросу система управления базой данных выдает требуемую информацию.

Существуют и другие определения информации, например, информация — это сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, свойствах и состоянии, которые уменьшают имеющуюся о них степень неопределенности, неполноты знаний. **Знания** — это зафиксированная и проверенная практикой обработанная информация, которая использовалась и

может многократно использоваться для принятия решений. Знания — это вид информации, которая хранится в базе знаний и отображает знания специалиста в конкретной предметной области. Формальные знания могут быть в виде документов (стандартов, нормативов), регламентирующих принятие решений или учебников, инструкций с описанием решения задач. Неформальные знания — это знания и опыт специалистов в определенной предметной области.

Полоса пропускания колебательного контура. Для каждого вида передачи (радиотелефония, радиотелеграфия, телевизионная передача и т. д.) частоты этих токов занимают определенную полосу. При радиовещании на средних волнах она составляет примерно 9 кгц, т. е. радиовещательный передатчик создает сложный ток, состоящий из нескольких токов, у которых наиболее высокая частота на 9 кгц больше наиболее низкой частоты. Например, для радиовещательного передатчика, работающего на частоте 173 кгц (лямбда = 1734 м), это будут частоты от 168,5 до 177,5 кгц. В случае служебной радиотелефонной связи полоса частот не больше 2 - 2,5 кгц, а для радиотелеграфной передачи она еще меньше. Зато при телевизионной передаче полоса частот расширяется до нескольких мегагерц. При воздействии на контур электродвижущих сил различной частоты наиболее сильные колебания получаются в случае, когда эде имеет резонансную частоту или частоту, близкую к ней. А при значительном отклонении частоты внешней эде от резонансного значения, т. е. когда контур расстроен относительно частоты внешней эде, амплитуда колебаний получается сравнительно малой. Можно сказать, что каждый контур хорошо пропускает колебания в пределах некоторой полосы частот, располагающейся по обе стороны от резонансной частоты. Ее называют полосой пропускания контура. Под **полосой пропускания контура** понимают ширину резонансной кривой, выраженную в герцах и определенную по уровню 0,7 от максимальной амплитуды колебаний

Понятие «мультимедийный трафик». компьютерные сети изначально предназначались для совместного доступа к ресурсам компьютеров: файлам, принтерам и т. п. Трафик, создаваемый этими традиционными службами компьютерных сетей, имеет свои особенности и существенно

отличается от трафика сообщений в телефонных сетях или, например, в сетях кабельного телевидения. Однако в 90-е годы в компьютерные сети проник трафик мультимедийных данных, представляющих в цифровой форме речь и видеоизображение. Компьютерные сети стали использоваться для организации видеоконференций, обучения на основе видеофильмов и т. п. Естественно, что для динамической передачи **мультимедийного трафика** требуются иные алгоритмы и протоколы, и, соответственно, другое оборудование. Хотя доля мультимедийного трафика пока невелика, он уже начал проникать как в глобальные, так и в локальные сети, и этот процесс, очевидно, будет активно продолжаться. Главной особенностью трафика, образующегося при динамической передаче голоса или изображения, является наличие жестких требований **ксинхронности** передаваемых сообщений. Для качественного воспроизведения непрерывных процессов, которыми являются звуковые колебания или изменения интенсивности света в видеоизображении, необходимо получение измеренных и закодированных амплитуд сигналов с той же частотой, с которой они были измерены на передающей стороне. При запаздывании сообщений будут наблюдаться искажения.

Понятие «широкополосный» доступ. **Широкополосный** или **высокоскоростной доступ** в **Интернет** означает **доступ в Интернет** с большой скоростью, в противоположность **коммутируемому доступу** с использованием **модема** и **телефонной сети общего пользования**. Если коммутируемый доступ имеет ограничение по **битрейту** порядка 56 **кбит/с** и полностью занимает телефонную линию, то широкополосные технологии обеспечивают во много раз большую скорость **обмена данными** и не монополизуют телефонную линию. Кроме высокой скорости, широкополосный доступ обеспечивает непрерывное подключение к Интернету (без необходимости установления коммутируемого соединения) и так называемую «двустороннюю» связь, то есть возможность как принимать («загружать»), так и передавать («выгружать») информацию на высоких скоростях. Широкополосный доступ не только обеспечивает богатство информационного наполнения

(«контента») и услуг, но и преобразует весь Интернет как в плане предлагаемого сетью сервиса, так и в плане её использования. Выделяют **мобильный широкополосный доступ** (мобильный ШПД) и **фиксированный широкополосный доступ**. Фиксированный ШПД строится на основе проводных соединений. В то время как мобильный ШПД включает в себя передачу данных по беспроводным соединениям.

Понятия «Энергетический уровень», «квант», «фотон».

Фотон (от др.-греч. φῶς, род. пад. φωτός, «свет») — **элементарная частица, квант электромагнитного излучения** (в узком смысле — **света**). Это **бесмассовая частица**, способная существовать только двигаясь со **скоростью света**. **Электрический заряд** фотона также **равен нулю**. Фотон может находиться только в двух спиновых состояниях с проекцией **спина** на направление движения (**спиральностью**) ± 1 . Этому свойству в **классической электродинамике** соответствует круговая правая и левая **поляризация электромагнитной волны**. Фотону как квантовой частице свойственен **корпускулярно-волновой дуализм**, он проявляет одновременно свойства частицы и **волны**. Фотоны обозначаются буквой γ , поэтому их часто называют **гамма-квантами** (особенно фотоны высоких **энергий**); эти термины практически **синонимичны**.

Энергетический уровень — собственные значения **энергии квантовых систем**, то есть систем, состоящих из микрочастиц (**электронов, протонов** и других **элементарных частиц**) и подчиняющихся законам **квантовой механики**. Каждый уровень характеризуется определённым **состоянием системы**, или подмножеством таковых в случае **вырождения**. Понятие применимо **к атомам** (электронные уровни), **молекулам** (различные уровни, соответствующие колебаниям и вращениям), **атомным ядрам** (внутриядерные энергетические уровни) и т.д.

Квант (от лат. quantum — «сколько») — неделимая порция какой-либо величины в **физике**. В основе понятия лежит представление **квантовой механики** о том, что некоторые физические величины **могут принимать только определённые значения** (говорят, что физическая величина **квантуется**). В

некоторых важных частных случаях эта величина или шаг её изменения могут быть только целыми кратными некоторого фундаментального значения — и последнее называют *квантом*.

Понятия «ЭВМ», «компьютер» и их возможности.

Компьютер — устройство или система, способная выполнять заданную, чётко определённую последовательность операций. Это чаще всего операции численных расчётов и манипулирования данными, однако сюда относятся и операции ввода-вывода. Описание последовательности операций называется программой.¹ **Электронная вычислительная машина, ЭВМ** — комплекс технических средств, предназначенных для автоматической обработки информации в процессе решения вычислительных и информационных задач. Современные компьютеры используют весь спектр конструкторских решений, разработанных за всё время развития вычислительной техники. Эти решения, как правило, не зависят от физической реализации компьютеров, а сами являются основой, на которую опираются разработчик. Современные суперкомпьютеры используются для компьютерного моделирования сложных физических, биологических, метеорологических и других процессов и решения прикладных задач. Например, для моделирования ядерных реакций или климатических изменений. Некоторые проекты проводятся при помощи распределённых вычислений, когда большое число относительно слабых компьютеров одновременно работает над небольшими частями общей задачи, формируя таким образом очень мощный компьютер. Наиболее сложным и слабо развитым применением компьютеров является искусственный интеллект — применение компьютеров для решения таких задач, где нет чётко определённого более или менее простого алгоритма. Примеры таких задач — игры, машинный перевод текста, экспертные системы.

2) **Понятие качества QoS.** QoS (англ. Quality of Service — качество обслуживания) — этим термином в области компьютерных сетей называют вероятность того, что сеть связи соответствует заданному соглашению о трафике, или же, в ряде случаев, неформальное обозначение вероятности прохождения пакета между двумя точками сети.

Для большинства случаев качество связи определяется четырьмя параметрами:

- Полоса пропускания (*Bandwidth*), описывает номинальную пропускную способность среды передачи информации, определяет ширину канала. Измеряется в bit/s (bps), kbit/s (Kbps), Mbit/s (Mbps), Gbit/s (Gbps).
- Задержка при передаче пакета (*Delay*), измеряется в миллисекундах.
- Колебания (дрожание) задержки при передаче пакетов — джиттер.
- Потеря пакетов (*Packet loss*). Определяет количество пакетов, потерянных в сети во время передачи.

Почему нельзя организовать DSL на абонентской линии, имеющей удлинительные катушки?

Удлинительные катушки — это *катушки индуктивности*, которые последовательно подключаются к телефонной линии, чтобы скомпенсировать параллельно подключенное к линии емкостное сопротивление. Они как бы "удлиняют" абонентскую линию связи для передачи голосовых сигналов. Удлинительные катушки помогают усилить частоты в верхнем конце речевого диапазона за счет частот выше 3,6 кГц. На частотах DSL удлинительные катушки ведут себя как разомкнутая цепь, не давая пройти сигналам с соответствующей частотой. Удлинительные катушки в схемах DSL мешают **установить DSL-соединение**.

Пояснить вид модуляции несущей. Модуляция (лат. modulatio — размеренность, ритмичность) — процесс изменения одного или нескольких параметров высокочастотного несущего колебания по закону низкочастотного информационного сигнала (сообщения). Передаваемая информация заложена в управляющем (модулирующем) сигнале, а роль переносчика информации выполняет высокочастотное колебание, называемое несущим. Модуляция, таким образом, представляет собой процесс «посадки» информационного колебания на заведомо известную несущую. В результате модуляции спектр низкочастотного управляющего сигнала переносится в область высоких частот. Это позволяет при организации вещания настроить функционирование всех приёмопередающих устройств на разных частотах с тем, чтобы они «не мешали»

друг другу. В качестве несущего могут быть использованы колебания различной формы (прямоугольные, треугольные и т. д.), однако чаще всего применяются гармонические колебания. В зависимости от того, какой из параметров несущего колебания изменяется, различают вид модуляции (амплитудная, частотная, фазовая и др.

Пояснить особенности внедрения технологии ADSL. В последние годы рост объемов передачи информации привел к тому, что наблюдается дефицит пропускной способности каналов доступа к существующим сетям. Если на корпоративных уровнях эта проблема частично решается (арендой высокоскоростных каналов передачи), то в квартирном секторе, и в секторе малого бизнеса эти проблемы существуют.

На сегодняшний день основным способом взаимодействия конечных пользователей с частными сетями и сетями общего пользования является доступ с использованием телефонной линии и модемов, устройств, обеспечивающих передачу цифровой информации по абонентским аналоговым телефонным линиям. Скорость такой связи невелика, максимальная скорость может достигать 56 Кбит/с. Этого пока хватает для доступа в Интернет, однако насыщение страниц графикой и видео, большие объемы электронной почты и документов в ближайшее время снова поставит вопрос о путях дальнейшего увеличения пропускной способности.

Наиболее перспективной в настоящее время является технология ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line). Это новая модемная технология, превращающая стандартные абонентские телефонные аналоговые линии в линии высокоскоростного доступа. Технология ADSL позволяет передавать информацию к абоненту со скоростью до 6 Мбит/с. В обратном направлении используется скорость до 640 Кбит/с. Это связано с тем, что все современный спектр сетевых услуг предполагает весьма незначительную скорость передачи от абонента. Например, для получения видеофильмов в формате MPEG-1 необходима полоса пропускания 1,5 Мбит/с. Для служебной информации передаваемой от абонента, вполне достаточно 64-128 Кбит/с

Поясните комбинированную TDMA/FDMA схему организации каналов и принцип использования медленных скачков по частоте В стандарте GSM используется узкополосный многостанционный

доступ с временным разделением каналов (NB TDMA). В структуре TDMA кадра содержится 8 временных позиций на каждой из 124 несущих.

Для защиты от ошибок в радиоканалах при передаче информационных сообщений применяется блочное и сверточное кодирование с перемежением. Повышение эффективности кодирования и перемежения при малой скорости перемещения подвижных станций достигается медленным переключением рабочих частот (SFH) в процессе сеанса связи со скоростью 217 скачков в секунду.

Для борьбы с интерференционными замираниями принимаемых сигналов, вызванными многолучевым распространением радиоволн в условиях города, в аппаратуре связи используются эквалайзеры, обеспечивающие выравнивание импульсных сигналов со среднеквадратическим отклонением времени задержки до 16 мкс

Система синхронизации рассчитана на компенсацию абсолютного времени задержки сигналов до 233 мкс, что соответствует максимальной дальности связи или максимальному радиусу ячейки (соты) 35 км.

В стандарте GSM выбрана Гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK). Обработка речи осуществляется в рамках принятой системы прерывистой передачи речи (DTX), которая обеспечивает включение передатчика только при наличии речевого сигнала и отключение передатчика в паузах и в конце разговора. В качестве речепреобразующего устройства выбран речевой кодек с регулярным импульсным возбуждением, долговременным предсказанием и линейным предикативным кодированием с предсказанием (RPE/LTR-LTP-кодек). Общая скорость преобразования речевого сигнала - 13 кбит/с.

В стандарте GSM достигается высокая степень безопасности передачи сообщений осуществляется шифрованием сообщений по алгоритму шифрования с открытым ключом (RSA) В целом система связи, действующая в стандарте GSM, рассчитана на ее использование в различных сферах. Она предоставляет пользователям широкий диапазон услуг и возможность применять разнообразное оборудование для передачи речевых сообщений и данных, вызывных и аварийных сигналов; подключаться к телефонным сетям общего пользования (PSTN), сетям передачи данных (PDN) и

цифровым сетям с интеграцией служб (ISDN)

Примеры применения прямого и обратного пьезоэффектов?

Прямой пьезоэффект используется: в [пьезозажигалках](#), для получения высокого напряжения на разряднике; в [датчиках](#) в качестве чувствительного к силе элемента (чем больше сила, тем выше напряжение на контактах); в качестве чувствительного элемента в [микрофонах](#); в контактном пьезоэлектрическом взрывателе (например к выстрелам [РПГ-7](#)).

Обратный пьезоэлектрический эффект используется: в пьезоизлучателях (эффективны на высоких частотах и имеют небольшие габариты, такие например устанавливаются в музыкальные открытки), [ультразвуковых](#) излучателях ; в системах сверхточного позиционирования, например в системе позиционирования иглы в [сканирующем туннельном микроскопе](#) или позиционер перемещения головки жёсткого диска^[2]; для подачи чернил в широкоформатных принтерах, печатающих на [сольвентных](#) чернилах и чернилах с ультрафиолетовым отверждением; в [пьезоэлектрических двигателях](#); в [адаптивной оптике](#), для изгиба отражающей поверхности деформируемого зеркала.

Прямой и обратный эффект используется: в [кварцевых резонаторах](#), используемых как эталон частоты; в [пьезотрансформаторах](#) для изменения напряжения высокой частоты.

Принцип широкополосной передачи, стандарт CDMA.Code Division Multiple Access -

множественный доступ с кодовым разделением. В CDMA системах каждый голосовой поток отмечен своим уникальным кодом и передается на одном канале одновременно со многими другими кодированными голосовыми потоками. Принимающая сторона использует тот же код для выделения сигнала из шума. Единственное отличие между множественными голосовыми потоками это уникальный код. Канал, как правило, очень широк и каждый голосовой поток занимает целиком всю ширину диапазона. Эта система использует наборы каналов шириной 1.23МГц. Голос кодируется на скорости 8.55кбит/с, но определение голосовой активности и различные скорости кодирования могут урезать поток данных до 1200бит/с. В системах CDMA могут устанавливаться очень прочные и защищенные соединения, несмотря на

экстремально низкую величину мощности сигнала, теоретически - сигнал может быть слабее, чем уровень шума

Принцип преобразования частоты.

Преобразователь частоты — радиоэлектронное устройство для преобразования электрического (электромагнитного) сигнала путём переноса его спектра на некоторый интервал по оси [частот](#) Преобразователь частоты применяется, главным образом, в [супергетеродинных радиоприёмниках](#), а также в различных [радиоизмерительных приборах](#) —

селективных [вольтметрах](#), [анализаторах спектра](#), [модулометрах](#) и [девиометрах](#), установках для измерения [ослаблений](#). Его применение в этих случаях позволяет снизить рабочую частоту основного тракта усиления и селекции сигнала (тракта ПЧ), также сделать этот тракт перестраиваемым, то есть, для настройки радиоприёмника на разные несущие частоты изменяется частота [гетеродина](#) преобразователя, несущая частота выходного сигнала, называемая промежуточной частотой (ПЧ), остаётся неизменной. Кроме выработки сигнала ПЧ преобразователь может использоваться и в других случаях, например, [ультразвуковых линиях задержки](#) электромагнитного СВЧ-сигнала

Принцип работы фотоэлементов.

Бытовые солнечные батареи и солнечные батареи, входящие в состав гелиопарков, состоят из фотоэлементов. Принцип работы фотоэлемента заключается в так называемом фотогальваническом эффекте. Фотогальванический эффект впервые был зафиксирован и открыт Александром Эдмондом Беккерелем в 1839 году. В работах выдающегося физика Альберта Эйнштейна дано количественное описание фотогальванического эффекта. Эксперименты Беккереля показали, что световую энергию солнца можно преобразовать в электрический ток. Преобразование света в электричество осуществляется при помощи фотоэлементов, состоящих из полупроводников. С точки зрения эффективности, применение фотоэлементов позволяет получить одноступенчатый процесс преобразования одного вида энергии в другой. Именно наличие всего одной ступеньки сводит потери к минимуму, в отличие, например, от цикла с нагревом воды, получением пара, механического

вращения турбины и получения электричества

Принципы при разработке стандартов для компьютерных сетей. Частотный принцип основан на выделении в алгоритмах и данных особых групп по частоте использования. Для действий, наиболее часто встречающихся при работе программ, создаются условия их быстрого выполнения. К часто используемым данным обеспечивается наиболее быстрый доступ. «Частые» операции стараются делать более короткими. Принцип модульности. Под модулем в данном контексте понимают функциональный элемент рассматриваемой системы, имеющий оформление, законченное и выполненное в пределах требований системы, и средства сопряжения с подобными элементами или элементами более высокого уровня данной или другой системы. Способы обособления составных частей программ в отдельные модули могут различаться существенно. В значительной степени разделение системы на модули определяется используемым методом проектирования программ. Принцип функциональной избирательности. Этот принцип является логическим продолжением частотного и модульного принципов и используется при проектировании программ. В программах выделяется некоторая часть важных модулей, которые постоянно должны быть в состоянии готовности для эффективной организации вычислительного процесса. Эту часть в программах называют ядром или монитором. Принцип генерируемости. Основное положение этого принципа определяет такой способ исходного представления программы, который бы позволял осуществлять настройку на конкретную конфигурацию технических средств, круг решаемых проблем, условия работы пользователя. Принцип функциональной избирательности. Принцип «по умолчанию». Применяется для облегчения организации связей с системой как на стадии генерации, так и при работе с уже готовыми программами. Принцип основан на хранении в системе некоторых базовых описаний структур, модулей, конфигураций оборудования и данных, определяющих условия работы с программой.

Понятие топология сети. Топология – это физическая конфигурация сети в совокупности с ее логическими характеристиками. Топология – это

стандартный термин, который используется при описании основной компоновки сети. Если понять, как используются различные топологии, то можно будет определить, какими возможностями обладают различные типы сетей. Существует два основных типа топологий: физическая и логическая. Логическая топология описывает правила взаимодействия сетевых станций при передаче данных. Физическая топология определяет способ соединения носителей данных. Термин "топология сети" характеризует физическое расположение компьютеров, кабелей и других компонентов сети. Топология сети обуславливает ее характеристики. Выбор той или иной топологии влияет на: состав необходимого сетевого оборудования, характеристики сетевого оборудования, возможности расширения сети, способ управления сетью

Понятия «модуль», «протокол», «интерфейс». Интерфейс – совокупность средств, методов и правил взаимодействия (управления, контроля и т. д.) между элементами системы. Этот термин используется во многих областях науки и техники. Под интерфейсом понимают не только устройства, но и правила взаимодействия этих устройств. Протокол (protocol) – стандарт, определяющий поведение функциональных блоков при передаче данных. Протокол задается набором правил взаимодействия функциональных блоков, расположенных на одном уровне; реализуется одной либо группой программ; описывает синтаксис сообщения, имена элементов данных, операции управления и состояния. В основе сети Интернет лежит протокол TCP/IP. Этот протокол обеспечивает существование различных подсистем сети Интернет и соответствующих им протоколов. Наиболее известными подсистемами (протоколами) являются: HTTP, SMTP, POP, IMAP, FTP. Понятие модуль (от лат. *modulus* – «маленькая мера») в общем означает составную часть, отделимую или хотя бы мысленно выделяемую из общего. Модульной обычно называют вещь, состоящую из четко выраженных частей, которые нередко можно убирать или добавлять, не разрушая вещь в целом.

Понятие совместимость и интеграция при работе сетей. Интеграция представляет собой самый корректный способ обеспечения

совместной работы элементов системы. Например, если рассмотреть ПО для ПК, то под интегрированным понимается такое решение, которое не только делает возможным взаимодействие нескольких программных продуктов в их текущем состоянии, но и обеспечивает совместимость с предыдущими и последующими версиями каждого продукта. Совместимость, наоборот, отражает более кратковременную форму функционального взаимодействия между различными продуктами. В их текущем состоянии совместимые системы успешно взаимодействуют друг с другом, но после обновления любого из продуктов зачастую это становится невозможно. Проще говоря, совместимые системы успешно взаимодействуют сейчас, а интегрированные – всегда.

Понятие интерфейса.

Интерфейс (от [англ. interface](#) — поверхность раздела, перегородка) — совокупность средств, методов и правил взаимодействия (управления, контроля и т. д.) между элементами системы. Этот термин используется во многих областях науки и техники. Его значение относится к любому сопряжению взаимодействующих сущностей (как естественных, так аппаратных и человеко-машинных). Под интерфейсом понимают не только устройства, но и правила взаимодействия этих устройств. Интерфейсы являются основой взаимодействия всех современных информационных систем. Если интерфейс какого-либо объекта (персонального компьютера, программы, функции) не изменяется (стабилен, стандартизирован), это даёт возможность модифицировать сам объект, не перестраивая принципы его взаимодействия с другими объектами (например, научившись работать с одной программой под Windows, пользователь с легкостью освоит и другие — потому, что они имеют одинаковый интерфейс).

Процедуры аутентификации и идентификации. Основой любых систем защиты информационных систем являются идентификация и аутентификация, так как все механизмы защиты информации рассчитаны на работу с поименованными субъектами и объектами. Присвоение субъектам и объектам доступа личного идентификатора и сравнение его с заданным перечнем называется идентификацией. Идентификация обеспечивает выполнение следующих

функций: установление подлинности и определение полномочий субъекта при его допуске в систему, контролирование установленных полномочий в процессе сеанса работы; регистрация действий и др. Аутентификацией (установлением подлинности) называется проверка принадлежности субъекту доступа предъявленного им идентификатора и подтверждение его подлинности. Другими словами, аутентификация заключается в проверке: является ли подключающийся субъект тем, за кого он себя выдает. По контролируемому компоненту системы способы аутентификации можно разделить на аутентификацию партнеров по общению и аутентификацию источника данных. Аутентификация партнеров по общению используется при установлении (и периодической проверке) соединения во время сеанса. Она служит для предотвращения таких угроз, как маскарад и повтор предыдущего сеанса связи. Аутентификация источника данных — это подтверждение подлинности источника отдельной порции данных.

Проблема « последней мили ». Последняя миля — канал, соединяющий конечное (клиентское) оборудование с узлом доступа провайдера (оператора связи). Например, при предоставлении услуги подключения к сети Интернет последняя миля — участок от порта коммутатора провайдера на его узле связи до порта маршрутизатора клиента в его офисе. Для услуг коммутируемого (dial-up, диалупного) подключения последняя миля — это участок между модемом пользователя и модемом (модемным пулом) провайдера. В последнюю милю обычно не включается разводка проводов внутри здания. Термин используется в основном специалистами из отрасли связи. Проблема последней мили всегда была актуальной задачей для связистов. К настоящему времени появилось множество технологий последней мили, и перед любым оператором связи стоит задача выбора технологии, оптимально решающей задачу доставки любого вида трафика своим абонентам. Универсального решения этой задачи не существует, у каждой технологии есть своя область применения, свои преимущества и недостатки. На выбор того или иного технологического решения влияет ряд факторов, в том числе: стратегия оператора, целевая аудитория, предлагаемые в настоящее время и планируемые к предоставлению услуги, размер инвестиций в развитие

сети и срок их окупаемости. Каждому из этих факторов можно присвоить свой вес в зависимости от важности, и выбор той или иной технологии принимается с учетом всей их совокупности. Есть специализированные компании и подразделения крупных компаний связи, которые занимаются исключительно построением последней мили.

Применение приборов с зарядовой связью.

Приборы с зарядовой связью (ПЗС) относятся к классу твердотельных полупроводниковых приемников. Первыми приемниками такого типа были фотодиоды и уже на заре своего появления они позволили сделать гигантский скачок в области регистрации световых потоков и изображений. Достаточно упомянуть в качестве примера удачную регистрацию с помощью фотодиода явления солнечного затмения, наблюдавшегося берлинскими учеными в Египте в 1911 году. С тех пор прошло много времени, фотодиоды совершенствовались, но их основной недостаток — одноканальность, все же не позволил им найти широкого применения. Благодаря применению новейших высокоточных технологий в изготовлении ПЗС, эти приемники излучения в настоящее время стали доминирующими в телевизионных системах и вывели их на принципиально новый уровень, существенно расширив функциональные возможности ПЗС и сделав доступными по себестоимости для широкого применения.

Протоколы и примитивы в модели OSI.

OSI предлагает услуги сетевого уровня как без установления соединения, так и ориентированные на установления логического соединения. Услуги без установления соединения описаны в ISO 8473 (обычно называемом *Connectionless Network Protocol* - *CLNP* - Протокол сети без установления соединения). Обслуживание, ориентированное на установление логического соединения (иногда называемое *Connection-Oriented Network Service* - *CONS*) описывается в ISO 8208 (*X.25 Packet-Level Protocol* - Протокол пакетного уровня X.25, иногда называемый *Connection-Mode Network Protocol* - *CMNP*) и ISO 8878 (в котором описывается, как пользоваться ISO 8208, чтобы обеспечить ориентированные на установление логического соединения услуги OSI). Дополнительный документ ISO 8881 описывает, как обеспечить работу Протокола пакетного уровня X.25 в локальных сетях IEEE 802. OSI также

определяет несколько протоколов маршрутизации, ".В дополнение к уже упоминавшимся спецификациям протоколов и услуг, имеются другие документы, связанные с сетевым уровнем OSI, в число которых входят: *ISO 8648* - На этот документ обычно ссылаются как на "внутреннюю организацию сетевого уровня" (*internal organization of the network level* - *IONL*). Он описывает, каким образом можно разбить сетевой уровень на три отдельных различимых друг от друга подуровня, чтобы обеспечить поддержку для различных типов подсетей *ISO 8348* - Этот документ обычно называют "определение услуг сети" (*network service definition*). Он описывает ориентированные на установление логического соединения услуги и услуги без установления соединения, которые обеспечивает сетевой уровень OSI. Адресация сетевого уровня также определена в этом документе. Определение услуг в режиме без установления соединения и определение адресации раньше были опубликованы отдельным дополнением к ISO 8348; однако вариант ISO 8348 1993 года объединяет все дополнения в отдельный документ. *ISO TR 9575* - Этот документ описывает структуру, концепции и терминологию, использованную в протоколах маршрутизации. *ISO TR 957 7*- Этот документ описывает, как отличать друг от друга большое число протоколов сетевого уровня, работающих в одной и той же среде. Это необходимо потому, что в отличие от других протоколов, протоколы сетевого уровня OSI не различаются с помощью какого-либо идентификатора (ID) протокола или аналогичного поля канального уровня.

Протокол SLIP. Протокол SLIP — это простейший способ инкапсуляции IP-дейтограмм для последовательных каналов связи. Этот протокол стал популярным благодаря возможностям подключения домашних персональных машин к сети Интернет через порт RS-232, который соединен с модемом. IP-дейтограмма в случае SLIP должна завершаться специальным символом 0xC0 называемым конец. Во многих реализациях дейтограмма и начинается с этого символа. Если какой-то байт дейтограммы равен символу конец, то вместо него передается двухбайтовая последовательность 0xDB, 0xDC. Октет 0xDB выполняет в SLIP функцию ESC-символа. Если же байт дейтограммы равен 0xDB, то вместо него передается последовательность 0xDB, 0xDD. Использование протокола SLIP предполагает выполнение ряда условий:

1. Каждый партнер обмена должен знать IP-адрес своего адресата, так как не существует метода обмена такого рода информацией.
2. SLIP в отличие от Ethernet не использует контрольных сумм, поэтому обнаружение и коррекция ошибок целиком ложится на программное обеспечение верхних уровней.
3. Так как кадр SLIP не имеет поля тип, его нельзя использовать, в отличие от кадров Ethernet, для реализации других протоколов методом инкапсуляции.

Протокол PPP. Протокол "точка-точка" (PPP) — набор стандартных протоколов, обеспечивающих взаимодействие программного обеспечения удаленного доступа от различных поставщиков. При помощи подключения с поддержкой PPP можно производить подключения к удаленным сетям через любой сервер PPP, поддерживающий этот промышленный стандарт. PPP также позволяет компьютеру, на котором функционирует служба удаленного доступа Windows 2000 Server, принимать запросы и обеспечивать доступ к сети клиентам с программным обеспечением удаленного доступа третьих фирм, соответствующим стандартам PPP.

Стандарты PPP также открывают дополнительные возможности, недоступные при более старых стандартах, например SLIP. PPP поддерживает несколько методов аутентификации, сжатие и шифрование данных. Большинство реализаций PPP позволяет полностью автоматизировать последовательность входа в систему. PPP также поддерживает несколько сетевых протоколов, в качестве которых могут выступать TCP/IP, IPX или NetBEUI.

PPP — основа для протоколов PPTP и L2TP, которые используются в VPN-соединениях. PPP — эталон для большинства приложений удаленного доступа

Протокол SIP. SIP ([англ. Session Initiation Protocol](#)) — протокол установления сеанса) — [протокол передачи данных](#), который описывает способ установления и завершения пользовательского интернет-сеанса, включающего обмен [мультимедийным](#) содержимым ([видео- и аудиоконференция](#), [мгновенные сообщения](#), [онлайн-игры](#)). В [модели взаимодействия открытых систем](#) SIP является [сетевым протоколом прикладного уровня](#).

Протокол описывает, каким образом клиентское приложение (например, [софтфон](#)) может запросить начало соединения у другого, возможно, физически удаленного клиента, находящегося в той же сети, используя его уникальное имя. Протокол определяет способ согласования между клиентами об открытии каналов обмена на основе других протоколов, которые могут использоваться для непосредственной передачи информации (например, [RTP](#)). Допускается добавление или удаление таких каналов в течение установленного сеанса, а также подключение и отключение дополнительных клиентов (то есть допускается участие в обмене более двух сторон — конференц-связь). Протокол также определяет порядок завершения сеанса.

Префиксным называют код, для которого никакое более короткое слово не является началом другого более длинного слова кода. Префиксные коды всегда однозначно декодируемы. Введем понятие кодового дерева для множества кодовых слов.

Наглядное графическое изображение множества кодовых слов можно получить, установив соответствие между сообщениями и концевыми узлами двоичного дерева. Пример двоичного кодового дерева изображен на рисунке 4.4.

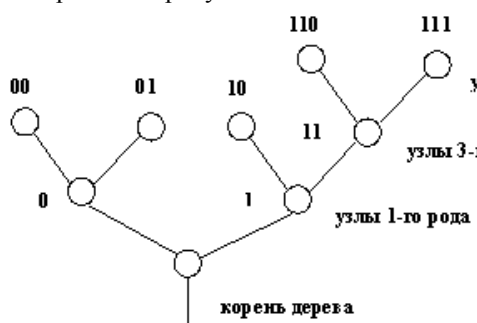


Рисунок 4.4 - Двоичное кодовое дерево. Две ветви, идущие от корня дерева к узлам первого порядка, соответствуют выбору между "0" и "1" в качестве первого символа кодового слова: левая ветвь соответствует "0", а правая - "1" и т.д. Последовательность символов каждого кодового слова определяет необходимые правила продвижения от корня дерева до концевого узла, соответствующего рассматриваемому сообщению.

на поверхности носителя записи. В результате записанное построчно изображение — копия переданного. Совокупность устройств, осуществляющих эти преобразования, объединяется в группу синтезирующих устройств

Какое бы изображение ни передавалось по каналу связи, сигнал на выходе фотоэлектрического преобразователя является аналоговым, т.е. непрерывным по уровню и времени видеосигналом. В аналоговых аппаратах факсимильной связи (аппараты группы 1 и 2) этот сигнал после усиления переносится в область высоких частот и непосредственно передается в линию связи

В цифровых факсимильных системах аналоговый сигнал подвергается квантованию, дискретизации по времени и кодированию. После этих преобразований цифровой сигнал по своей структуре ничем не отличается от аналогичных сигналов систем передачи данных. Современные факсимильные аппараты — как правило, цифровые

Префиксные коды.

Префиксный код в [теории кодирования](#) — [код](#) со словом переменной длины, имеющий такое свойство (выполнение [условия Фано](#)): если в код входит слово a , то для любой непустой строки b слова ab в коде не существует. Хотя префиксный код состоит из слов разной длины, эти слова можно записывать без разделительного символа.

Так называемые «префиксы» могут быть получены путём последовательного отбрасывания последнего знака кодовой комбинации. Например, для кодовой комбинации 11101101 префиксами будут 11101101, 1110110, 111011, 11101, 1110, 111, 11, 1.

Если промежутков или других знаков комбинациями нет, то для однозначного декодирования комбинации 111011101 ни одна из кодовых комбинаций не может быть представлена перечисленными вариантами (префиксами). Код называется префиксным, если ни одна из его комбинаций не является префиксом другой комбинации того же кода. Часть кодовой комбинации, которая дополняет префикс до самой комбинации, называется суффиксом. Префиксные коды наглядно могут быть представлены с помощью кодовых деревьев. Если ни один узел кодового дерева не является вершиной данного кода, то он обладает свойствами префикса. Узлы дерева, которые не соединяются с другими, называются конечными. Комбинации, которые им соответствуют, являются кодовыми комбинациями префиксного кода.

Представьте многочлен $x^{10}+x^7+x^6+x^4+x^3+x^2+1$ в виде кодовой комбинации.
10011011101

Представьте **многочлен**
 $x^{13}+x^{11}+x^8+x^7+x^3+1$ в виде кодовой
комбинации.

10100110001001

Перерывы в передаче сигнала.

Снижение уровня более чем 17,4 дБ ниже номинального, называется **перерывом**. При перерыве уровень падает ниже порога чувствительности приемника и прием сигналов фактически прекращается. Перерывы длительностью меньше 300мс принято называть кратковременными, больше 300 мс- длительными. Импульсные помехи и перерывы являются основной причиной появления ошибок при передаче дискретных сообщений по проводным каналам связи.

Представьте **многочлен**
 $x^{10}+x^9+x^6+x^3+x^2+x$ в виде кодовой
комбинации.

11001001110

Принципы соединения узлов
централизованных сетей.

Содержания одноранговой сети при достижении порога в 8-10 единиц техники становится менее эффективно и более затратно: для добавления учетных записей, установки программ, настройки политики безопасности - требуется обходить все компьютеры и вручную вводить все данные.

Наиболее верное решение при постоянном увеличении количества используемой техники в организации - это перевод ИТ-структуры на централизованную основу.

В централизованной сети (с доменом windows Active Directory, LDAP) более 90 % настройки и конфигурирования можно произвести на сервере, который применит все действия и изменения на рабочих станциях настроенных на работу с ним на работу автоматически. Прямое присутствие специалиста не требуется, все может быть сделано им удаленно.

Централизация выгодна организациям, обслуживающие которых осуществляют аутсорсинговые компании.

Представьте **многочлен**
 $x^{13}+x^{12}+x^8+x^7+x^5+x$ в виде кодовой
комбинации.

11000110100010

Представьте **многочлен**
 $x^{12}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x+1$ в виде кодовой
комбинации.

1010110100011

Принцип факсимильной передачи
графической информации.

Принципы факсимильной передачи сообщений

Передаваемое изображение — оригинал — разбивается на элементарные площадки. Яркость этих площадок при отражении (или пропускании)

падающего на них светового потока преобразуется в электрические импульсы, которые в определенной последовательности передаются по каналу связи. На приеме эти электрические сигналы в той же последовательности преобразуются в соответствующие элементы

изображения на каком-либо носителе записи. В результате получается копия изображения (факсимиле)

Любое изображение можно рассматривать как совокупность большого числа элементов, способных в различной степени отражать падающий на них свет. Образование элементарных площадок (растр-элементов)

происходит за счет перемещения по поверхности изображения светового луча, создаваемого светооптической системой. Процесс перемещения луча называется разверткой, в результате действия которой изображение разбивается на строки. Отраженный световой поток попадает на фотоэлектрический преобразователь, выходной электрический сигнал которого повторяет форму входного светового сигнала. Узлы передающей аппаратуры, обеспечивающие развертку изображения и фотоэлектрическое преобразование, объединяются в группу анализирующих устройств

В приемном аппарате осуществляется обратное преобразование переданных электрических сигналов в той же последовательности, что и на передаче. Соответствующие электрические (или преобразованные световые) сигналы вызывают окрашивание элементарных площадок

Применение **технологии**

VDSL. VDSL технология (Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line) - стандарт сверхвысокоскоростной цифровой абонентской линии. VDSL модемы поддерживает скорость передачи данных до 52 Мбит/с по направлению к пользователю и до 1,5 Мбит по направлению от пользователя при небольшом расстоянии передачи (от 300 до 1300 метров). Технология, как и ADSL, является асимметричной. Но, в отличие от чисто асимметричной технологии ADSL, VDSL позволяет работать и в синхронном режиме. Это качество технологии позволило применить такое решение, как **Ethernet-over-VDSL (EoVDSL)**. Модемы EoVDSL позволяют преобразовывать сигналы стандартного Ethernet в VDSL и обеспечивают Ethernet сервис на большие расстояния, используя в качестве транспортной среды VDSL. Производители оборудования выпускают VDSL модемы, работающие в синхронном режиме на скоростях 10

(11, 13, 15) Мбит/с на расстояниях до 1300 (1500) метров. VDSL модемы, как и модемы, использующие технологии ADSL и HPNA, могут работать по существующим телефонным линиям, при этом не мешая обычной передаче телефонных сообщений.

Пробивное **напряжение** **при**
туннельном **эффекте.**

Туннельный пробой объясняется весьма интересным явлением туннельного эффекта. Сущность его состоит в том, что при достаточно сильном поле с напряженностью более 105В/см, действующем в р-з-переходе малой толщины, некоторые электроны проникают через переход без изменения своей энергии. Тонкие переходы, в которых возможен туннельный эффект, получаются при высокой концентрации примесей. Пробивное напряжение, соответствующее туннельному пробое, обычно не превышает единиц вольт.

Р

Радио **удлинители.** **Типы,**
применение.

Радиоудлинитель телефонной линии - комплекс оборудования для телефонизации удаленных объектов (чаще всего стационарных) с использованием радиотелефонной связи. Обычно это объекты к которым прокладка проводной линии связи невозможна (по техническим или другим причинам), либо экономически нецелесообразна, а применение сотового телефона обходится слишком дорого. Через радиоудлинители можно подключать стационарные телефоны, учрежденческие мини АТС, факсы и другую стандартную телефонную аппаратуру. Радиоудлинитель может быть использован в качестве радиомодема. При подключении модема компьютера к телефонной линии через радиоудлинитель максимальная скорость достигает 21000. Это с учётом хороших условий связи. Средняя скорость на уровне 12000...16000. Существенное влияние на скорость оказывает тип применяемого в радиомодеме (радиоудлинителе) радиотелефона. Высокие показатели скорости, например, у радиотелефонов Sinus 52 немецкой фирмы "Telekom". Факсы, с учётом использования более низких скоростей, работают без каких-либо проблем. Особенности цифровых радиоудлинителей Характерной особенностью подобного вида связи является высококачественная передача голосового трафика, а также высокоскоростного интернет-

соединения. Нынешние территориально распределенные сети способны обеспечивать высокую скорость трансляции: аудиоинформации, голосовой связи, видеоинформации, видеопочты, факсовых изображений и других видов информации. Всё это накладывает высокие требования к цифровым радиоудлинителям, которые должны обладать гарантийной функциональностью не менее пяти лет, а в идеале – десяти. Именно поэтому для построения беспроводных сетей применяются только проверенные устройства, изготовленные ведущими в мире производителями в сфере беспроводных, цифровых технологий передачи информации. Высокая производительность, доступность и универсальность цифровых радиоудлинителей сделала их сегодня востребованными во всех сферах жизнедеятельности человека. Их широко применяют городские и сельские администрации, школы и банки. Кроме того, данные системы активно эксплуатируют энергетики по причине того, что энергетические системы имеют большую протяжённость и часто установлены в труднодоступных и отдалённых от городов местах.

Разделение по абонентским терминалам по технологии CDMA

Для радиосистем существует два основных ресурса - частота и время. Разделение пар приёмников и передатчиков по частотам таким образом, что каждой паре выделяется часть спектра на всё время соединения называется FDMA (Frequency Division Multiple Access). Разделение по времени таким образом, что каждой паре приёмник-передатчик выделяется весь (или большая часть) спектра на выделенный отрезок времени называют TDMA (Time Division Multiple Access). В CDMA (Code Division Multiple Access), для каждого узла выделяется весь спектр частот и всё время. CDMA использует специальные коды для идентификации соединений. [1] Каналы трафика при таком способе разделения среды создаются посредством применения широкополосного кодомодулированного радиосигнала — шумоподобного сигнала, передаваемого в общий для других аналоговых передатчиков канал, в едином широком частотном диапазоне. В результате работы нескольких передатчиков эфир в данном частотном диапазоне становится ещё более шумоподобным. Каждый передатчик модулирует сигнал с применением присвоенного в данный момент каждому пользователю отдельного числового кода, приёмник,

настроенный на аналоговый код, может вычленивать из общей какофонии радиосигналов ту часть сигнала, которая предназначена данному приёмнику. В явном виде отсутствует временное или частотное разделение каналов, каждый абонент постоянно использует всю ширину канала, передавая сигнал в общий частотный диапазон, и принимая сигнал из общего частотного диапазона. При этом широкополосные каналы приёма и передачи находятся на разных частотных диапазонах и не мешают друг другу. Полоса частот одного канала очень широка, вещание абонентов накладывается друг на друга, но, поскольку их коды модуляции сигнала отличаются, они могут быть дифференцированы аппаратно-программными средствами приёмника. При кодовой модуляции применяется техника расширения спектра с множественным доступом. Она позволяет увеличить пропускную способность при неизменной мощности сигнала. Передаваемые данные комбинируются с более быстрым шумоподобным псевдослучайным сигналом с использованием операции побитового взаимоисключающего ИЛИ (XOR). На изображении ниже показан пример, демонстрирующий применение метода для генерации сигнала. Сигнал данных с длительностью импульса T_b комбинируется при помощи операции XOR с кодом сигнала, длительность импульса которого равна T_c (зам: ширина полосы пропускания пропорциональна $1/T$, где T = время передачи одного бита), следовательно ширина полосы пропускания сигнала с данными равна $1/T_b$ и ширина полосы пропускания получаемого сигнала равна $1/T_c$. Так как T_c много меньше T_b , ширина полосы частот получаемого сигнала намного больше, чем таковая оригинального сигнала передаваемых данных. Величина T_b/T_c называется базой сигнала и, в какой-то мере, определяет верхний предел числа пользователей, поддерживаемых базовой станцией единомоментно.

Разделения частот в WLL

Центральная станция этой системы подключается к аналоговым или цифровым (2,048 Мбит/с) интерфейсам городских АТС. Для связи центральной станции с абонентскими используется РРЛ-станция, работающая в диапазоне 2300—2500 или 2500—2690 МГц. Могут использоваться и другие диапазоны частот, в частности 1427—1535 МГц. В фирменных системах используются различные варианты многостанционного доступа и уплотнения каналов: частотный (FDMA), временной (TDMA), кодовый с

прямым расширением спектра (DS-CDMA) или псевдослучайной перестройкой частот (FH-CDMA), а также их комбинации.

Роль центрального процессора.

Центральный процессор (микропроцессор, центральное процессорное устройство, CPU, разг. – проц, камень, кристалл и др.) – основная составная часть любого компьютера, его мозг и сердце. Именно это устройство осуществляет обработку всей информации, выполняет команды пользователя и руководит другими устройствами. Процессор важный орган в компьютере. Его главной задачей является обработка вычислительных процессов (запуск программ, установка, архивация и т.д.). От количества МГц зависит скорость работы ПК. МГц - это количество операций которых процессор может выполнить за одну секунду.

Основная задача процессора - если сравнивать в играх это расчет физики, окружающих объектов, поведение персонажей, расчет взрывов и нанесенный урон ими. Если сравнивать в программах например в архиваторах то это перекодирование стандартного кода файла, в код более меньшего размера и тем самым освобождая место на диске.

Рассчитайте скорости телеграфирования B и передачи информации R в дискретном канале. Длительность единичного элемента $\tau_0=9$ мс, каждый информационный элемент несет 1 бит информации и пусть на каждые восемь информационных элементов приходится четыре проверочных.

Скорость модуляции (телеграфирования) (B) – число единичных элементов, которое можно передать в секунду по каналу $B=1/\tau_0$ Бод., где τ_0 - единичный элемент кодовой комбинации. $B=1/\tau_0=1/9$ мс = 111 Бод

Скорость передачи информации (R)

$$R = \frac{B + k}{n} \text{ бит/с.}, \text{ где } B - \text{ скорость модуляции, } k - \text{ количество информационных элементов в кодовой комбинации, } n - \text{ общее количество элементов в кодовой комбинации.}$$

$$R = \frac{B + k}{n} = \frac{111 + 8}{12} = 9.92 \text{ бит/с}$$

Рассчитайте скорости телеграфирования B и передачи информации R в дискретном канале. Длительность единичного элемента

$\tau_0=8$ мс, каждый информационный элемент несет 1 бит информации и пусть на каждые семь информационных элементов приходится три проверочных.

Скорость модуляции (телеграфирования) (В) – число единичных элементов, которое можно передать в секунду по каналу $B=1/\tau_0$ Бод., где τ_0 – единичный элемент кодовой комбинации.

$B=1/\tau_0=1/8$ мс = 125 Бод

Скорость передачи информации (R)

$$R = \frac{B + k}{n}$$

бит\с., где В-скорость модуляции, k-количество информационных элементов в кодовой комбинации, n- общее количество элементов в кодовой комбинации.

$$R = \frac{B + k}{n} = \frac{125 + 7}{10} = 13.2 \text{ бит/с}$$

Режим Ad-Нос Wi-Fi, топология, особенности организации

Технология Wi-Fi на сегодняшний день самая распространенная беспроводная технология передачи данных. Если сравнить ее с ИК – связью, то тут увеличено расстояние между устройствами, соединяемыми для стабильного подключения Wi-Fi, и необходимость прямой видимости между устройствами отсутствует, и естественно выросла скорость передачи данных.

Название Wi-Fi, это сокращенное сочетание слов «Wireless Fidelity», что в переводе означает «Беспроводная Точность» и эта технология может объединять между собой два и более устройства.

Существует два вида Wi-Fi сетей - Ad-hoc и Infrastructure.

1. Ad-hoc. Это соединение называется «Точка – точка», это значит, что устройства соединяются с использованием адаптера – дополнительного или встроенного. Это могут быть настольные ПК, ноутбуки, электронные аппараты, смартфоны и так далее. Сеть Ad-hoc, это аналог локальной сети «линия», то есть одноранговая сеть. Где первый компьютер соединяется со вторым, а второй с третьим и так далее.

Как было сказано выше, беспроводное соединение сети происходит через встроенный или установленный адаптер, который должен иметься в каждом устройстве, выходящем в сеть. Встроенный адаптер это понятно, он находится внутри устройства и нам важно только знать есть он там или нет. А устанавливаемые адаптеры могут

подключаться по внутренним - PCI-E, PCI, mini-PCI и внешним - USB, CompactFlash, PCMCIA, SD.

2. Infrastructure. Для такого подключения используется точка доступа «Wireless Access Point», которая оснащена одним разъемом LAN для кабеля проводного доступа к интернету и несколькими разъемами для подключения компьютеров, что бы образовать локальную сеть. Точку доступа может заменить компьютер, а именно сервер в котором установлена сетевая карта и карта Wi-Fi. Сетевая карта служит для подключения сервера к интернету, а карта Wi-Fi служит для связи компьютеров по беспроводной локальной сети. Точка доступа предпочтительней компьютера, так как она проще в настройках и обойдется значительно дешевле.

Режим Infrastructure Wi-Fi, топология, особенности организации

В этом режиме точки доступа обеспечивают связь клиентских компьютеров. Точку доступа можно рассматривать как беспроводный коммутатор. Клиентские станции не связываются непосредственно одна с другой, а связываются с точкой доступа, и она уже направляет пакеты адресатам. Точка доступа имеет порт Ethernet, через который базовая зона обслуживания подключается к проводной или смешанной сети – к сетевой инфраструктуре. Пример:

Настроим беспроводную точку доступа в инфраструктурном режиме. Настройка производится через проводной интерфейс, т.е. используя Ethernet-соединение. Хотя можно это делать и через беспроводной интерфейс, но мы не рекомендуем, т.к. при достаточно большом количестве точек доступа может возникнуть путаница в настройках.

1. В окне Сетевые подключения отключите сетевые и бессетевые адаптеры. В контекстном меню выбрать «Отключить» для каждого адаптера. В результате все компьютеры изолированы друг от друга, сетевых подключений нет.

2. Настраиваем сетевые адаптеры для связи с точкой доступа. Подключения по локальной сети->Свойства->Протокол TCP/IP->Свойства - Использовать следующий IP-адрес

-Укажите адрес 192.168.0.xxx, где xxx – номер вашего компьютера (1, 2, 3 и т.д).

-Укажите маску 255.255.255.0

-Включите кабельное соединение

3. Подключаемся к точке доступа.

Соединяем точку доступа сетевым кабелем с сетевым адаптером, подаем питание.

Сбрасываем настройки точки. Для этого в течение пяти секунд нажимаем и держим кнопку reset. Не отключаем питание при нажатой reset! Время загрузки точки – около 20 секунд.

По окончании загрузки на точке загораются индикаторы Power и LAN. В браузере Internet Explorer наберите <http://192.168.0.50>, Появится приглашение на ввод имени и пароля.

4. Начинаем настройку. Введите в качестве имени пользователя «admin» с пустым паролем. Настроим сначала IP-адрес точки. Это нужно лишь в том случае, когда у вас много точек доступа. На вкладке Home жмем кнопку Lan (слева).

-Выставляем адрес 192.168.0.xxx, где xxx – уникальный номер точки.

-Маска 255.255.255.0

-Default Gateway 192.168.0.50

По завершении настройки нажать «Apply», чтобы перезагрузить точку с новыми настройками.

5. Включение режима точки доступа.

Дождитесь загрузки точки, и введите в браузере новый

адрес <http://192.168.0.xxx>

На вкладке Home нажмем кнопку Wireless (слева)

Устанавливаем:

Mode (режим): Access Point

SSID: Network

SSID Broadcast: Enable

Channel: 6

Authentication: Open System

Encryption: Disable

Заметьте, что выбранные нами установки не обеспечивают беспроводного подключения, и используются только с целью обучения. Если нужно сделать более тонкие настройки, перейдите на вкладку Advanced. Настоятельно рекомендуем перед настройкой вашей точки доступа прочитать документацию по настройке, краткое описание всех параметров есть на вкладке Help.

По завершении настройки нажать «Apply», чтобы перезагрузить точку с новыми настройками.

Отключите точку от сетевого интерфейса. Теперь ваша точка настроена на подключение беспроводных клиентов. В простейшем случае, чтобы предоставить клиентам Интернет, нужно к точке подключить широкополосный канал или ADSL-модем. Клиентские компьютеры подключаются аналогичным образом, как это было описано в предыдущем примере.

Режим WDS Wi-Fi, топология, особенности организации

Термин WDS (Wireless Distribution System) расшифровывается как «распределённая беспроводная

система». В этом режиме точки доступа соединяются только между собой, образуя мостовое соединение. При этом каждая точка может соединяться с несколькими другими точками. Все точки в этом режиме должны использовать одинаковый канал, поэтому количество точек, участвующих в образовании моста, не должно быть чрезмерно большим. Подключение клиентов осуществляется только по проводной сети через uplink-порты точек.

Режим беспроводного моста, аналогично проводным мостам, служит для объединения подсетей в общую сеть. С помощью беспроводных мостов можно объединять проводные LAN, находящиеся как на небольшом расстоянии в соседних зданиях, так и на расстояниях до нескольких километров. Это позволяет объединить в сеть филиалы и центральный офис, а также подключать клиентов к сети провайдера Интернет.

Беспроводный мост может использоваться там, где прокладка кабеля между зданиями нежелательна или невозможна. Данное решение позволяет достичь значительной экономии средств и обеспечивает простоту настройки и гибкость конфигурации при перемещении офисов.

К точке доступа, работающей в режиме моста, подключение беспроводных клиентов невозможно. Беспроводная связь осуществляется только между парой точек, реализующих мост.

Термин WDS with AP (WDS with Access Point) обозначает «распределённая беспроводная система, включая точку доступа», т.е. с помощью этого режима можно организовать не только мостовую связь между точками доступа, но и одновременно подключить клиентские компьютеры. Это позволяет достичь существенной экономии оборудования и упростить топологию сети. Данная технология поддерживается большинством современных точек доступа.

Тем не менее, необходимо помнить, что все устройства в составе одной WDS with AP работают на одной частоте и создают взаимные помехи, что ограничивает количество клиентов до 15-20 узлов. Для увеличения количества подключаемых клиентов можно использовать несколько WDS-сетей, настроенных на разные неперекрывающиеся каналы и соединённых проводами через uplink-порты.

Топология организации беспроводных сетей в режиме WDS аналогична обычным проводным топологиям.

Сигнализация «CAP»

Сигнализация SAR с помощью признаков начала/конца Второй класс способов SAR широко используется в различных протоколах, таких как AAL-3/4 уровня адаптации ATM, соглашение FRF.12 реализации фрагментации ретрансляции кадров Frame Relay, технический комитет форума по ретрансляции кадров, WiMax и многозвенный протокол (MP) PPP. Основная идея в этом втором классе технологий SAR состоит в том, чтобы использовать однокбитные признаки, чтобы указывать для каждого PDU SAR, является ли PDU первым, последним или средним фрагментом SDU, либо является ли полным SDU SAR. Оба признака являются частью заголовка PDU. В некоторых реализациях (ретрансляции кадров и многозвенном протоколе PPP) различают функцию двух флагов в качестве одного, указывающего начало SDU, и другого, указывающего его конец. Бит В начального фрагмента установлен в 1 в первом фрагменте, выведенном из SDU SAR, и установлен в 0 для всех других фрагментов из того же самого SDU. Бит Е конечного фрагмента установлен в 1 в последнем фрагменте и установлен в 0 для всех других фрагментов. PDU может иметь оба бита, начального и конечного фрагмента, установленными в 1. В этом случае он указывает, что никакой сегментации не имеет места. Кроме того, добавляется нумерация последовательности фрагментов, для того чтобы узлу приемника обнаруживать потерю фрагмента и, потенциально, выполнять переупорядочение PDU, если линия связи не сохраняет последовательность PDU. После переупорядочения приемник может легко проверить биты В и Е, чтобы опознавать, какому PDU SAR необходимо комбинироваться, для перестройки исходных SDU. Сигнализация SAR с помощью индикаторов длины Третий класс состоит в наборе технологий, которые являются использующими поля индикаторов длины в качестве указателей для указания границ SDU. Хорошим примером является RLC (управление радиосвязью) в R99 UMTS. В RLC, PDU RLC может нести сегменты нескольких SDU или биты заполнения незначительной информацией. Действительно, R99 UMTS работает с PDU фиксированного размера, который может не быть выровненным с длиной SDU, которые должны передаваться. Так как радиоресурсы недостаточны, считалось, что необходимо

предоставлять возможность сцепления SDU на уровне PDU. В общем способе, переменное количество индикаторов длины (LI) добавляется в заголовок PDU. Индикатор длины используется для указания последнего октета каждого SDU RLC, заканчивающегося в пределах PDU. Как обычно, нумерация последовательности, основанная на PDU, добавляется в заголовок для того, чтобы дать возможность обнаружения потери и переупорядочения. Приемник поэтому может выполнять переупорядочение, запрашивать повторную передачу потерянного PDU и снова собирать SDU. Более того, LI со специальным значением указывает, когда заполнение незначительной информацией используется для заполнения конца PDU. Основным недостатком этой технологии состоит в том, что служебные данные или сигналы зависят от количества сегментов SDU в PDU, и, вследствие этого, заголовки также имеют переменный размер. Более того, использование специальных полей имеет тенденцию повышать сложность RLC. В заключение, эта технология не очень эффективна при рассмотрении переменного размера PDU, которое могло бы быть более гибким и лучше адаптированным к ориентированной на полные пакеты среде в беспроводной системе.

Сигнализация и синхронизация в IP

Сигнализация в IP. Для связи MGC с уже эксплуатируемыми коммутационными станциями устанавливаются шлюзы (IP-Telephony Gateway, ITG). Эти шлюзы обеспечивают взаимодействие с любыми (по типу оборудования и уровню иерархии) станциями ТФОП за счет поддержки сигнализации по E-DSS1, OKC7 и 2BCK. При последующей замене старых коммутационных станций на MG в оборудование шлюза необходимо лишь вставить дополнительные платы и добавить соответствующее программное обеспечение, т.е. шлюзы преобразуются в MG. Идеология построения MG обеспечивает возможность предоставления абонентам услуг Triple-Play (передача речи, данных и видео) на базе мультисервисных сетей, создаваемых путем модернизации существующих сетей электросвязи. Переход к NGN открывает практически неограниченные возможности по реализации услуг и для корпоративного сектора. В традиционных сетях такие услуги предоставляются локальными операторами, и их подключение требует больших временных и финансовых затрат. В случае использования IP-

среды существует единый набор услуг для всех пользователей, механизм их подключения упрощается: достаточно выбрать интересующую услугу из списка и послать соответствующий запрос. По прогнозам протокол IP (Internet Protocol) будет доминирующим протоколом в сетях следующего поколения, которым предстоит поддерживать передачу речи, данных, факсимиле, видеоинформации и мультимедиа (рис. 18). Синхронизация в IP. Весь интеллект функционально распределенного шлюза сосредоточен в контроллере, функции которого распределены между несколькими компьютерными платформами. Шлюз сигнализации выполняет функции STP - транзитного пункта сети сигнализации ОКС-7. Сами шлюзы выполняют только функции преобразования речевой информации. Один контроллер управляет одновременно несколькими шлюзами. В сети могут присутствовать несколько контроллеров, они синхронизованы между собой и согласованно управляют шлюзами, участвующими в соединении. Но MEGACO не определяет протокола для синхронизации работы контроллеров, для этой цели используются протоколы H.323, SIP или ISUP/IP. Сообщения протокола MGCP переносятся протоколом без гарантированной доставки сообщений UDP. Шлюз сигнализации должен принимать поступающие из ТфОП пакеты трех нижних уровней системы сигнализации ОКС-7 (уровней подсистемы переноса сообщений МТР) и передавать сигнальные сообщения верхнего, пользовательского, уровня к контроллеру шлюзов. Шлюз сигнализации передает по IP-сети приходящие из ТфОП сигнальные сообщения Q.931. Для передачи сигнальной информации используется протокол Stream Control Transport Protocol (SCTP), имеющий ряд преимуществ перед протоколом TCP. Основным из этих преимуществ является значительное снижение времени доставки сигнальной информации и времени установления соединения - одного из важнейших параметров качества обслуживания. Если в ТфОП используется сигнализация по выделенным сигнальным каналам (BCK), то сигналы сначала поступают вместе с пользовательской информацией в транспортный шлюз, а затем передаются в контроллер шлюзов без посредничества шлюза сигнализации. Протокол MGCP является внутренним протоколом для обмена информацией между функциональными блоками

распределенного шлюза, который извне представляется одним шлюзом. Протокол MGCP является master/slave протоколом. Это означает, что контроллер шлюзов является ведущим, а сам шлюз - ведомым устройством, которое должно выполнять все команды, поступающие от контроллера Call Agent. Такое решение обеспечивает масштабируемость сети и простоту управления сетью через контроллер шлюзов. Шлюзы не должны быть интеллектуальными устройствами, они требуют меньшей производительности процессоров и становятся менее дорогими. Кроме того, очень быстро вводятся новые протоколы сигнализации или дополнительные услуги, и эти изменения затрагивают только контроллер шлюзов, а не сами шлюзы.

Структура сети NGN, взаимодействие с другими сетями.

Создание NGN может быть выполнено тремя вариантами: заменой MC на оборудование NGN; все MC остаются в эксплуатации, а рядом устанавливается оборудование NGN, на которое переключаются пользователи, заинтересованные в обслуживании вида «triple-play services»; комбинированное решение. По первому сценарию в пределах созданной IP-сети действует транспортный шлюз MG (Media Gateway), который обеспечивает взаимодействие MAK со всеми MC, использующими технологию коммутации каналов. Все MC рассматриваются как пункты сигнализации SP (Signaling Point), номера MC и SP совпадают. Это соответствует требованиям Международного союза электросвязи (МСЭ). Сигнальная информация организуется по ОКС-7. В IP-сети поддерживаются показатели качества обслуживания QoS (Quality of Service), которые определены для NGN (рекомендации Y.1541). Для взаимодействия с аналоговыми MC необходим шлюз сигнализации SG (Signalling Gateway). Коммутаторы Softswitch не поддерживают процессы обмена сигналами и управления, используемыми в аналоговых коммутационных системах. Обмен IP-пакетами между двумя MAK осуществляется по транспортному протоколу реального времени RTP. Показатели качества в сети NGN следующие: IPDV – IP packet delay variation (вариация задержки IP-пакетов); IPLR - IP packet loss ratio (доля потерянных IP-пакетов); IPTD - IP packet transfer delay (задержка переноса IP-пакетов); IREP - IP packet error delay

(доля искаженных IP-пакетов).

Состав и назначение интервала доступа АВ

AB обеспечивает запрос доступа мобильной станции к новой базовой станции. АВ передается мобильной станцией при запросе канала сигнализации. Это первый передаваемый мобильной станцией пакет, следовательно, время прохождения сигнала еще не измерено. Поэтому пакет имеет специфическую структуру. Сначала передается ограничивающая комбинация 8 бит, затем -последовательность синхронизации (41 бит), что позволяет базовой станции обеспечить правильный прием последующих 36 информационных бит. Пакет содержит большой защитный интервал (68,25 бит, длительностью 252 мкс), что обеспечивает (независимо от времени прохождения сигнала) достаточное временное разнесение от пакетов других мобильных станций. Этот защитный интервал соответствует двойному значению наибольшей задержки сигнала в рамках одной соты и тем самым устанавливает максимально допустимые размеры соты. Особенность стандарта GSM - возможность обеспечения связью мобильных абонентов в сотах с радиусом около 35 км. Время распространения радиосигнала в прямом и обратном направлениях составляет при этом 233,3 мкс.

Состав и назначение интервала временной синхронизации SB

SB используется для синхронизации по времени базовой и мобильной станций. Он состоит из синхропоследовательности длительностью 64 бита, несет информацию о номере цикла TDMA и идентификационный код базовой станции. Этот пакет передается вместе с пакетом подстройки частоты. Повторяющиеся пакеты синхронизации образуют так называемый канал синхронизации (SCH).

Состав и назначение нормального временного интервала NB

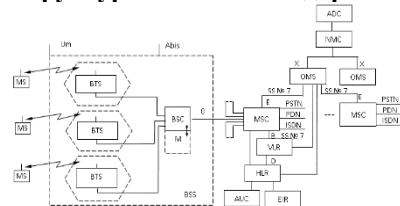
NB используется для передачи информации по трафиковым каналам и каналам сигнализации, за исключением логических каналов RACH, FCCH, SCH и иногда FACCH. Он содержит 114 информационных бит и включает защитный интервал (GP) в 8,25 бит длительностью 30,46 мкс. Информационный блок в 114 бит разделен на два самостоятельных блока по 57 бит, отделенных друг от друга

тестовой последовательностью в 26 бит и двумя флагами по 1 биту.

В состав NB включены два контрольных бита (Stealing Flag), которые служат признаком того, какую информацию содержит передаваемая группа: речевую информацию или информацию сигнализации. В последнем случае трафиковый канал (Traffic Channel) используется для обеспечения сигнализации, то есть «украден» у канала трафика. Между двумя группами зашифрованных бит в составе NB находится тестовая последовательность из 26 бит, заранее известная в приемнике и передатчике. С помощью этой последовательности обеспечивается:

- оценка частоты появления битовых ошибок по результатам сравнения принятой и эталонной последовательностей. В процессе сравнения вычисляется параметр RXQUAL, принятый для оценки качества связи. Конечно, речь идет только об оценке качества, а не о точных измерениях, так как проверяется только часть передаваемой информации. Параметр RXQUAL используется при обслуживании соединения (например, для хэндовера);
- оценка импульсной характеристики радиоканала на интервале передачи NB для последующей коррекции тракта приема сигнала за счет использования адаптивного эквалайзера;
- определение задержек распространения сигнала между базовой и мобильной станциями для оценки дальности связи. Эта информация необходима для того, чтобы пакеты данных от разных мобильных станций не накладывались при приеме на базовой станции. Поэтому удаленные на большее расстояние мобильные станции должны передавать свои пакеты раньше станций, находящихся в непосредственной близости от базовой станции.

Структурная схема стандарта GSM

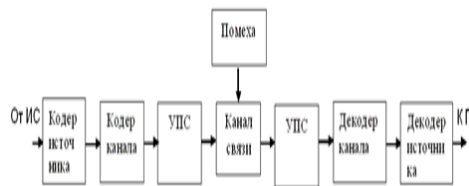


Сколько различных кодовых комбинаций при равномерном кодировании можно построить, если основание кода равно 3, а длина кодовой последовательности – 5?

Число возможных комбинаций равно m^n . Равномерным называется код, длина

кодовой комбинации в котором постоянна.
 $3^5=243$

Структурная схема тракта передачи дискретных сообщений.



Среднее количество информации $H(A)$, которое приходится на один символ, поступающий от источника без памяти.

Это Энтропия. Среднее количество информации $H(A)$, которое приходится на одно сообщение, поступающее от источника без памяти, получим, применяя операцию усреднения по всему объему алфавита:

$$H(A) = - \sum_{i=1}^k p(a_i) \log_2 p(a_i)$$

Это выражение известно как формула Шеннона для энтропии источника дискретных сообщений. Энтропия - мера неопределенности в поведении источника дискретных сообщений.

Энтропия равна нулю, если с вероятностью единица источником выдается всегда одно и то же сообщение (в этом случае неопределенность в поведении источника сообщений отсутствует). Энтропия максимальна, если символы источника появляются независимо и с одинаковой вероятностью.

Сколько ошибок может исправить помехозащищенный код, если минимальное кодовое расстояние равно 4?

$d = s + 1$
 $4 = s + 1$, отсюда $s = 3$. При $d = 4$ обнаруживаются тройные ошибки

Симметричные xDSL-технологии.

Симметричными они называются потому, что восходящий и нисходящий потоки имеют одинаковую скорость.

HDSL (High Bit-Rate Digital Subscriber Line -- высокоскоростная цифровая абонентская линия) со скоростями передачи данных до 2,048 Мбит/с по 4-проводной линии на расстояние порядка 3,5-4,5 км;

HDSL2 - результат развития технологии HDSL, обеспечивает аналогичные HDSL характеристики, но по двум проводам.

SDSL - передает поток данных по двум проводам со скоростью до 2,048 Мбит/с на расстояние до 3 км.

SHDSL - симметричная технология, обеспечивающая скорость передачи данных до 2,312 Мбит/с по двум

проводам и вдвое большую скорость по четырем. Причем дальность передачи данных может быть достаточно большой (до 10 км).

Сеть некоммутируемых каналов.

Каналы ПДС представляют собой совокупность технических средств и среды распространения, которая обеспечивает при подключении ОП передачу с помощью электромагнитных сигналов дискретных сообщений от ИС к их получателям. Сети, в которых абоненты связаны друг с другом постоянно закрепленными (арендованными) каналами, причем каждый канал используется для обмена сообщениями только между этими абонентами, называются некоммутируемыми.

Сколько ошибок может обнаружить помехозащищенный код, если минимальное кодовое расстояние равно 2?

$d = r + 1$
 $2 = r + 1$, отсюда $r = 1$. При $d = 2$ обнаруживаются одиночные ошибки

Т

Технологии беспроводного радио доступа WLL

wireless local loop, сокр. WLL — тип технологий связи, представляющих собой комбинацию радиотелефонной линии и стационарного телефона. WLL используется там, где подключение стационарного телефона к стационарным наземным телефонным сетям невозможно или слишком дорого, а также, например, в малонаселенных сельских регионах. Кроме того, данную технологию используют телефонные операторы, не обладающие собственными сетями, построенными на медно-проводной основе. Существует два различных принципа функционирования

WLL: радиопередача от пункта к пункту (радиорелейная связь); радиопередача от передатчика ко множеству приёмников, когда базовая станция обеспечивает приём на множество приёмников и используется несколько режимов передачи (каналов доступа) для обеспечения связи одновременно с несколькими радиоприёмниками.

Технология «U» интерфейс

«U» интерфейс обеспечивает скорость до 144 кбит/с по одной витой медной паре. При этом телефонная линия для осуществления телефонной связи протягивается до абонента отдельно от линии передачи данных. Минимальные требования к линиям связи 100МОм на км. (сопротивление изоляции жил)

Интерфейс U располагается между сетевой стороной NT1 и линейным окончанием станции ISDN (часть цифровой секции базового доступа). В некоторых странах, например, в США, предоставление услуг ISDN в соответствии со структурой интерфейсов базового доступа осуществляется в опорной точке U, которая становится границей предоставления услуг между пользователем и сетью. На пользователя возлагается обязанность выбора NT1, которое преобразует 2-проводный U-интерфейс в интерфейс S/T. Характеристики U-интерфейса. Характеристики системы передачи на данном интерфейсе определяются в G.961 MCЭ-T, ETSI ETR 080 и ANSI T1.601. В кратком виде их можно представить следующим образом: Два В-канала и один D-канал с общей скоростью передачи 144 кбит/с. Заголовок на скорости 16 кбит/с. 12 кбит/с для синхронизации. 4 кбит/с для пяти М-каналов, где М1-М3 объединяются для обеспечения встроенного информационного канала (еос); каналы М4, М5, М6 используются для обработки функций эксплуатации и технического обслуживания приемопередатчиков. Более точно, по каналам М5 и М6 передается информация CRC (циклического контроля по избыточности). Суммарная скорость передачи битов составляет 160 кбит/с. Используется одна пара симметричных проводов для обоих направлений передачи. Дуплексная передача по одной паре осуществляется на базе метода с эхо-компенсацией.

Технология ADSL

Технология ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line - асимметричная цифровая абонентская линия) является асимметричной, скорость передачи данных от сети к пользователю значительно выше, чем скорость передачи данных от пользователя в сеть. Такая асимметрия делает технологию ADSL идеальной для организации доступа в сеть Интернет и доступа к локальным вычислительным сетям (ЛВС). При таких соединениях пользователи получают объем информации больше, чем передают. Технология ADSL позволяет одновременно передавать голос и данные по одной и той же телефонной линии. Это достигается путем использования полосы частот до 4 кГц только для традиционной телефонной связи. Для разделения частотных диапазонов, используемых для передачи голоса и данных, на каждом конце линии устанавливаются специальные фильтры (сплиттеры). Низкочастотные

сигналы подаются на коммутационное оборудование телефонной станции и на телефонный аппарат, находящийся у абонента. Высокочастотные сигналы подаются на модемы ADSL. Технология ADSL обеспечивает скорость "нисходящего" потока данных (от станции к абоненту) от 1,5 Мбит/с до 9 Мбит/с и скорость "восходящего" потока данных (от абонента к станции) от 16 кбит/с до 640 кбит/с. Используемая скорость передачи зависит качества передачи по отдельно взятой проводной паре. Скорость передачи данных 1,5 Мбит/с возможна на расстояние до 5,5 км по одной витой паре проводов, скорость передачи порядка 6 - 8 Мбит/с может быть достигнута при передаче данных на расстояние не более 3,5 км по проводам диаметром 0,5 мм. Скорости, предоставляемые модемами ADSL, кратны скоростям цифровых каналов T1, E1. Технология ADSL использует метод разделения полосы пропускания медной телефонной линии на несколько частотных полос (называемых несущими). Это позволяет одновременно передавать несколько сигналов по одной линии. При использовании ADSL данные передаются по общей витой паре в дуплексной форме. Для того, чтобы разделить передаваемый и принимаемый поток данных существуют два метода: частотное разделение каналов (Frequency Division Multiplexing - FDM) и эхокомпенсация (Echo Cancellation - EC). Частотное разделение каналов. При использовании данного механизма низкоскоростной канал передаваемых данных располагается сразу после полосы частот, используемой для передачи аналоговой телефонии. Высокоскоростной канал принимаемых данных располагается на более высоких частотах. Полоса частот зависит от числа бит передаваемых одним сигналом. Эхо компенсация. Данный механизм позволяет низкоскоростному каналу передаваемых данных и высокоскоростному каналу принимаемых данных располагаться в общем, частотном диапазоне, что позволяет более эффективно использовать низкие частоты, на которых затухание в кабеле меньше. Таким образом, ADSL может обеспечить одновременную высокоскоростную передачу данных, передачу видеосигнала и передачу факса без прерывания обычной телефонной связи, для которой используется та же телефонная линия. Функциональным пределом для ADSL является абонентская линия длиной 3,5 - 5,5 км при толщине проводов 0,5 мм.

Технология ADSL позволяет полностью использовать ресурсы линии. Для телефонной (голосовой) связи используется область самых низких частот всей полосы пропускания линии (до 4 кГц), а вся остальная полоса используется для высокоскоростной передачи данных. В системе ADSL реализовано множество служб, эти службы доступны вне обычного коммутатора центральной или местной станции, что снимает заторы в магистральных и коммутаторах; многие соединения ADSL обслуживаются единственным узлом доступа ADSL - DSLAM.

Технология BISLN

BISDN ((Broadband-ISDN, B-ISDN)) - одна из разновидностей ISDN, широкополосная цифровая сеть с интеграцией услуг - спецификации, расширяющие параметры стандарта ISDN, разработанные и утвержденные в 1998 году. В основе B-ISDN предполагается использовать коммутирующую технологию ATM, а также SONET в качестве стержневой технологии магистральных соединяющих каналов. Широкополосной ISDN называют службы, требующие более высоких скоростей передачи данных, чем один канал PRI, т.е. скорости более 2 Мбит/с. Сервис B-ISDN подразделяется на следующие категории: Интерактивный: диалоговые конференции (такие как видеоконференции), обмен сообщениями (например, электронная почта с изображениями, видео и графикой), поиск информации (например, покупки через Internet, чтение новостей, дистанционное обучение). Распространение информации: без управления пользователем: электронные газеты, «доставка телепередач», с участием пользователя: дистанционное обучение, электронная реклама, получение новостей.

Технология BRI

BRI (Basic Rate Interface) - базовый или начальный интерфейс, один из интерфейсов сети ISDN. Интерфейс BRI предоставляет пользователю два канала по 64 кбит/с для передачи данных (каналы типа В) и один канал с пропускной способностью 16 кбит/с для передачи управляющей информации (канал типа D), и также один канал синхронизации 48 кбит/с. Все каналы работают в дуплексном режиме. В результате суммарная скорость интерфейса BRI для пользовательских данных составляет 144 кбит/с по каждому направлению, а с учетом служебной информации - 192 кбит/с.

Различные каналы пользовательского интерфейса разделяют один и тот же физический двухпроводный кабель по технологии TDM, то есть являются логическими каналами, а не физическими. Данные по интерфейсу BRI передаются кадрами, состоящими из 48 бит. Каждый кадр содержит по 2 байта каждого из В каналов, а также 4 бита канала D. Передача кадра длится 250 мс, что обеспечивает скорость данных 64 кбит/с для каналов В и 16 кбит/с для канала D. Кроме бит данных кадр содержит служебные биты для обеспечения синхронизации кадров, а также обеспечения нулевой постоянной составляющей электрического сигнала. Интерфейс BRI поддерживает не только схему 2B+D, но и В+D и просто D (когда пользователь направляет в сеть только пакетизированные данные).

Технология CDMA

CDMA

(англ. Code Division Multiple Access — множественный доступ с кодовым разделением) — технология связи, обычно радиосвязи, при которой каналы передачи имеют общую полосу частот, но разную кодовую модуляцию. Наибольшую известность на бытовом уровне получила после появления сетей сотовой мобильной связи, ее использующих, из-за чего часто ошибочно исключительно с ней (сотовой мобильной связью) и отождествляется. Принцип работы: Для радиосистем существует два основных ресурса - частота и время. Разделение пар приёмников и передатчиков по частотам таким образом, что каждой паре выделяется часть спектра на всё время соединения называется FDMA (Frequency Division Multiple Access). Разделение по времени таким образом, что каждой паре приёмник-передатчик выделяется весь (или большая часть) спектра на выделенный отрезок времени называют TDMA (Time Division Multiple Access). В CDMA (Code Division Multiple Access), для каждого узла выделяется весь спектр частот и всё время. CDMA использует специальные коды для идентификации соединений. [1] Каналы трафика при таком способе разделения среды создаются посредством применения широкополосного кодомодулированного радиосигнала — шумоподобного сигнала, передаваемого в общий для других аналогичных передатчиков канал, в едином широком частотном диапазоне. В результате работы нескольких передатчиков эфир в данном частотном диапазоне становится ещё более шумоподобным. Каждый передатчик модулирует сигнал

с применением присвоенного в данный момент каждому пользователю отдельного числового кода, приёмник, настроенный на аналогичный код, может вычленивать из общей какофонии радиосигналов ту часть сигнала, которая предназначена данному приёмнику. В явном виде отсутствует временное или частотное разделение каналов, каждый абонент постоянно использует всю ширину канала, передавая сигнал в общий частотный диапазон, и принимая сигнал из общего частотного диапазона. При этом широкополосные каналы приёма и передачи находятся на разных частотных диапазонах и не мешают друг другу. Полоса частот одного канала очень широка, вещание абонентов накладывается друг на друга, но, поскольку их коды модуляции сигнала отличаются, они могут быть дифференцированы аппаратно-программными средствами приёмника. Преимущества: Высокая спектральная эффективность. Кодовое разделение позволяет обслуживать больше абонентов на той же полосе частот, чем другие виды разделения (TDMA, FDMA). Гибкое распределение ресурсов. При кодовом разделении нет строгого ограничения на число каналов. С увеличением числа абонентов постепенно возрастает вероятность ошибок декодирования, что ведёт к снижению качества канала, но не к отказу обслуживания. Более высокая защищённость каналов. Выделить нужный канал без знания его кода весьма трудно. Вся полоса частот равномерно заполнена шумоподобным сигналом. Телефоны CDMA имеют меньшую пиковую мощность излучения и потому, возможно, менее вредны. Для передачи информации отводится частотный диапазон шириной 1,25 МГц и фрагменты общей псевдослучайной последовательности, по-разному смещены от условно выбранного начала этой последовательности.

Технология DMA

Прямой доступ к памяти (англ. Direct Memory Access, DMA) — режим обмена данными между устройствами или же между устройством и основной памятью (RAM) без участия Центрального Процессора (ЦП). В результате скорость передачи увеличивается, так как данные не пересылаются в ЦП и обратно. Кроме того, данные пересылаются сразу для многих слов, расположенных по подряд идущим адресам, что позволяет использовать т. н. «пакетного» (burst) режима работы шины — 1 цикл адреса и следующие за ним многочисленные циклы данных. Аналогичная оптимизация работы ЦП с памятью

крайне затруднена. В оригинальной архитектуре IBM PC (шина ISA) был возможен лишь при наличии аппаратного DMA-контроллера (микросхема с индексом Intel 8237). DMA-контроллер может получать доступ к системной шине независимо от центрального процессора. Контроллер содержит несколько регистров, доступных центральному процессору для чтения и записи. Регистры контроллера задают порт (который должен быть использован), направление переноса данных (чтение/запись), единицу переноса (побайтно/пословно), число байтов, которое следует перенести. ЦП программирует контроллер DMA, устанавливая его регистры. Затем процессор даёт команду устройству (например, диску) прочитав данные во внутренний буфер. DMA-контроллер начинает работу, посылая устройству запрос чтения (при этом устройство даже не знает, пришёл ли запрос от процессора или от контроллера DMA). Адрес памяти уже находится на адресной шине, так что устройство знает, куда следует переслать следующее слово из своего внутреннего буфера. Когда запись закончена, устройство посылает сигнал подтверждения контроллеру DMA. Затем контроллер увеличивает используемый адрес памяти и уменьшает значение своего счётчика байтов. После чего запрос чтения повторяется, пока значение счётчика не станет равно нулю. По завершении цикла копирования устройство инициирует прерывание процессора, означающее завершение переноса данных. Контроллер может быть многоканальным, способным параллельно выполнять несколько операций. Захват шины (bus mastering) В шинах MicroChannel, SBus, разработанной под их большим влиянием PCI и её концептуальных производных AGP и PCI-X, используется иная реализация DMA. Эти шины позволяют любому устройству заявить о возникновении потребности к захвату шины, таковая потребность удовлетворяется т. н. арбитром при первой возможности. Устройство, успешно осуществившее захват шины, самостоятельно выставляет на шину сигналы адреса и управления и исполняет в течение какого-то времени ту же ведущую роль на шине, что и ЦП. Доступ ЦП к шине при этом кратковременно блокируется. В такой реализации DMA не существует DMA-контроллера, а также номера входа DMA-контроллера. Некоторые старые устройства PCI, а именно, реализации звуковых карт семейства Sound Blaster, использовали тот же

DMA-контроллер 8237 из оригинальной архитектуры IBM PC. Такое использование является, безусловно, устаревшим для PCI, но поддерживалось с целью обеспечить полную совместимость по ПО и драйверам с версиями Sound Blaster для шины ISA. Данная поддержка называется Distributed DMA (D-DMA) и реализована аппаратным образом как в устройстве, так и в логике моста PCI-ISA, в которой на PCI-системах размещена и логика оригинального IBM PC DMA контроллера 8237. Реализация включает в себя 2 запроса: сначала от устройства мосту PCI-ISA, затем от моста основной памяти. Кроме упомянутых реализаций Sound Blaster, практически никакие устройства PCI не используют понятие «номер входа DMA-контроллера», как и 8237 вообще. DMA и виртуальная память, IOMMU и AGP GART В операционных системах со страничной виртуальной памятью, таких, как Windows и семейство UNIX, непрерывный регион виртуальных адресов может быть реализован разрывно расположенными физическими страницами. Исполнение DMA по такому региону представляет собой довольно сложную задачу. Также сложной задачей является исполнение DMA по отгружаемой памяти. Решение этой задачи требует выявления физических страниц, реализующих регион, и их блокировку от отгрузки обращением к подсистеме виртуальной памяти. Далее становится возможным нахождение физических адресов страниц региона, которые в общем случае не являются непрерывными и формируют так называемый «список рассеяния/сборки» (англ. scatter-gather list — SGL). Задача исполнения DMA по такому списку может быть решена одним из следующих способов. 1. Выделение подряд идущей физической памяти в ядре операционной системы и промежуточное копирование всех данных туда/оттуда (т. н. «буфер отскока» — англ. bounce buffer). Поддерживается всеми ведущими операционными системами, для активации поддержки в Windows требуется вызов IoGetDmaAdapter с параметром `DEVICE_DESCRIPTION::ScatterGather`, установленном в FALSE. Недостатки: трата времени процессора на копирование, потребление крайне ограниченного ресурса непрерывной физической памяти, занятие места в ограниченной части памяти, к которой есть доступ у DMA (первый гигабайт на x86). 2. Разбиение операции на подоперации по границам элементов SGL, с прерыванием в конце каждой

операции. Использовалось в старых 8-битных SCSI-контроллерах, поставляемых со сканерами типа HP ScanJet. Недостатки: большое количество прерываний. 3. Поддержка SGL самим устройством, с требованием копирования SGL, преобразованного в формат, специфичный для устройства, в устройство через многочисленные обращения к регистрам устройства. Недостатки: крайне высокая сложность устройства, невысокая производительность большого числа записей в регистры. 4. Поддержка SGL самим устройством, с требованием размещения SGL, преобразованного в формат, специфичный для устройства, в физически непрерывном регионе основной памяти. Устройство читает SGL тем же механизмом DMA с захватом шины, что и собственно данные, тем самым реализуя функциональность некоего процессора, читающего и исполняющего свою собственную «программу», реализованную как список дескрипторов SGL. Данная архитектура называется «цепной DMA» (англ. chain DMA), реализована в практически всем стандартном оборудовании современного компьютера — Intel IDE (в примитивном виде), UHCI и OHCI USB, OHCI 1394, а также в большинстве PCI-адаптеров, Ethernet и SCSI (даже в устаревшем AIC78xx). Хороший пример реализации данной архитектуры в очень сложном и развитом виде дан в спецификации оборудования OHCI 1394. По некоторым сведениям, данная архитектура под названием «канальные программы» использовалась ещё в IBM 360, известных в СССР как ЕС ЭВМ. Недостатки: высокая сложность устройства, хотя и ниже в числе транзисторов, чем предыдущий вариант. Например, контроллер UHCI USB (согласно спецификации на сайте Intel) требует около 5000 транзисторов. 5. Поддержка SGL в межшинном оборудовании, при которой представление физически разрывного буфера для стороны устройства выглядит физически непрерывным. Такое оборудование называется IOMMU (англ. IO memory management unit). Реализовывалось как на компьютерах фирмы Sun Microsystems для шины SBus, так и на компьютерах DEC Alpha для шины PCI. До недавних времен практически никогда не реализовывалось в обычных x86/PCI системах, хотя в настоящее время есть тенденция к изменению этой ситуации, главным образом с целью повышения производительности гипервизоров виртуальных машин.

Всегда реализовывалось для шины AGP под названием AGP GART с целью облегчить произвольный доступ трехмерного видеопроцессора к текстурам, находящимся в основной памяти. Со стороны устройства данное оборудование было стандартизировано спецификацией AGP, со стороны программного обеспечения стандартизации не существовало, и реализация зависела от производителя микросхемы северного моста между AGP и памятью (отсюда необходимость в «драйвере AGP», таком, как `agp440.sys` для микросхем Intel). Набор вызовов ядер развитых операционных систем, таких, как Windows, всегда содержал архитектурную абстракцию IOMMU (MapTransfer и GetScatterGatherList, эти же вызовы поддерживают и bounce buffer, понимаемый как разновидность IOMMU), позволяющую одному и тому же драйверу устройства поддерживать его при присоединении через различные IOMMU. Недостатки: требование сложной логики уже не в устройстве, а в платформе.

Технология DSL для транспортной среды

Технология DSL. Любая технология, прежде всего, предусматривает конкретную физическую модель транспортной среды. Одной из перспективных технологий, позволяющей передавать цифровую информацию по медным проводам (под «медными проводами» обычно понимается телефонная сеть общего пользования — ТФоп или POTS — Plain Old Telephone Service в англ. аббревиатуре) являются технологии DSL (Digital Subscriber Line — цифровая абонентская линия). При использовании технологии DSL (часто используется аббревиатура xDSL, где под буквой «x» понимают одну из возможных подтехнологий, т.е. вариант основной технологии) не требуется строить новую транспортную сеть, т.к. используется уже существующая сеть POTS. Именно в этом и заключается основное экономическое преимущество технологии DSL. DSL (Digital Subscriber Line) в русском переводе соответствует уже устоявшемуся термину «цифровая абонентская линия». DSL является достаточно новой технологией, позволяющей значительно расширить полосу пропускания старых медных телефонных линий, соединяющих телефонные станции с индивидуальными абонентами. По сравнению со своими предшественниками (телефонными модемами, ИКМ- и ISDN-оборудованием, модемами для физических линий и т. п.), xDSL-техника более эффективно использует

возможности медной транспортной среды. Любой абонент, пользующийся в настоящий момент обычной телефонной связью, имеет возможность с помощью технологии DSL значительно увеличить скорость своего соединения, например с сетью Интернет. Следует помнить, что для организации линии DSL используются именно существующие телефонные линии; данная технология тем и хороша, что не требует прокладки дополнительных телефонных кабелей. В результате вы получаете круглосуточный доступ в сеть Интернет с сохранением нормальной работы обычной телефонной связи. Благодаря многообразию технологий DSL пользователь может выбрать подходящую именно ему скорость передачи данных - от 32 Кбит/с до более чем 50 Мбит/с. Современные технологии DSL дают возможность организовать высокоскоростной доступ в Интернет из каждого дома или на каждом предприятии среднего и малого бизнеса, превращая обычные телефонные кабели в высокоскоростные цифровые каналы. Причем скорость передачи данных зависит только от качества и протяженности линий, соединяющих пользователя и провайдера. При этом провайдеры обычно дают возможность пользователю самому выбрать скорость передачи, наиболее соответствующую его индивидуальным потребностям.

Технология ЕТТН

ЕТТН (Ethernet To The Home) — один из способов постоянного подключения к Интернету по протоколу Fast Ethernet, являющейся совместной разработкой компаний «Teleste Corporation» и «Tratec Telecom B.V.». Скорость подключения — 100 Мбит/с или 1 Гбит/с. До каждого подключаемого дома производится прокладка оптического кабеля. В качестве соединительных абонентских линий, в зависимости от выбора провайдера, от активного оборудования прокладывается витая пара пятой категории, либо используются оптические соединительные кабели. Альтернативный вариант широкополосного доступа — оптоволокно. Цель решения ЕТТН заключается в передаче данных, речи и видео по простой и недорогой сети Ethernet. Уникальным преимуществом данного решения является то, что использование Ethernet с оптоволокном в качестве среды передачи позволяет обеспечить гигабитный доступ по сети непосредственно из помещений клиентов. Подходящим решением для проводки внутри здания является

одномодовое и многомодовое оптоволокно, а также витая пара категории 5. Разработанная для локальных сетей, технология Ethernet экономична и обеспечивает более высокую пропускную способность по сравнению с DSL, кабельными модемами и беспроводными решениями. Эта технология широко используется для корпоративных локальных сетей. 100-мегабитный Ethernet доминирует в качестве стандарта для рабочих мест, тогда как на магистральных каналах наблюдается колоссальный рост 1 и 10-гигабитных скоростей. Технология Ethernet To The Home (ЕТТН) представляется лучшим широкополосным решением для абонентского доступа. ЕТТН избавлена от ограничений по скорости и расстоянию. Кроме того, технология ЕТТН имеет больший срок службы.

Технология F/TDMA

Технология FDMA, что по-английски расшифровывается как Frequency Division Multiple Access, является методом множественного доступа, основанном на разделении каналов с частотами. Каждый канал занимает определенную частотную полосу в отведенном для соты частотном диапазоне. Технологию FDMA используют стандарты AMPS (ширина канала 30 кГц) и NMT (ширина канала 25 кГц), основанные на передаче аналогового сигнала. После установления соединения вся соответствующая каналу полоса частот используется для обслуживания диалога только между одним абонентским телефоном и базовой станцией, какое-либо совместное применение одной полосы частот несколькими абонентами невозможно. Емкость соты сети определяется тем, сколько частотных каналов размещаются в частотном диапазоне, отведенном для данной соты. Технология TDMA, что по-английски расшифровывается как Time Division Multiple Access, является методом множественного доступа с временным разделением каналов. Весь диапазон частот, выделенный для данной соты, сначала подразделяется на определенное число несущих частот, после чего каждая из несущих делится еще на некоторое число временных слотов. Базовая станция, работая на данной частоте, определенную часть времени использует для связи с одним абонентом, какую-то часть - с другим и так далее. Речь обычно передается в оцифрованном виде с компрессией. Метод TDMA применяется в цифровых

стандартах D-AMPS (частотные каналы шириной 30 кГц разделяются на три временных слота) и GSM восемь временных слотов при несущем диапазоне 200 кГц).

Технология Fast link

FastLink-оборудование операторского класса для построения сетей проводного абонентского доступа с предоставлением пользователям полного спектра услуг по передаче голоса и широкополосной передачи данных на скоростях до 8 Мбит/с. Преимущества использования FastLink неограниченно покрываемые расстояния, высокое качество передачи, широкая полоса пропускания. FastLink представляет собой модульную систему доступа; это гибридное сетевое решение для экономичного внедрения оптоволокна с предоставлением услуг на скоростях до 2 Мбит/с. FastLink может соединяться с местными АТС, имеющими интерфейсы CAS, V5.1, V5.2, а также с сетями передачи данных, имеющими интерфейсы 2 Мбит/с, VF и/или 64 кбит/с. Он обеспечивает узкополосный абонентский интерфейс для передачи речи и данных и дополнительно широкополосный интерфейс до 2 Мбит/с, позволяя реализацию применений, требующих высокой скорости передачи и поддержку будущих приложений мультимедиа. FastLink обеспечивает архитектуры FTTC, FTTB, FTTN. Поэтому его можно экономично развернуть как в жилых районах, так и в деловых и промышленных районах (для фирм различного размера). За исключением новых проектов, основная задача заключается в сохранении изначальных капиталовложений за счет максимального использования уже существующих медных кабелей. FastLink обеспечивает экономичное и постепенное внедрение оптоволокна в сети доступа. Сначала оптоволокном заменяются главные медные кабели в зоне фидера. При этом используются медные кабели в зоне отвода, даже для передачи сигналов 2 Мбит/с, в дополнение к POTS и услугам ISDN. Для этого используются цифровые технологии абонентских линий, например, HDSL (высокоскоростная цифровая абонентская линия). HDSL позволяет передавать сигнал 2 Мбит/с на расстояние в среднем до 4 километров без использования ретрансляторов. Во многих странах внедряются проекты перевода существующих аналоговых АТС на цифровое оборудование. Цифровые АТС предоставляют услуги ISDN и намного больше новых

возможностей получения дохода. Для замены устаревших аналоговых АТС FastLink предлагает эквивалентные модули и позволяет уменьшить число и разнообразие типов АТС. Применение технологии абонентского радиодоступа (RLL) обеспечивает возможность альтернативного использования в отводах медных кабелей или волокна. Для таких решений, основанных на международном стандарте DECT, можно использовать компоненты системы DECTLink фирмы SIEMENS. Совместно с системой Xpress-Link D и широкополосной системой ATM от SIEMENS Fast-Link является подсистемой, обеспечивающей узкополосные и широкополосные услуги, тем самым становится возможным эффективным и экономичным переход к сети, предоставляющей все виды услуги, от узко-полосных до широкополосных.

Технология FDMA

FDMA (Frequency Division Multiple Access) – множественный доступ с частотным разделением. Это один из самых распространенных методов множественного доступа, применяемых не только в сотовой связи, но и в других системах радиосвязи. Сам термин "множественный доступ" предусматривает разделение общего ресурса линии связи между информационными источниками. Принцип FDMA заключается в том, что весь частотный спектр разделяется между пользователями на равные или не равные частотные полосы. Причем каналы могут быть как симметричными в обоих направлениях, так и асимметричными. Источники информации могут использовать выделенный им частотный ресурс неограниченно по времени, но при этом не должны создавать помехи соседним каналам. Чтобы избежать переходных помех вводят специальный защитный частотный интервал между соседними каналами. Это так называемая полоса расфилтровки. Она не используется для передачи информации и поэтому снижает общую пропускную способность имеющегося канала связи. Принцип организации FDMA

Метод FDMA используется как в аналоговых системах связи, так и в цифровых обычно наряду вместе с другими методами множественного доступа TDMA (Time Division Multiple Access) и CDMA. В сотовой связи FDMA применяется во всех стандартах: NMT (Nordic Mobile Telephone), GSM (Global System for Mobile Communications), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), LTE (Long Term Evolution), Mobile WIMAX

(Worldwide Interoperability for Microwave Access). Такое широкое распространение FDMA в первую очередь обусловлено тем, что все системы сотовой связи используют радио соединение на участке между мобильной станцией и базовой, а частота – это самый важный и ценный ресурс такого соединения. Дело в том, что в отличие от проводных соединений, доступ к которым имеют лишь абоненты данной сети, в радио соединениях доступ к эфиру имеют одновременно несколько абонентов/операторов/систем сотовой связи и они не могут работать на одной частоте в одной точке пространства. В связи с этим появляется необходимость в разделении всего имеющегося ресурса на частотные полосы. FDMA часто применяется в совокупности с другими методами разделения каналов. В GSM частотный метод разделения применяется вместе с TDMA. Весь частотный диапазон разделяется на последовательно пронумерованные частотные симметричные в обоих направлениях полосы, каждый шириной 200 кГц. В свою очередь каждый частотный канал разделяется на 8 таймслотов, в которых уже и передается информация абонентов и системы. Между частотными каналами используется полоса расфилтровки для того, чтобы избежать переходных помех. В стандарте UMTS также используется FDMA вместе с CDMA. Однако в этом случае используют гораздо более широкие частотные каналы и меньшие полосы расфилтровки за счет меньшего уровня излучаемой мощности.

Технология Fram Ralei

Frame relay (англ. «ретрансляция кадров», FR) — протокол канального уровня сетевой модели OSI. Служба коммутации пакетов Frame Relay в настоящее время широко распространена во всём мире. Максимальная скорость, допускаемая протоколом FR — 34,368 мегабит/сек (каналы E3). Коммутация: точка-точка. Frame Relay был создан в начале 1990-х в качестве замены протоколу X.25 для быстрых надёжных каналов связи, технология FR архитектурно основывалась на X.25 и во многом сходна с этим протоколом, однако в отличие от X.25, рассчитанного на линии с достаточно высокой частотой ошибок, FR изначально ориентировался на физические линии с низкой частотой ошибок, и поэтому большая часть механизмов коррекции ошибок X.25 в состав стандарта FR не вошла. В разработке спецификации принимали участие многие организации;

многочисленные поставщики поддерживают каждую из существующих реализаций, производя соответствующее аппаратное и программное обеспечение. Frame relay обеспечивает множество независимых виртуальных каналов (Virtual Circuits, VC) в одной линии связи, идентифицируемых в FR-сети по идентификаторам подключения к соединению (Data Link Connection Identifier, DLCI). Вместо средств управления потоком включает функции извещения о перегрузках в сети. Возможно назначение минимальной гарантированной скорости (CIR) для каждого виртуального канала. В основном применяется при построении территориально распределённых корпоративных сетей, а также в составе решений, связанных с обеспечением гарантированной пропускной способности канала передачи данных (VoIP, видеоконференции и т. п.).

Флаг (1 Byte) Адрес (2-4 Byte) Данные (переменный размер) FCS (2 Byte) Флаг (1 Byte)

Каждый кадр начинается и замыкается «флагом» — последовательностью «01111110». Для предотвращения случайной имитации последовательности «флаг» внутри кадра при его передаче проверяется всё его содержание между двумя флагами и после каждой последовательности, состоящей из пяти идущих подряд бит «1», вставляется бит «0». Эта процедура (bit stuffing) обязательна при формировании любого кадра FR, при приёме эти биты «0» отбрасываются. FCS (Frame Check Sequence) — проверочная последовательность кадра служит для обнаружения ошибок и формируется аналогично циклическому коду HDLC. Поле данных имеет минимальную длину в 1 октет, максимальную по стандарту Frame Relay Forum — 1600 октетов, однако в реализациях некоторых производителей FR-оборудования допускается превышение максимального размера (до 4096 октетов). Поле Адрес кадра Frame Relay, кроме собственно адресной информации, содержит также и дополнительные поля управления потоком данных и уведомлений о перегрузке канала и имеет следующую структуру:

DLCI (6 Bit) C/R (1 Bit) EA (1 Bit) DLCI (4 Bit) FECN (1 Bit) BECN (1 Bit) DE (1 Bit) EA (1 Bit)

Технология FTTB

Технология FTTB. Гибридные оптико-коаксиальные сети (HFC – Hybrid Fiber Coax) строятся по трем основным технологиям FTTN (Fiber To Node) –

оптика до дома. FTTB (Fiber To Building) – оптика до здания (строения). Иногда можно видеть и слово Block – блок. Это означает, что оптика доведена до жилищного блока. FTTC (Fiber To Car) – оптика до группы домов. Если FTTN является перспективной, но относительно дорогостоящей технологией, то FTTB является “оптимальной” технологией, наиболее удобной для российских городов среднего и большого размеров. Что же обычно понимают под FTTB технологией? Под такой технологией понимают относительно глубокое проникновение оптики до абонента, т.е. работу оптического узла (ОУ) в среднем на 100...250 абонентов (например, 9...12-ти этажный дом на 4...6 подъездов). При этом после ОУ каскадно включается обычно не более одного коаксиального усилителя (рис.2). Особенности технологии FTTB являются: Повышенная надежность. Как известно из практики, наибольшее число отказов приходится именно не на ВОЛС, а на коаксиальные сети. Ввиду наличия каскадно включенного не более одного усилителя (например, усилитель на подъезд), вероятность отказа является низкой. Простота построения параллельных цифровых сетей является наиважнейшим достоинством FTTB технологии. При этом под параллельную цифровую сеть выделяется отдельное оптическое волокно (вместо жилы под реверсный канал). Снижение шумов ингрессии достигается за счет малого числа абонентов, подключаемых к одному ОУ. Более того, при использовании коллективных кабельных модемов (СМ), шум ингрессии (основные источники шумов в реверсном канале), исходящие от абонентов, фактически исключаются, т.к. СМ включается на входе домашнего усилителя, в составе которого отсутствует усилитель реверсного канала. Более высокие скорости цифровых потоков в реверсном направлении при неизменном числе частотных каналов обязаны исключительно числу upstream-приемников (приемники реверсного направления), устанавливаемых в составе головной станции кабельных модемов (СМТС). Увеличение числа upstream-приемников (следовательно, и увеличение суммарных скоростей в реверсном направлении) при сохранении отношения несущая/шум (C/N) стало возможным благодаря снижению числа абонентов, нагружаемых на один ОУ. Простота реализации новых цифровых технологий, накладываемых на уже

существующие FTTB сети. Классическим примером может служить новая перспективная технология EtH (Ethernet to the Home), разработанная компанией Teleste (Финляндия) и получающая все большее и большее распространение по всему миру. На рис.3А представлен фрагмент решения под названием Ethernet over Coaxial (EoC), которое обеспечивает доставку кадров Ethernet по коаксиальному телевизионному кабелю домовых распределительных сетей. Решение EoC не требует прокладки дополнительного кабеля, например UTP, и обеспечивает доступ к Ethernet сети на абонентской розетке, подключенной к коаксиальному кабелю оператора КТВ. Кстати, технология EtH от компании Teleste, позволяет и операторам FTTC сетей обойтись без прокладки ВОЛС до дома при строительстве Ethernet сетей. На рис. 3Б представлена схема решения Virtual Fiber («виртуальное волокно»), обеспечивающая доставку Ethernet (100Мбит/с) по существующим сетям кабельного телевидения. Более того «виртуальное волокно» может работать в сетях КТВ параллельно с Docsis. Возможность использования экономичных ОУ достигается за счет того простого факта, что вслед за ОУ устанавливается мощный домашний усилитель, следовательно, к выходному каскаду ОУ (а именно величиной его максимального выходного уровня и определяется ценовая политика ОУ) не предъявляется жестких требований как по коэффициенту усиления, так и по выходному уровню. Работа при низких входных оптических мощностях достигается благодаря тому факту, что последующий домашний усилитель фактически не вносит вклада в снижение S/N из-за его высокого выходного уровня. Именно работа при низких входных оптических мощностях допускает использование малого числа оптических передатчиков (следовательно, уменьшается стоимость ВОЛС в целом) при большом числе ОУ. Таким образом, можно смело утверждать, что именно FTTB технология HFC сети является наиболее выгодной для российских условий эксплуатации как с точки зрения ценовой политики, так и с точки зрения реализации высоких технических параметров. Следует также добавить, что при исполнении FTTB технологии на базе универсальных платформ серии AC (Teleste), возможна дальнейшая экономичная модернизация до FTTN технологии за счет простой установки в AC платформу (в начальной поставке это коаксиальный усилитель) приемного оптического модуля.

Технология G3

3G (от англ. third generation — третье поколение), технологии мобильной связи 3 поколения — набор услуг, который объединяет как высокоскоростной мобильный доступ с услугами сети Интернет, так и технологию радиосвязи, которая создаёт канал передачи данных. В настоящее время из-за массовых рекламных акций под этим термином чаще всего подразумевается технология UMTS. Характеристика стандарта Мобильная связь третьего поколения строится на основе пакетной передачи данных. Сети третьего поколения 3G работают на частотах дециметрового диапазона, как правило, в диапазоне около 2 ГГц, передавая данные со скоростью до 3,6 Мбит/с. Они позволяют организовывать видеотелефонную связь, смотреть на мобильном телефоне фильмы и телепрограммы и т.д. 3G включает в себя 5 стандартов семейства IMT-2000 (UMTS/WCDMA, CDMA2000/IMT-MC, TD-CDMA/TD-SCDMA (собственный стандарт Китая), DECT и UWC-136). Наибольшее распространение в мире получили два стандарта: UMTS (или W-CDMA) и CDMA2000 (IMT-MC), в основе которых лежит одна и та же технология — CDMA (Code Division Multiple Access — множественный доступ с кодовым разделением каналов). Также возможно использование стандарта CDMA450. Технология CDMA2000 обеспечивает эволюционный переход от узкополосных систем с кодовым разделением каналов IS-95 (американский стандарт цифровой сотовой связи второго поколения) к системам CDMA «третьего поколения» и получила наибольшее распространение на североамериканском континенте, а также в странах Азиатско-Тихоокеанского региона. Технология UMTS (Universal Mobile Telecommunications System — универсальная система мобильной электросвязи) разработана для модернизации сетей GSM (европейского стандарта сотовой связи второго поколения), и получила широкое распространение не только в Европе, но и во многих других регионах мира. Работа по стандартизации UMTS координируется международной группой 3GPP (Third Generation Partnership Project), а по стандартизации CDMA2000 — международной группой 3GPP2 (Third Generation Partnership Project 2), созданными и сосуществующими в рамках ITU. По данным Wireless Intelligence, на конец

ноября 2006 г. в мире насчитывалось 364 млн абонентов 3G, из них 93,5 млн были подключены к сетям UMTS и 271,1 млн — к CDMA2000. Крупнейший оператор — японский NTT DoCoMo, по состоянию на апрель 2010 года количество абонентов превышает 56 млн человек [1]. В сетях 3G обеспечивается предоставление двух базовых услуг: передача данных и передача голоса. Согласно регламентам ITU (International Telecommunications Union — Международный Союз Электросвязи) сети 3G должны поддерживать следующие скорости передачи данных: для абонентов с высокой мобильностью (до 120 км/ч) — не более 144 кбит/с; для абонентов с низкой мобильностью (до 3 км/ч) — 384 кбит/с; для неподвижных объектов — 2048 Кбит/с. Основные тренды в сетях 3G: преобладание трафика data-cards (USB-модемы, ExpressCard/PCMCIA-карты для ноутбуков) над трафиком телефонов и смартфонов 3G; постоянное снижение цены 1 Мб трафика, обусловленное переходом операторов к более совершенным и эффективным технологиям.

Технология 4G

4G (от англ. fourth generation — четвёртое поколение) — поколение мобильной связи с повышенными требованиями. К четвёртому поколению принято относить перспективные технологии, позволяющие осуществлять передачу данных со скоростью, превышающей 100 Мбит/с подвижным и 1 Гбит/с — стационарным абонентам. С технической точки зрения, основное отличие сетей четвёртого поколения от третьего заключается в том, что технология 4G полностью основана на протоколах пакетной передачи данных, в то время как 3G соединяет в себе как пакетную коммутацию, так и коммутацию каналов. Для передачи голоса в 4G предусмотрены технологии VoLTE. Требования IMT-Advanced Передовые международные мобильные телекоммуникационные системы (IMT-Advanced), определённые сектором радиосвязи МСЭ, должны отвечать некоторым требованиям, чтобы считаться сетями поколения 4G [6]: основываются на коммутации пакетов, используя протоколы IP; пиковые скорости передачи данных, чтобы поддержать передовые услуги и приложения должны составлять от 100 Мбит/с для пользователей с высокой мобильностью и от 1 Гбит/с для пользователей с низкой мобильностью [7]; используются динамически разделяемые сетевые

ресурсы для поддержки большого количества одновременных подключений к одной соте; их масштабируемая полоса частот канала 5—20 МГц, опционально до 40 МГц [8][9]; минимальные значения для пиковой спектральной эффективности 15 бит/с/Гц в нисходящем канале и 6,75 бит/с/Гц в восходящем канале (имеется в виду, что скорость передачи информации 1 Гбит/с в нисходящем канале должна быть возможна при полосе пропускания радиоканала менее 67 МГц) [10]; спектральная эффективность на сектор в нисходящем канале 3 бит/с/Гц/сектор и в восходящем канале 2,25 бит/с/Гц/сектор [8]; плавный хэндовер через различные сети; высокое качество мобильных услуг. Производителями оборудования на сегодняшний день являются такие ведущие компании, как Alcatel-Lucent, Huawei, ZTE, Nokia и другие [59]. В России выпуск сетевого оборудования начал компания Nokia Siemens Networks на базе совместного с НПФ «Микран» и корпорации «Роснано» предприятия под Томском. Выпускаемые ими мультистандартные базовые станции Flexi Multiradio 10, могут работать как в различных стандартах (2G/GSM/GPRS/EDGE, 3G/WCDMA/UMTS/HSPA и 4G/LTE/FDD/TDD/LTE-Advanced), так и в большом количестве частотных диапазонов 800/900/1900/2100/2500/2700 МГц [60]. Первые чипсеты для модемов (MDM9225, MDM9625), которые будут поддерживать сети LTE Advanced, компания Qualcomm планирует выпустить в конце 2012 года. Это первые чипсеты, которые поддерживают технологию агрегации несущих частот, позволяющую комбинировать несколько радиоканалов в нескольких полосах частот. Благодаря этой технологии операторы могут обойти ограничение стандарта LTE в части требования наличия 20 МГц непрерывного спектра и в имеющихся у них LTE-сетях повысить скорость работы пользователей до 150 Мбит/с. Стоит также отметить, что чипсеты MDM9225 и MDM9625 обратно совместимы с более старыми стандартами мобильных сетей — EV-DO Advanced, TD-SCDMA и GSM, в результате чего модемы, в которых они будут устанавливаться, смогут работать в 7 разных режимах: CDMA2000 (1X, DO), GSM/EDGE, UMTS (WCDMA, TD-SCDMA) и LTE (причем, и в LTE-FDD и в LTE-TDD) [61].

Технология GSM

GSM (от названия группы Groupe Spécial Mobile, позже переименован в Global System for Mobile Communications) (русск. СПС-900) — глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи, с разделением каналов по времени (TDMA) и частоте (FDMA). Разработан под эгидой Европейского института стандартизации электросвязи (ETSI) в конце 80-х годов. Стандарт GSM относится ко второму поколению стандартов для сотовой связи, основанному на цифровой технологии. Реализованное в системах GSM полноскоростное кодирование речи позволяет сделать ее качество сравнимым с качеством стационарных телефонных сетей. Радиотелефон стандарта GSM можно условно разделить на две части: абонентский модуль SIM (SIM-карта) и непосредственно сам телефон, содержащий аппаратное и программное обеспечение. SIM-карта служит подтверждением подлинности абонента и содержит в своей памяти все необходимые данные, связанные с полномочиями конкретного абонента. Чтобы похититель не смог ею воспользоваться, в нее вводят специальный идентификационный номер (PIN-код). Использование SIM-карты также удобно тем, что при смене аппарата абоненту не нужно менять свой мобильный номер, он просто переставляет карту, и все сохраненные на ней данные, включая записную книжку, становятся доступными в новом аппарате. Когда SIM-карты нет в аппарате, доступ к абсолютному большинству услуг закрыт, за исключением экстренных вызовов (если позволяет сеть). Изготовить дубликат SIM-карты очень сложно и в совокупности с функциями защиты, она дает высокий уровень защиты пользователей и сетей от несанкционированного доступа. Преимущества стандарта GSM: Меньшие по сравнению с аналоговыми стандартами (NMT-450, AMPS-800) размеры и вес телефонных аппаратов при большем времени работы без подзарядки аккумулятора. Это достигается в основном за счёт аппаратуры базовой станции, которая постоянно анализирует уровень сигнала, принимаемого от аппарата абонента. В тех случаях, когда он выше требуемого, на сотовый телефон автоматически подаётся команда снизить излучаемую мощность. Хорошее качество связи при достаточной плотности размещения базовых станций. Большая ёмкость сети, возможность большого числа одновременных соединений. Низкий

уровень промышленных помех в данных частотных диапазонах. Улучшенная (по сравнению с аналоговыми системами) защита от подслушивания и нелегального использования, что достигается путём применения алгоритмов шифрования с разделяемым ключом.[уточнить] Эффективное кодирование (сжатие) речи. EFR-технология была разработана фирмой Nokia и впоследствии стала промышленным стандартом кодирования/декодирования для технологии GSM (см. GSM-FR, GSM-HR и GSM-EFR) Широкое распространение, особенно в Европе, большой выбор оборудования. Возможность роуминга. Это означает, что абонент одной из сетей GSM может пользоваться сотовым телефонным номером не только у себя «дома», но и перемещаться по всему миру переходя из одной сети в другую не расставаясь со своим абонентским номером. Процесс перехода из сети в сеть происходит автоматически, и пользователю телефона GSM нет необходимости заранее уведомлять оператора (в сетях некоторых операторов, могут действовать ограничения на предоставление роуминга своим абонентам, более детальную информацию можно получить обратившись непосредственно к своему GSM оператору) Недостатки стандарта GSM: Искажение речи при цифровой обработке и передаче. Связь возможна на расстоянии не более 120 км[3][4] от ближайшей базовой станции даже при использовании усилителей и направленных антенн. Поэтому для покрытия определённой площади необходимо большее количество передатчиков, чем в NMT-450 и AMPS.

Технология HDSL

Технология HDSL (High Bit-Rate Digital Subscriber Line - высокоскоростная цифровая абонентская линия) предусматривает организацию симметричной линии передачи данных, то есть скорости передачи данных от пользователя в сеть и из сети к пользователю равны. Благодаря скорости передачи 1,544 Мбит/с по двум парам проводов и 2,048 Мбит/с по трем парам проводов телекоммуникационные компании используют технологию HDSL в качестве альтернативы линиям T1/E1 (линии T1 используются в Северной Америке и обеспечивают скорость передачи данных 1,544 Мбит/с, а линии E1 используются в Европе и обеспечивают скорость передачи данных 2,048 Мбит/с.). Расстояние, на

которое система HDSL передает данные, составляет порядка 3,5 - 4,5 км (меньше, чем при использовании технологии ADSL), но для увеличения длины линии HDSL телефонные компании могут установить специальные повторители. Использование для организации линии HDSL двух или трех витых пар телефонных проводов делает эту систему идеальным решением для соединения с учрежденческой АТС (УАТС) серверов Интернет, локальных сетей.

Технология MPLS

MPLS (англ. multiprotocol label switching — многопротокольная коммутация по меткам) — механизм в высокопроизводительной телекоммуникационной сети, осуществляющий передачу данных от одного узла сети к другому с помощью меток. MPLS является масштабируемым и независимым от каких-либо протоколов механизмом передачи данных. В сети, основанной на MPLS, пакетам данных присваиваются метки. Решение о дальнейшей передаче пакета данных другому узлу сети осуществляется только на основании значения присвоенной метки без необходимости изучения самого пакета данных. За счет этого возможно создание сквозного виртуального канала, независимого от среды передачи и использующего любой протокол передачи данных. Преимущества технологии MPLS позволяет достаточно легко создавать виртуальные каналы между узлами сети. Технология позволяет инкапсулировать различные протоколы передачи данных. Основным преимуществом MPLS является независимость от особенностей технологий канального уровня, таких как ATM, Frame Relay, SONET/SDH или Ethernet, и отсутствия необходимости поддержания нескольких сетей второго уровня, необходимых для передачи различного рода трафика. По виду коммутации MPLS относится к сетям с коммутацией пакетов. Технология MPLS была разработана для организации единого протокола передачи данных как для приложений с коммутацией каналов, так и приложений с коммутацией пакетов (подразумеваются приложения с датаграммной передачей пакетов). MPLS может быть использован для передачи различного вида трафика, включая IP-пакеты, ячейки ATM, фреймы SONET/SDH[3] и кадры Ethernet

Технология NGN.

Общие понятия. NGN — это мультисервисная сеть, способная обеспечить обслуживание «triple-play services» за счет использования оборудования передачи и коммутации, основанного на пакетных технологиях. Одна из существенных особенностей NGN — разделение функций передачи IP-пакетов и функций управления этим процессом. Передача информации осуществляется коммутаторами пакетов (КП). В качестве устройств управления (УУ) используются аппаратно-программные средства — оборудование Softswitch. Пользователи имеют терминалы двух типов: телефонный аппарат — для передачи речи и персональный компьютер — для обмена данными и получения видеoinформации.

Технология NISDN

NISDN

(Narrowband Integrated Services Digital Network) - одна из разновидностей ISDN, узкополосная цифровая сеть с интеграцией услуг. Когда говорят ISDN чаще всего подразумевают NISDN. NISDN позволяет осуществлять передачу на скоростях до 2Мбит/с. Интерфейс NISDN представляет собой набор каналов определенного типа и с определенными скоростями. Сеть NISDN поддерживает два типа пользовательского интерфейса — начальный (базовый) BRI (Basic Rate Interface) и основной (первичный) PRI (Primary Rate Interface). $BRI=2B+1D+1S=2*64+1*16+1*48=192$ кбит/с. $PRI=30B+1D+1S=30*64+1*64+1*64=2048$ кбит/с., где - канал В — информационный, со скоростью передачи данных 64 Кбит/с; - канал D — канал сигнализации, со скоростью передачи данных 16 или 64 Кбит/с; - канал S — канал синхронизации, со скоростью 48 или 64 кбит/с. Каналы В обеспечивают передачу пользовательских данных. Канал типа D выполняет две основные функции. Первой и основной является передача адресной информации. Второй функцией является поддержка услуг низкоскоростной сети с коммутацией пакетов для пользовательских данных. Каналы типа S предоставляют пользователям: синхронность работы каналов типа В, а также на них могут работать службы высокоскоростной передачи факсов, видеoinформации, качественного воспроизведения звука.

Технология PRI

PRI (Basic Rate Interface) — основной или первичный интерфейс, один из

интерфейсов сети ISDN. Используется для подключения к широкополосным магистралям, связывающим местные и центральные АТС или сетевые коммутаторы, предназначен для пользователей с повышенными требованиями к пропускной способности сети. Позволяет организовать передачу до 2 Мбит/с. Интерфейс PRI поддерживает либо схему 30B+D (30 каналов В и канал D; общая скорость - 2,048 Мбит/с) а также один канал синхронизации, либо схему 23B+D (1,544 Мбит/с). В обеих схемах канал D – служебный канал, обеспечивает скорость 64 кбит/с. Канал В – информационный, со скоростью передачи данных 64 Кбит/с; Канал синхронизации S 64 кбит/с. Первый вариант предназначен для Европы, второй - для Северной Америки и Японии. PRI – это совокупность нескольких цифровых линий, используемых параллельно для приема и передачи данных. Такие совокупности линий получили условные обозначения T1 и E1.

Технология SDSL

Технология SDSL (Single Line Digital Subscriber Line) или HDSL2 - однолинейная цифровая абонентская линия) обеспечивает симметричную передачу данных со скоростями, соответствующими скоростям линий T1/E1. 2/1,5 Мбит/с. Технология SDSL имеет два важных отличия: 1) используется только одна витая пара проводов; 2) максимальное расстояние передачи ограничено - 3 км. В пределах этого расстояния технология SDSL может обеспечить работу системы видеоконференций, когда требуется поддерживать одинаковые потоки передачи данных в оба направления.

Технология SHDSL(RADSL)

Технология SHDSL (Symmetric High-bit rate DSL – симметричная высокоскоростная цифровая линия). С февраля 2001 г. МСЭ-Т (ITU-T) принял рекомендации G.991.2, которые поддерживают технологию SHDSL. Технология имеет предел скорости 2,3 Мбит/с при использовании одной телефонной пары и до 4,6 Мбит/с при использовании двух пар. Эта технология допускает применение регенераторов, что позволяет операторам обслуживать пользователей, находящихся на расстоянии до 18,5 км от узла. Технология опирается на стандарт 16-уровневого линейного кодирования TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation – амплитудно-импульсная модуляция с применением корректирующего кода). Для передачи

речи в SHDSL-системе нет необходимости иметь POTS/ISDN-сплиттер, разделяющий информацию аналоговых телефонов и терминалов ISDN, поскольку речевой сигнал сегментируется таким же образом, как и сигнал данных, и передается как ATM-пакет и вновь собирается на другом конце линии. Новый стандарт G.991.2 является итогом длительного пути от ИКМ-30 (коды HDB-3, AMI) к HDSL (коды 2B1Q, CAP) к SHDSL (кодирование TC-PAM). Важное место в этой технологии отводится процедуре инициализации соединений, в ходе которой согласовывается трафик E1, ISDN, ATM, IP и выбирается оптимальный механизм упаковки (фрейминг), что позволяет избежать избыточности и снизить задержку передачи. Технология SHDSL выбрана ITU-T в качестве единого стандарта для высокоскоростной симметричной передачи информации по одной паре. Симметричная технология SHDSL относится к технологии VODSL, позволяющей организовать не один, а несколько телефонных каналов в высокоскоростном потоке DSL. Одно устройство доступа VODSL способно заменить маршрутизатор, офисную АТС, модем для физической линии и мультиплексор. Работает это устройство по одной медной паре (256 или 512 кбит/с), по которой возможна организация до десятков телефонных линий. При внедрении систем VODSL на активацию телефонного канала (подключение новой телефонной линии) потребуется несколько минут. Эта система решает проблему дефицита меди, она лучше классических систем абонентского уплотнения. Система VODSL - это замена службам ISDN, которые фактически прекратили свое развитие.

Технология TCP/IP

Термин "TCP/IP" обычно обозначает все, что связано с протоколами TCP и IP. Он охватывает целое семейство протоколов, прикладные программы и даже саму сеть. В состав семейства входят протоколы UDP, ARP, ICMP, TELNET, FTP и многие другие. TCP/IP - это технология межсетевого взаимодействия, технология internet. Сеть, которая использует технологию internet, называется "internet". Если речь идет о глобальной сети, объединяющей множество сетей с технологией internet, то ее называют Internet. Архитектура протоколов TCP/IP предназначена для объединенной сети, состоящей из соединенных друг с другом шлюзами отдельных разнородных пакетных подсетей, к которым подключаются

разнородные машины. Каждая из подсетей работает в соответствии со своими специфическими требованиями и имеет свою природу средств связи. Однако предполагается, что каждая подсеть может принять пакет информации (данные с соответствующим сетевым заголовком) и доставить его по указанному адресу в этой конкретной подсети. Не требуется, чтобы подсеть гарантировала обязательную доставку пакетов и имела надежный сквозной протокол. Таким образом, две машины, подключенные к одной подсети могут обмениваться пакетами. Когда необходимо передать пакет между машинами, подключенными к разным подсетям, то машина-отправитель посылает пакет в соответствующий шлюз (шлюз подключен к подсети также как обычный узел). Оттуда пакет направляется по определенному маршруту через систему шлюзов и подсетей, пока не достигнет шлюза, подключенного к той же подсети, что и машина-получатель; там пакет направляется к получателю. Объединенная сеть обеспечивает датаграммный сервис. Проблема доставки пакетов в такой системе решается путем реализации во всех узлах и шлюзах межсетевого протокола IP. Межсетевой уровень является по существу базовым элементом во всей архитектуре протоколов, обеспечивая возможность стандартизации протоколов верхних уровней.

Технология TDMA

TDMA

(англ. Time Division Multiple Access — множественный доступ с разделением по времени) — способ использования радиочастот, когда в одном частотном интервале находятся несколько абонентов, разные абоненты используют разные временные слоты (интервалы) для передачи. Является приложением мультиплексирования канала с разделением по времени (TDM — Time Division Multiplexing) к радиосвязи. Таким образом, TDMA предоставляет каждому пользователю полный доступ к интервалу частоты в течение короткого периода времени (в GSM один частотный интервал делится на 8 временных слотов). TDMA (Time Division Multiple Access) - параллельный доступ с распределенным временем (Time division multiple access, TDMA) - это цифровая технология передачи сигнала, позволяющая получать доступ к одному радиочастотному каналу большому числу пользователей одновременно. При этом не происходит интерференции, поскольку каждому

пользователю в пределах каждого канала выделяются уникальные тайм-слоты (промежутки времени). Для обеспечения совместимости с AMPS в спецификации TDMA/IS-136 используется несущая полоса шириной в 30 кГц, в которой организовано три слота. В отличие от систем, основанных на распределении частот, все абоненты системы TDMA работают в одном и том же диапазоне частот, но при этом каждый имеет ограничения доступа по времени. Цифровая схема передачи TDMA выделяет три сигнала в каждом канале. Нынешний стандарт TDMA для сотовых сетей разделяет один канал на шесть тайм-слотов, причем каждый сигнал использует два слота, что обеспечивает существенный выигрыш в емкости, по сравнению с AMPS (улучшенным сервисом мобильной связи, advanced mobile-phone service). Каждому абоненту назначается определенный тайм-слот для передачи сигнала. После того, как один абонент завершает разговор, разрешение передается следующему и т.д. Как работает TDMA В основе действия TDMA лежит конвертирование аудио-сигнала в цифровой сигнал; этот сигнал затем разделяется на некоторое число пакетов длительностью в несколько миллисекунд каждый. На короткий промежуток времени назначается один частотный канал, а затем происходит переброска сигнала на другой канал. Цифровые фрагменты из одного передатчика занимают различные тайм-слоты в нескольких полосах одновременно. В используемом в TDMA методе доступа три пользователя одновременно делят несущую частоту в 30 кГц. Как упоминалось выше, метод доступа на основе TDMA используется также в европейском цифровом стандарте GSM, а также в японском цифровом стандарте. Основанием для выбора TDMA в качестве основного метода во всех этих стандартах послужило то, что TDMA обеспечивает возможность осуществления в операционных системах усовершенствованных сотовых сетей или в персональных системах PCS некоторые действительно важные функции. В настоящее время TDMA является доступной, одобренной к применению технологией, коммерчески используемой во многих системах. Используемые в настоящее время системы дают возможность 6-кратного уплотнения сигнала (повышения емкости). В будущем, с внедрением иерархических сот, "интеллектуальных" антенн и адаптивного назначения каналов, емкость данных сетей будет 40-кратно превышать емкость аналоговых каналов.

Технология V5.

Общие понятие. V5 - технология доступа к сети. Стандарты V5 должны обеспечить интерфейс взаимодействия между сетью доступа и телефонной станцией для поддержания узкополосных услуг связи. Стандарты серии V5 определяют требования (электрические, физические, процедурные и протокол) для соединений сети доступа и АТС. Сеть доступа - это система между АТС и оконечным оборудованием пользователя, заменяющая часть или всю локальную распределенную сеть. Она обеспечивает общее взаимодействие с такими устройствами, как аналоговый телефон ТфОП, аналоговая или цифровая офисная АТС, терминальное оборудование ISDN базового и первичного доступа, оконечное оборудование локальной сети и арендуемая линейная аппаратура. Она также обеспечивает мультиплексирование, ввод, вывод и передачу данных.

Технология V5.1

V5 - технология доступа к сети. Стандарты V5 должны обеспечить интерфейс взаимодействия между сетью доступа и телефонной станцией для поддержания узкополосных услуг связи. Протокол V5.1 функционирует на одном потоке Е1 для каналов данных и каналов управления. Он поддерживает следующие услуги: связь с ТфОП, базовый доступ ISDN и выделенную линию. Каналы данных задаются заранее. Поэтому, этот интерфейс может поддерживать только до 30 каналов связи с ТфОП или 15 каналов вазового доступа ISDN.

Технология V5.2

V5 - технология доступа к сети. Стандарты V5 должны обеспечить интерфейс взаимодействия между сетью доступа и телефонной станцией для поддержания узкополосных услуг связи. Интерфейс V5.2 может функционировать на группе (до 16) потоков Е1. Поэтому, он может поддерживать до нескольких тысяч каналов данных. Это объясняется тем, что каналы данных распределяются динамически по запросу, а также поддерживается концентрация вызовов на группе потоков. Коэффициент концентрации обычно составляет примерно 8. Из-за возможного существования многочисленных каналов V5.2 обеспечивает идентификацию отдельных каналов, что позволяет проверить целостность потока. Кроме того, этот протокол состоит из протоколов защиты,

предназначенных для защиты звеньев сигнализации, посредством переключения канала управления из неисправного потока на другой исправный поток.

Технология VDSL

Технология VDSL (Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line - сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия) является наиболее "быстрой" технологией xDSL. Она обеспечивает скорость передачи данных "нисходящего" потока в пределах от 13 до 52 Мбит/с, а скорость передачи данных "восходящего" потока в пределах от 1,5 до 2,3 Мбит/с по одной витой паре телефонных проводов (асимметричная схема VDSL). Для симметричной схемы VDSL скорость передачи данных составляет 13 – 26 Мбит/с. Технология VDSL – это альтернатива прокладыванию волоконно-оптического кабеля до конечного пользователя, но максимальное расстояние передачи данных для этой технологии составляет от 300 метров до 1300 метров. Поэтому можно подвести волоконно-оптический кабель поближе к пользователю (например, в здание, в котором находится много потенциальных пользователей) и далее использовать технологию VDSL с теми же целями, что и ADSL. Кроме того, технологию VDSL можно использовать для передачи сигналов телевидения высокой четкости (HDTV) и видео по запросу.

Технология Wi-Max

WiMAX (англ. Worldwide Interoperability for Microwave Access) — телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов). Основана на стандарте IEEE 802.16, который также называют Wireless MAN (WiMAX следует считать жаргонным названием, так как это не технология, а название форума, на котором Wireless MAN и был согласован). Название «WiMAX» было создано WiMAX Forum — организацией, которая была основана в июне 2001 года с целью продвижения и развития технологии WiMAX. Форум описывает WiMAX как «основанную на стандарте технологию, предоставляющую высокоскоростной беспроводной доступ к сети, альтернативный выделенным линиям и DSL». Максимальная скорость — до 1 Гбит/сек на ячейку. Область использования WiMAX подходит для

решения следующих задач: Соединения точек доступа Wi-Fi друг с другом и другими сегментами Интернета. Обеспечения беспроводного широкополосного доступа как альтернативы выделенным линиям и DSL. Предоставления высокоскоростных сервисов передачи данных и телекоммуникационных услуг. Создания точек доступа, не привязанных к географическому положению. Создания систем удалённого мониторинга (monitoring системы), как это имеет место в системе SCADA. WiMAX позволяет осуществлять доступ в Интернет на высоких скоростях, с гораздо большим покрытием, чем у Wi-Fi-сетей. Это позволяет использовать технологию в качестве «магистральных каналов», продолжением которых выступают традиционные DSL- и выделенные линии, а также локальные сети. В результате подобный подход позволяет создавать масштабируемые высокоскоростные сети в рамках городов.

Технология Wi-Fi

Wi-Fi — торговая марка Wi-Fi Alliance для беспроводных сетей на базе стандарта IEEE 802.11. Под аббревиатурой Wi-Fi (от английского словосочетания Wireless Fidelity, которое можно дословно перевести как «высокая точность беспроводной передачи данных») в настоящее время развивается целое семейство стандартов передачи цифровых потоков данных по радиоканалам. Принцип работы. Обычно схема Wi-Fi сети содержит не менее одной точки доступа и не менее одного клиента. Также возможно подключение двух клиентов в режиме точка-точка (Ad-hoc), когда точка доступа не используется, а клиенты соединяются посредством сетевых адаптеров «напрямую». Точка доступа передаёт свой идентификатор сети (SSID (англ.)) с помощью специальных сигнальных пакетов на скорости 0,1 Мбит/с каждые 100 мс. Поэтому 0,1 Мбит/с — наименьшая скорость передачи данных для Wi-Fi. Зная SSID сети, клиент может выяснить, возможно ли подключение к данной точке доступа. При попадании в зону действия двух точек доступа с идентичными SSID приёмник может выбирать между ними на основании данных об уровне сигнала. Стандарт Wi-Fi даёт клиенту полную свободу при выборе критериев для соединения. Более подробно принцип работы описан в официальном тексте стандарта[4]. Однако, стандарт не описывает все аспекты построения беспроводных локальных сетей Wi-Fi. Поэтому каждый производитель оборудования

решает эту задачу по-своему, применяя те подходы, которые он считает наилучшими с той или иной точки зрения. Поэтому возникает необходимость классификации способов построения беспроводных локальных сетей. По способу объединения точек доступа в единую систему можно выделить: Автономные точки доступа (называются также самостоятельные, децентрализованные, умные) Точки доступа, работающие под управлением контроллера (называются также «легковесные», централизованные) Бесконтроллерные, но не автономные (управляемые без контроллера) По способу организации и управления радиоканалами можно выделить беспроводные локальные сети: Со статическими настройками радиоканалов С динамическими (адаптивными) настройками радиоканалов Со «слоистой» или многослойной структурой радиоканала

Технология xDSL

xDSL представляет собой семейство технологий высокоскоростного доступа к сетевым услугам по существующей медной абонентской телефонной линии. В аббревиатуре xDSL символ "x" используется для обозначения конкретного типа технологии цифровой абонентской линии DSL (Digital Subscriber Line). Любой абонент, пользующийся в настоящий момент телефонной связью, имеет возможность с помощью технологий xDSL значительно увеличить скорость своего соединения, в первую очередь с сетью Интернет. Скорость передачи данных зависит только от параметров и протяженности этой линии. U-интерфейс - обеспечивает скорость до 144 Мбит/с по одной витой паре медных проводов. При этом телефонная линия для осуществления телефонной связи протягивается до абонента отдельно от линии передачи данных. ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line — асимметричная цифровая абонентская линия) — модемная технология, в которой доступная полоса пропускания канала распределена между исходящим и входящим трафиком асимметрично. Макс. Расстояние — 5,5 км. Макс. скорость: 24 Мбит/с / 3,5 Мбит/с. SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line) — симметричная цифровая абонентская линия, в котором используется только одна пара кабеля. SDSL обеспечивает одинаковую скорость передачи данных как в сторону пользователя, так и от него. Макс скорость 2 мбит/с, макс расстояние 3 км. HDSL (High Data Rate Digital Subscriber Line) —

высокоскоростная цифровая абонентская линия. Макс. Скорость 2 мбит/с по трём парам проводов, макс. расстояние 4,5 км. VDSL (Very-high data rate Digital Subscriber Line) сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия. Она обеспечивает макс скорость 65 Мбит/с / 35, а макс расстояние 1,5 км., является альтернативой волоконно-оптич кабеля, но не имеет маленькой макс расстояние. SHDSL (Single-pair High-speed + DSL) обеспечивает симметричную передачу данных сигнала по паре медных проводников. Макс расстояние 7,5 км, макс скорость 2,3 мбит/с. Данная технология допускает применение регенераторов, что позволяет оператору обслужить пользователей, находящихся на расстоянии до 18 км. от узла.

Технология проверки подлинности абонента

Для проверки подлинности при доступе к сети используются сертификаты, т. к. они предоставляют высокий уровень безопасности пользователям и компьютерам, исключая необходимость использования менее надежных методов проверки подлинности, основанных на паролях. Данный раздел описывает использование службой проверки подлинности в Интернете (Internet Authentication Service, IAS) и виртуальными частными сетями (virtual private networks, VPN) EAP-TLS (Extensible Authentication Protocol-Transport Level Security), PEAP (Protected Extensible Authentication Protocol) или IPSec (Internet Protocol security) для проверки подлинности с использованием сертификатов для различных типов доступа к сети, в том числе VPN и беспроводные подключения. Чтобы помочь в выборе метода подачи заявки на сертификат в разделе также содержится описание этих методов.

При обсуждении проверки подлинности сервер рассматривается как VPN- или IAS-сервер, являющийся конечной точкой TLS. Можно настроить VPN-сервер для выполнения проверки подлинности при доступе к сети без IAS, или использовать IAS для проверки подлинности при наличии нескольких RADIUS-клиентов (Remote Access Dial-In User Service) в сети (например VPN-сервер и беспроводные точки доступа). Сертификаты используются в двух вариантах проверки подлинности: EAP-TLS (Extensible Authentication Protocol-Transport Level Security) и PEAP (Protected Extensible Authentication Protocol). В обоих случаях для проверки подлинности серверов всегда используются сертификаты. В

зависимости от типа проверки подлинности, настроенного для метода проверки подлинности, сертификаты могут использоваться для проверки подлинности пользователя и клиента. Дополнительные сведения см. в разделах [Протокол EAP](#) и [PEAP](#). Использование сертификатов для проверки подлинности VPN-подключений является самым надежным методом проверки подлинности в операционных системах семейства Windows Server 2003. Для VPN-подключений на основе протокола L2TP/IPSec (Layer Two Tunneling Protocol over Internet Protocol security) необходимо использовать проверку подлинности на основе сертификатов. Подключения по протоколу PPTP (Point-To-Point Tunneling Protocol) не требуют сертификатов, хотя можно настроить PPTP-подключение на использование сертификатов для проверки подлинности компьютеров при использовании EAP-TLS в качестве способа проверки подлинности. Протокол PEAP с EAP-TLS и смарт-картами или сертификатами является лучшим решением при использовании клиентов беспроводных сетей (устройств с беспроводными сетевыми адаптерами, например, портативного компьютера или персонального цифрового помощника). Дополнительные сведения см. в разделах [Протокол L2TP \(Layer Two Tunneling Protocol\)](#), [Протокол PPTP](#) и [Беспроводные сети](#).

Технология VDSL.

Технология VDSL (Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line - сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия) является наиболее "быстрой" технологией xDSL. Она обеспечивает скорость передачи данных "нисходящего" потока в пределах от 13 до 52 Мбит/с, а скорость передачи данных "восходящего" потока в пределах от 1,5 до 2,3 Мбит/с по одной витой паре телефонных проводов (ассиметричная схема VDSL). Для симметричной схемы VDSL скорость передачи данных составляет 13 – 26 Мбит/с. Технология VDSL – это альтернатива прокладыванию волоконно-оптического кабеля до конечного пользователя, но максимальное расстояние передачи данных для этой технологии составляет от 300 метров до 1300 метров. Поэтому можно подвести волоконно-оптический кабель поближе к пользователю (например, в здание, в котором находится много потенциальных пользователей) и далее использовать

технология VDSL с теми же целями, что и ADSL.

Требования к сетям ПДС.

Сети передачи дискретных сообщений (ПДС) должны обеспечивать доставку по адресу заданного сообщения за установленное время и с нормированными показателями. Требования к различным показателям сети могут значительно отличаться в зависимости от того, в каких системах и для каких целей используется передаваемая информация. Весьма важным показателем является время доставки сообщения, т. е. время от начала ввода сообщения в оконечный пункт (ОП) до окончания приема сообщения в другом ОП. При передаче плановой или статистической информации время доставки может числиться минутами, часами и даже сутками. Время передачи большинства телеграмм может достигать десятков минут и часов. При работе в режиме диалога человека с ЭВМ задержка ответа более чем на 2-3 с недопустима. Это связано с тем, что при проведении расчетов на ЭВМ в процессе научной или конструкторской работы происходят непрерывные обдумывание и удержание информации в кратковременной памяти человека на время ожидания ответа и этот ответ должен быть быстрым. Еще более жесткие требования ко времени доставки сообщений предъявляются к системам управления быстропротекающими процессами, доставка сообщений в которых должна быть согласована со скоростью протекания процесса и поэтому может измеряться долями секунды. Время доставки сообщения определенного объема в некоммутируемых сетях определяется реальной скоростью передачи по каналам, а в коммутируемых сетях зависит также от способа и времени распределения сообщений в узел коммутации (УК). Требования к скоростям передачи дискретных сообщений вытекают из объемов передаваемой информации и допустимых сроков их передачи. Скорость работы телеграфных аппаратов составляет не сколько десятков бит в секунду. Одна из стандартизованных скоростей телеграфированная (50 бит/с) соответствует средней скорости работы оператора на клавиатуре 400 зн./мин. Оператор высокой квалификации может работать со скоростью до 600 зн./мин, а в отдельные моменты времени и до 800 зн./мин, что соответствует скорости телеграфной передачи 100 бит/с. Для передачи данных рекомендует следующие скорости: 50, 200, 300, 600,

1200, 2400, 4800, 9600 и 48000 бит/с. При этом скорости 200-300 бит/с определяются возможностью восприятия человеком содержания печатного текста. При беглом чтении (просмотре) возможны большие скорости. При воспроизведении текстовой и графической информации на дисплее применяют скорость передачи порядка 2400 бит/с. Требования к верности передачи определяются назначением информации и должны соразмеряться, с одной стороны, с последствиями, которые влекут за собой искажения при передаче, а с другой стороны, с затратами, которые необходимы для повышения верности. Верность передачи по коммутируемым сетям зависит как от методов повышения верности, так и от системы распределения сообщений в УК. Требование к доставке сообщения по заданному адресу регламентируется вероятностью засылки сообщения не по адресу и вероятностью потери сообщения в сети. Оба эти параметра в значительной степени связаны с системой распределения сообщений в УК.

К сетям ПДС, как и ко всем другим сетям связи, предъявляются требования по надежности, живучести, экономичности и способности к дальнейшему развитию. Требование к надежности означает, что сеть должна обеспечивать длительное функционирование с поддержанием всех вышеуказанных характеристик в заданных пределах. Требование к живучести означает, что сеть должна сохранять возможность передачи сообщений для наибольшего числа абонентов при повреждениях каналов связи и узлов коммутации. Экономичность сети предполагает минимизацию расходов на ее создание и эксплуатацию при условии выполнения сетью требований абонентов. Требование возможности дальнейшего развития тем, что потоки сообщений, передаваемые по сетям ПДС, возрастают, причем во многих случаях загрузку сети не возможно точно определить, пока сеть не начнет функционировать. Показатели коммутируемых сетей в отношении надежности, живучести и экономичности в значительной степени определяются принятой на сети системой распределения сообщений в УК.

Технология ADSL.

Технология из семейства DSL. *Asymmetric Digital Subscriber Line* — асимметричная цифровая абонентская линия. [Модемная](#) технология, в которой

доступная полоса пропускания канала распределена между исходящим и входящим трафиком асимметрично. Так как у большинства пользователей объем входящего трафика значительно превышает объем исходящего, то скорость исходящего трафика значительно ниже. Передача данных по технологии ADSL реализуется через обычную аналоговую телефонную линию при помощи абонентского устройства — модема ADSL и мультиплексора доступа (англ. DSL Access Multiplexer, DSLAM), находящегося на той АТС, к которой подключается телефонная линия пользователя.

Технология HDSL.

HDSL (англ: High Data Rate Digital Subscriber Line) — высокоскоростная цифровая абонентская линия.

Это первая технология высокоскоростной передачи данных (ПД) по скрученным медным парам телефонных кабелей, использующая высокие частоты. Была разработана в США в конце 80-х годов как более высокоскоростная, синхронная технология для организации каналов передачи не только данных, но и голосовых каналов, используя T1/E1.

HDSL может оперировать как скоростью T1 (1,544 Мбит/с) или E1 (2 Мбит/с). Более низкие скорости обслуживаются использованием 64 Кбит/с каналов, внутри T1/E1 пакета.

Это обычно называется потоком T1/E1, и используется для предоставления низкоскоростных каналов пользователям. В таких случаях, скорость канала будет полной (T1/E1), но абонент получит только ограниченную скорость 64 Кбит/с (или несколько по 64 Кбит/с) со своей стороны.

Из-за необходимости обеспечения симметричной ПД максимальная скорость ПД поддерживается только на расстоянии не более 4,5 км при использовании одной или двух скрученных пар кабеля. Возможна ПД на большие расстояния, при условии использования регенераторов. Данные кодируются методом 2B1Q (два бита (2B) в один из четырех уровней напряжения (1Q)), используется дуплекс.

Теорема Шеннона.

Теорема Шеннона. Первая теорема Шеннона: если пропускная способность канала без помех превышает производительность источника сообщений, т.е. удовлетворяется условие $C_k > V_u$, то существует способ кодирования и декодирования

сообщений источника, обеспечивающий сколь угодно высокую надежность передачи сообщений. В противном случае, т.е. если $C_k < V_u$ такого способа нет.

Таким образом, идеальное кодирование по Шеннону по существу представляет собой экономное кодирование последовательности сообщений при безграничном укрупнении сообщений. Такой способ кодирования характеризуется задержкой сообщений, поскольку кодирование очередной типичной последовательности может начаться только после получения последовательности источника длительностью T , а декодирование — только когда принята последовательность из канала той же длительности T . Поскольку требуется, то идеальное кодирование требует бесконечной задержки передачи информации. В этом причина технической нереализуемости идеального кодирования по Шеннону. Тем не менее, значение этого результата, устанавливающего предельные соотношения информационных характеристик источника и канала для безошибочной передачи сообщений, весьма велико.

Теорема, отражающая связь между энтропией источника сообщений и средним числом символов в кодовом слове.

Теорема, отражающая связь между энтропией источника сообщений и средним числом символов в кодовом слове. Теорема Шеннона

Ф

Физический смысл слотов TDMA кадра

В результате анализа различных вариантов построения цифровых сотовых систем мобильной связи (Систем Связи Подвижной Службы – ССПС) в стандарте GSM принят многостанционный доступ с временным разделением каналов (Time-Division Multiple Access - TDMA). Общая структура временных кадров показана на рис. 1.5.

Длина периода последовательности в этой структуре, которая называется гиперкадром, равна $T_T = 3 \text{ ч } 28 \text{ мин } 53 \text{ с } 760 \text{ мс}$ (12533,76 с). Гиперкадр делится на 2048 суперкадров, каждый из которых имеет длительность $T_c = 12533,76 / 2048 = 6,12 \text{ с}$.

Суперкадр состоит из мультикадров. Для организации различных каналов связи и управления в стандарте GSM используются два вида мультикадров:

1) 26-позиционные TDMA кадры мультикадра;

2) 51-позиционные TDMA кадры мультикадра.

Суперкадр может содержать в себе 51 мультикадр первого типа (для реализации каналов связи Traffic Channels) или 26 мультикадров второго типа (для реализации каналов управления Control Channels).

Длительности мультикадров соответственно:

1) $T_{M1} = 6120 / 51 = 120 \text{ мс}$;

2) $T_{M11} = 6120 / 26 = 235,385 \text{ мс}$ (3060/13 мс).

Длительность каждого TDMA кадра $T_k = 120 / 26 = 235,385 / 51 = 4,615 \text{ мс}$ (60/13 мс). В периоде последовательности гиперкадра каждый TDMA кадр имеет свой порядковый номер (NF) от NF_0 до NF_{\max} , где $NF_{\max} = (26 \times 51 \times 2048) - 1 = 2715647$.

Таким образом, гиперкадр состоит из 2715647 TDMA кадров. Необходимость такого большого периода гиперкадра объясняется требованиями применения криптографической защиты, в котором номер кадра NF используется как входной параметр.

TDMA кадр делится на восемь временных интервалов, которые принято называть окнами или слотами, они обозначаются TN с номером от 0 до 7. Физический смысл временных окон - время, в течение которого осуществляется модуляция несущей цифровым информационным потоком, т.е. передача одного цифрового пакета.

Каждое окно имеет длительность $T_o = 60 / 13 : 8 = 576,9 \text{ мкс}$ (15/26 мс) и обеспечивает передачу цифрового пакета значностью $n = 156,25$

Длительность элементарного сигнала (одного бита) в каждом пакете составляет $t_n = 576,9 / 156,25 = 3,69 \text{ мкс}$. Таким образом, цифровой пакет передается со скоростью $V = 270,833 \text{ кбит/с}$.

Каждый элементарный сигнал в пакете обозначается BN с номером от 0 до 155. Последний элементарный сигнал в цифровом пакете не имеет номера. Его длительность составляет 0,25 бита. Такая особенность структуры пакета обеспечивает устойчивость его приема при наличии временной дисперсии распространения радиоволн.

Для передачи информации по каналам связи и управления, подстройки несущих частот, обеспечения временной синхронизации и доступа к каналу связи в структуре TDMA кадра используются пять видов пакетов:

Форма представления информации.

Сообщение является формой представления информации. Одно и то же сведение может быть представлено в

различной форме. Например, сведение о часе приезда вашего приятеля может быть передано по телефону или же в виде электронного сообщения. В первом случае мы имеем дело с информацией, представленной в непрерывном виде (непрерывное сообщение). Будем считать, что это сообщение вырабатывается некоторым источником – в данном случае источником непрерывных сообщений. Во втором случае – с информацией, представленной в дискретном виде (дискретное сообщение). Это сообщение вырабатывается источником дискретных сообщений.

Информация, содержащаяся в сообщении, передается получателю по каналу передачи дискретных сообщений. Дискретные сообщения состоят из определенного, заранее известного общего количества знаков. Набор знаков называют алфавитом, а их общее количество – объемом алфавита. К числу основных информационных характеристик сообщений относятся: количество информации в отдельных сообщениях, энтропия и производительность источника сообщений. Количество информации в сообщении измеряется в битах.

Количество информации, которое приходится на одно сообщение:

$$I(a_i) = \log_2 \frac{1}{p(a_i)} = -\log_2 p(a_i)$$

Среднее количество информации $H(A)$, которое приходится на одно сообщение, поступающее от источника без памяти, получим

$$H(A) = -\sum_{i=1}^n P(a_i) \cdot \log_2 P(a_i) \quad \text{бит/с}$$

X

Характеристики дискретного канала.

Дискретный канал (ДК) включает непрерывный канал связи и устройство преобразования сигналов (НКС +УПС) приема и передачи. Алфавит ДК состоит из двух сообщений "1" и "0".

Основными характеристиками ДК являются:

- скорость передачи информации R (бит/с);
- скорость модуляции B (Бод);
- верность передачи информации характеризуется коэффициентом ошибок по единичным элементам:

$$K_{\text{ош}} = \frac{h_{\text{ош}}}{h_{\text{пер}}}$$

где $h_{\text{ош}}$ – число ошибочных передаваемых элементов;
 $h_{\text{пер}}$ – число передаваемых элементов.
 Экспериментально измеряемая величина k является оценкой для вероятности ошибки.
 Случайный процесс возникновения ошибок описывается:

- заданием входного и выходного алфавитов;
- совокупностью переходных вероятностей.

Циклический код. Передать комбинацию $X=1000$, если $P(x)=1011$.

$$F(x) = Q(x)P(x) = G(x)X^m + R(x)$$

Таким образом, циклический код, то есть закодированное сообщение $F(x)$:

Умножение одной кодовой комбинаций двоичного кода на все сочетания на образующий полином $P(x)$:

$$F(x) = 1111 \cdot 1101 = 1001011$$

Ц

Циклический код. Получена кодовая комбинация 1001101. Определите есть ли в ней ошибка, если известно, что образующий полином $P(x)=x^3+x+1$.

$$P(x)=x^3+x+1=1011$$

Делим 1001101 на 1011. Получаем число 111. Деление произошло без остатка. Значит ошибки нет.

Циклический код. Передать комбинацию $X=1001$, если $P(x)=1101$.

Необходимо передать комбинацию $G(X)=1001$.

Образующий полином $P(x)=x^3+x^2+1=1101$.

1. Умножаем кодовую комбинацию $G(x)$, которую нужно закодировать, на многочлен X^m , имеющий ту же степень, что и образующий многочлен $P(x)$:

$$G(x)=(x^3+1)x^3=x^6+x^3 \rightarrow 1001000$$

2. Делим произведение $G(x)X^m$ на образующий многочлен $P(x^m)$:

$$\frac{G(x)x^m}{P(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{P(x)},$$

где $Q(x)$ - частное от деления; $R(x)$ - остаток.

$$\frac{x^6+x^3}{x^3+x^2+1} = (x^3+x^2+x+1) + \frac{x+1}{x^3+x^2+1}$$

Или в двоичном эквиваленте:

$$\frac{1001000}{1101} = 1111 + \frac{11}{1101}$$

$$3. F(x) = Q(x)P(x) = G(x)X^m + R(x)$$

Таким образом, циклический код, то есть закодированное сообщение $F(x)$, можно образовать двумя способами:

1. Умножение одной кодовой комбинации двоичного кода на все сочетания на образующий полином $P(x)$:

$$F(x)=1111 \cdot 1101 = 1001011$$

2. Умножением заданной кодовой комбинации $G(x)$ на одиночный многочлен X^m , имеющий ту же степень, что и образующий многочлен $P(x)$, с добавлением остатка $R(x)$

$$F(x)=1001000+11=1001011$$

Циклический код. Передать комбинацию $X=1110$, если $P(x)=1011$

$$X=1110=x^3+x^2+x$$

$$P(x)=1011=x^3+x+1$$

$$G(x)*x^3=(x^3+x^2+x)x^3=x^6+x^5+x^4=1110000$$

$$\frac{G(x)x^m}{P(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{P(x)}$$

$$\frac{x^6+x^5+x^4}{x^3+x+1} = x^3+x^2 \text{ (остаток } x^2)$$

$$F(x)=Q(x)*P(x)=G(x)x^m+R(x)=1100*1011=1110100$$

Централизованная система коммутации.

Сеть содержащая УК, называется коммутируемой. При централизованной коммутации при помощи УК в одном УК требуется число каналов $N=n$, т.е. меньше, чем при децентрализованной коммутации в $(n-1)/2$ раза, число точек коммутации остается тем же самым. При централизованной системе коммутации можно уменьшить вдвое необходимое число точек коммутации $N_k=n(n-1)/2$, так как централизация позволяет устанавливать соединение не через две, а через одну точку коммутации. При этом все абоненты могут быть одновременно заняты обменом сообщениями, т.е. имеет место неблокирующаяся схема коммутации. При меньшем количестве чем $N_k=n(n-1)/2$ возможны блокировки, когда все точки коммутации заняты и некоторые абоненты не могут быть связаны между собой.

Циклическое кодирование.

Циклический код — линейный код, обладающий свойством цикличности, то есть каждая циклическая перестановка кодового слова также является кодовым словом. Используется для преобразования информации для защиты её от ошибок (см. Обнаружение и исправление ошибок).

Основной вариант циклического кода, широко применяемый на практике, отличается от предыдущего тем, что операция деления на образующий полином заменяется следующим алгоритмом: 1) к исходному кодируемому числу A справа приписывается K нулей, где K - число битов в образующем полиноме, уменьшенное на единицу; 2) над полученным числом $A*(2^K)$ выполняется операция O , отличающаяся от деления тем, что на каждом шаге операции

вместо вычитания выполняется поразрядная операция "исключающее ИЛИ": 3) полученный остаток В и есть CRC - избыточный К-разрядный код, который заменяет в закодированном числе С приписанные справа К нулей, т.е.

Циклический код. Передать комбинацию X=1011, если P(x)=1101.

Необходимо передать комбинацию G(X)= 1001.

Образующий полином P(x)= $x^3+x^2+1=1101$.

3. Умножаем кодовую комбинацию G(x), которую нужно закодировать, на многочлен X^m , имеющий ту же степень, что и образующий многочлен P(x):

$$G(x)=(x^3+x+1)x^3=x^6+x^4+x^3 \rightarrow 1011000$$

4. Делим произведение G(x) X^m на образующий многочлен P(x^m):

$$\frac{G(x)x^m}{P(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{P(x)},$$

где Q(x) - частное от деления; R(x) - остаток.

$$\frac{x^6 + x^4 + x^3}{x^3 + x^2 + 1} = (x^3 + x^2) + \frac{1}{x^3 + x^2 + 1}$$

Или в двоичном эквиваленте:

$$\frac{1011000}{1101} = 1100 + \frac{1}{1101}.$$

$$3. F(x) = Q(x)P(x) = G(x)X^m + R(x)$$

Таким образом, циклический код, то есть закодированное сообщение F(x), можно образовать двумя способами:

3. Умножение одной кодовой комбинаций двоичного кода на все сочетания на образующий полином P(x):

$$F(x)=1100 \cdot 1101 = 1011100$$

4. Умножением заданной кодовой комбинации G(x) на одиночный многочлен X^m , имеющий ту же степень, что и образующий многочлен P(x), с добавлением остатка R(x)

$$F(x)= 1011100+1 = 1011101$$

Циклический код. Передать комбинацию X=1101, если P(x)=1011.

1. Умножим комбинацию $1101=x^3+x^2+1$ на многочлен x^3 .
 $(x^3+x^2+1)x^3 = x^6+x^5+x^3$

2. Делим полученное произведение на образующий полином
 $x^6+x^5+x^3 / x^3+x+1 = (x^3+x^2+x+1)+1 / x^3+x+1$

3. По одному из способов частное умножаем на образующий полином

И получаем закодированную комбинацию

$$1111 \cdot 1011 = 1101001$$

Циклический код. Передать комбинацию X=1111, если P(x)=1011

$$X=1111=x^3+x^2+x+1$$

$$P(x)=1011=x^3+x+1$$

$$G(x)*x^3=(x^3+x^2+x+1)x^3=x^6+x^5+x^4+x^3=1111000$$

$$\frac{G(x)x^m}{P(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{P(x)}$$

$$\frac{x^6+x^5+x^4+x^3}{x^3+x+1} = x^3+x^2+1 \text{ (остаток } x^2+x+1)$$

$$F(x)=Q(x)*P(x)=G(x)x^m+R(x)=1101*1011=1111111$$

Циклический код. Получена кодовая комбинация 1101011. Определите есть ли в ней ошибка, если известно, что образующий полином P(x)=x³+x+1.

Для этого нужно определить наличие синдрома, т.е. разделить полученную комбинацию на полином. Если при делении получен остаток, значит в комбинации есть ошибка.

$1101011/1011=1111$ и остаток 10, что говорит о наличии синдрома. Значит, в полученной комбинации есть ошибка.

Циклический код. Получена кодовая комбинация 1011110. Определите есть ли в ней ошибка, если известно, что образующий полином P(x)=x³+x²+1.

$$P(x)=x^3+x^2+1 = 1101$$

Делим 1011110 на 1101. Получаем число 111. Деление произошло без остатка. Значит ошибки нет.

Циклический код. Получена кодовая комбинация 1001001. Определите есть ли в ней ошибка, если известно, что образующий полином P(x)=x³+x²+1.

Широкое распространение на практике получил класс линейных кодов, которые называются циклическими. Данное название происходит от основного свойства этих кодов: если некоторая кодовая комбинация принадлежит

циклическому коду, то комбинация полученная циклической перестановкой исходной комбинации (циклическим сдвигом), также принадлежит данному коду:

$a_1, a_2, \dots, a_{n-1}, a_n; \rightarrow a_n, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}.$

Вторым свойством всех разрешенных комбинаций циклических кодов является их делимость без остатка на некоторый выбранный поленом, называемый производящим. Синдромом ошибки в этих кодах является наличие остатка от деления принятой кодовой комбинации на производящий полином.

Эти свойства используются при построении кодов, кодирующих и декодирующих устройств, а также при обнаружении и исправлении ошибок.

Разделить 1001001 на образующий полином $P(x)=x^3+x^2+1$ (1101). Остаток 010, что говорит о наличии ошибки

Ч

Частотное разделение сигналов.

При частотном разделении каналов весь спектр частотного диапазона, который использует система передачи, разбивается на некоторое число частотных полос, в которых осуществляется передача выходных информационных сигналов. Отдельные полосы частот называются каналами; аппаратура, которая осуществляет разбиение на полосы частот отдельных каналов - мультиплексором. Перенос спектров сигналов в область частот, отведенной для передачи группового сигнала осуществляется посредством модуляции гармоничной несущей. При этом может использоваться любой вид модуляции аналоговых сигналов. На приемной стороне групповой сигнал разделяется с помощью частотных полосных фильтров на отдельные спектры, соответствующих индивидуальным каналам, и демодулируется.

Частотный диапазон GSM

GSM включает в себя несколько диапазонов частот, наиболее распространены: 900, 1800, 1900 МГц.

Диапазон 900 МГц

Изначально под стандарт GSM был выделен диапазон 900 МГц. В настоящее время данный диапазон остаётся всемирным. В некоторых странах используются расширенные диапазоны частот, обеспечивающие большую ёмкость сети. Расширенные диапазоны частот называются E-GSM и R-GSM, в то время как обычный диапазон носит название P-GSM (primary).

- P-GSM900 890-915/935-960 MHz
- E-GSM900 880-915/925-960 MHz
- R-GSM900 890-925/935-970 MHz
- R-GSM1800 1710-1785/1805-1880 MHz

Диапазон 1800 МГц

В 1990 г. для увеличения конкуренции между операторами, в Великобритании начали развивать новую версию GSM, которая адаптирована к диапазону частот 1800. Сразу после утверждения данного диапазона несколько стран сделали заявку на использование данного диапазона частот. Введение данного диапазона увеличило рост количества операторов, приводя к увеличению конкуренции и, соответственно, улучшению качества обслуживания. Применение данного диапазона позволяет увеличивать ёмкость сети за счёт увеличения полосы пропускания и, соответственно, увеличение количества несущих. Диапазон частот 1800 использует следующие диапазоны частот: GSM 1710-1805/1785-1880 MHz.

До 1997 года стандарт 1800 носил название Digital Cellular System (DCS) 1800 MHz, в настоящее время носит название GSM 1800.

Диапазон 1900 МГц

В 1995 году в США была специфицирована концепция PCS (Personal Cellular System). Основной идеей этой концепции является возможность предоставления персональной связи, то есть связи между двумя абонентами, а не между двумя мобильными станциями. PCS не требует, чтобы эти услуги были реализованы на основе сотовой технологии, но в настоящее время эта технология признана наиболее эффективной для данной концепции. Частоты, доступные для реализации PCS, находятся в области 1900 МГц. Поскольку в Северной Америке стандарт GSM 900 не может быть использован из-за того, что эта полоса частот занята другим стандартом, стандарт GSM 1900 является возможностью заполнения этого пробела. Основным различием между американским стандартом GSM 1900 и GSM 900 является то, что GSM 1900 поддерживает сигнализацию ANSI.

Диапазон GSM 800

Традиционно полоса 800 МГц была занята распространенным в США стандартом TDMA (AMPS и D-AMPS). Как и в случае со стандартом GSM 1800 этот стандарт дает возможность получения дополнительных лицензий, то есть расширяет область работы стандарта на национальных сетях предоставляя операторам дополнительную ёмкость.

Частотный план IEEE 802.11

В стандарте 802.11 предусмотрено использование частотного диапазона от 2400 до 2483,5 МГц, то есть диапазона шириной 83,5 МГц, разбитого на несколько частотных подканалов.

В основе стандарта 802.11 лежит технология уширения спектра (Spread Spectrum, SS), которая подразумевает, что первоначально узкополосный (в смысле ширины спектра) полезный информационный сигнал при передаче преобразуется таким образом, что его спектр оказывается значительно шире, чем спектр первоначального сигнала. Одновременно с уширением спектра сигнала происходит и перераспределение спектральной энергетической плотности сигнала — энергия сигнала также «размазывается» по спектру.

В протоколе 802.11 применяется технология уширения спектра методом прямой последовательности (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS). Суть ее заключается в том, что для уширения спектра первоначально узкополосного сигнала в каждый передаваемый информационный бит встраивается чиповая последовательность, которая представляет собой последовательность прямоугольных импульсов. Если длительность одного чипового импульса в n раз меньше длительности информационного бита, то и ширина спектра преобразованного сигнала будет в n раз больше ширины спектра первоначального сигнала. При этом амплитуда передаваемого сигнала уменьшится в n раз.

Чем определяется максимальный радиус соты GSM-900

Сота – это некоторая географическая область, которая обслуживается одной или несколькими базовыми станциями и в которой действует одна группа контрольных логических каналов GSM (сами каналы будут рассмотрены в следующих главах). Каждой соте назначается свой уникальный номер, называемый Глобальным идентификатором соты (CGI). В сети, охватывающей, например, целую страну, число сот может быть очень большим.

Зона местоположения (LA) определяется как группа сот, в которой будет производиться вызов мобильной станции. Местоположение абонента в пределах сети связано с той LA, в которой в данный момент находится абонент. Идентификатор данной зоны (LAI) хранится в VLR. Когда MS пересекает границу между двумя сотами, принадлежащими различным LA, она передает в сеть информацию о новой LA. Это происходит только в том случае, если MS находится в режиме Idle. Информация о новом местоположении не передается в течение установленного соединения, этот процесс будет происходить после окончания соединения. Если MS пересекает границу между сотами в пределах одной LA, она не сообщает сети о своем новом местоположении. При поступлении входящего вызова к MS пейджинговое сообщение распространяется в пределах всех сот, принадлежащих одной LA.

Зона обслуживания MSC состоит из некоторого числа LA и отображает географическую часть сети, находящуюся под управлением одного MSC. Для того, чтобы направить вызов к MS информация о зоне обслуживания MSC также необходима, поэтому зона обслуживания также отслеживается и информация о ней записывается в базе данных (HLR).

Зона обслуживания PLMN представляет собой совокупность сот, обслуживаемых одним оператором и определяется как зона, в которой оператор обеспечивает абоненту радиопокрытие и доступ к своей сети. В любой стране может быть несколько PLMN, по одной на каждого оператора. Определение роуминг употребляется в случае перемещения MS из одной области обслуживания PLMN в другую. Так называемый внутри сетевой роуминг представляет собой смену MSC/VLR. На рис. 1.6 представлены соотношения между различными областями обслуживания. Зона обслуживания GSM представляет собой всю географическую область, в которой абонент может получить доступ к сети GSM. Зона обслуживания GSM увеличивается по мере того, как новые операторы подписывают контракты, предусматривающие совместную работу по обслуживанию абонентов. В настоящее время зона обслуживания GSM охватывает с некоторыми промежутками многие страны от Ирландии до Австралии и от Южной Африки до Америки

Что такое канал электросвязи?

КАНАЛ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ (канал передачи), 1) совокупность технических устройств, обеспечивающих передачу сообщений любого вида от отправителя к получателю, осуществляемую с помощью электрических сигналов, распространяющихся по проводам, или радиосигналов. Соответственно назначению систем связи различают каналы электросвязи: телефонные, телеграфные, факсимильные, телевизионные, проводного и радиовещания, телемеханические, передачи данных и т. д. Обычно каналы электросвязи группируют, образуя системы многоканальной связи. 2) Полоса частот, время передачи или иной физический ресурс, выделяемый в данной системе связи для передачи определенного сообщения.

Что такое производительность источника сообщений и как она определяется?

Для построения теории связи основное значение имеет не количество информации, содержащееся в некотором конкретном сообщении, а средняя величина (математическое ожидание) количества информации, содержащегося в одном элементарном сообщении источника:

$$H(x) = \overline{\Phi[p(x_k)]}$$

Величина $H(x)$ характеризует источник сообщений и называется энтропией источника, отнесенной к одному элементу сообщения.

Частотное разделение сигналов.

Частотное разделение, при котором каждому из сигналов присваивается своя частота и сигналы передаются последовательно или параллельно во времени. Для каждого из n - сигналов выдается своя полоса в частотном диапазоне. На приемном пункте (КП) каждый из посланных сигналов выделяется сначала полосовым фильтром, затем подается на демодулятор, затем на исполнительные реле. Можно передавать сигналы последовательно или одновременно, т.е. параллельно.

Энтропия — это мера неопределенности в поведении источника сообщений.

Она равна нулю, если с вероятностью единица источником выдается всегда одно и то же сообщение (в этом случае неопределенность в поведении ИС отсутствует). Энтропия максимальна, если символы источника появляются независимо и с одинаковой вероятностью.

Единица измерения – бит/символ.

Формула Шеннона для энтропии источника дискретных сообщений

$$H(A) = -\sum_{i=1}^k p(a_i) \log_2 p(a_i)$$

где $H(A)$ - среднее количество информации, которое приходится на один символ, поступающий от источника без памяти.

Эффективное (статистическое кодирование).

Эффективное кодирование – это процедуры направленные на устранение избыточности.

Основная задача эффективного кодирования – обеспечить, в среднем, минимальное число двоичных элементов на передачу сообщения источника. В этом случае, при заданной скорости модуляции обеспечивается передача максимального числа сообщений, а значит максимальная скорости передачи информации.

Остаток ОРЭТ С-Х

2) Что такое операционная среда, назвать примеры? Программисты могут вообще не знать многих деталей управления ресурсами вычислительной системы, а должны обращаться к некоторой программной подсистеме с соответствующими выводами и получить необходимые функции сервиса. Эта программная подсистема и есть операционная система, а набор её функций сервиса и привело обращение к ней и образует базовое понятие, которое называется *операционной средой*, т.е. термин операционная среда означает необходимые интерфейсные программы пользователя для обращения к операционной системе с целью получить определённый сервис. Параллельное существование терминов “операционная система” и “операционная среда” вызвано тем, что операционная система может поддерживать несколько операционных сред. Например, операционная система *OS/2 Warp* может выполнять следующие программы:

- 1) так называемые нативные программы, созданные с учётом 32-разрядного операционного интерфейса;
- 2) 16-битные программы, созданные для *OS/2* первого поколения;
- 3) 16-битные программы, разработанные для *MS-DOS PS* и *DOS*.
- 4) 16-битовые программы для операционной среды *Windows*.
- 5) Сама операционная оболочка *Windows 3.X* и уже в ней, созданные для неё, программы.

Экзаменационный билет №3

1) Этапы развития компьютеров (ЭВМ). Первый этап (50—60-е гг.) — экономия машинных ресурсов. Машин мало, нерешенных задач счетного характера множество. Основная из них: экономия времени решения при ограниченном объеме памяти. Для ее выполнения обеспечивалась такая организация вычислительного процесса, при которой максимально загружался процессор (самая дорогостоящая часть ЭВМ того времени). Чтобы ускорить процесс кодирования (подготовки задач к решению), были созданы алгоритмические языки [Алгол](#), [Фортран](#) и др.

Второй этап (середина 60-х — начало 80-х гг.) — экономия человеческих ресурсов. Успехи развития микроэлектроники привели к быстрому снижению удельной стоимости машинной операции и единицы объема оперативной памяти, тогда как расходы на разработку и сопровождение программ не снижались, а в ряде случаев имели тенденцию к росту. На этом этапе (т. е. через десять лет после первых успешных попыток подчинить ресурсы ЭВМ задаче автоматизации программирования: созданию трансляторов) экономия человеческих, а не машинных ресурсов стала, наконец, центральной проблемой технологии программирования. От технологии эффективного использования программ к технологии эффективного программирования — так можно определить общее направление смены критериев эффективности на первом и втором этапах.

Третий этап (от начала 80-х гг. до настоящего времени) — формализация знаний. До середины 70-х гг. с ЭВМ работали в среднем один или несколько профессиональных программистов, задачей которых было программирование формализованных знаний. Но за 30 лет развития вычислительной техники заметная часть того задела ранее формализованных знаний, который был накоплен человечеством за последние 300 лет интенсивного развития точных наук, оказалась записанной в машинных программах. К концу 1983 г. в подавляющем большинстве случаев (9 из 10) за пультом ЭВМ находился не программист, а так называемый «непрограммирующий профессионал», профессионально владеющий «тайнами ремесла» в конкретной предметной области, где может быть полезна ЭВМ, но не имеющий профессиональной подготовки в области вычислительной техники и программирования. Самостоятельная формализация (автоформализация) профессиональных знаний уже на первом ее этапе (автоматизация рутинной работы, выполняемой специалистами) гарантирует огромный народнохозяйственный эффект. Но для этого должна быть обеспечена «дружеская» реакция машины на любые, в том числе неадекватные,



2) Структура

ДОС

ПЭВМ.

Программа начальной загрузки (Boot Record) находится в первом секторе на нулевой дорожке системного диска. Она занимает объем 512 байт. **Базовая система ввода-вывода (BIOS)** является надстройкой аппаратуры компьютера. Постоянный модуль BIOS отвечает за тестирование компьютера после его включения, за вызов программы начальной загрузки. **Модуль расширения BIOS** обеспечивает подключение к компьютеру дополнительных периферийных устройств, изменение некоторых параметров ДОС, замещение некоторых стандартных функций, загрузку командного процессора и его запуск. **Базовый модуль ДОС** отвечает за работу файловой системы, обслуживает прерывания верхнего уровня обеспечивает информационное взаимодействие с внешними устройствами. **Командный процессор** (command.com) предназначен для выполнения команд, загружаемых в командную строку ДОС. Все команды делят на внутренние и внешние. **Внутренние команды** содержатся внутри самого файла command.com. **Внешние команды** — это требования запуска каких-либо программ, находящихся на дисках. Кроме этого командный процессор выполняет команды файла autoexec.bat, если он находится на системном диске. Файл autoexec.bat содержит список команд, выполнение которых позволяет развернуть в оперативной памяти компьютера некоторый набор вспомогательных программ или пакетов для обеспечения последующей работы пользователя. Файл config.sys отражает специфические особенности формирования конфигурации компьютера, т.е. состава его технических и программных средств.

3) Точки доступа в сети ISDN. В число компонентов ISDN входят терминалы, терминальные адаптеры (ТА), устройства завершения работы сети, оборудование завершения работы линии и оборудование завершения коммутации. Имеется два типа терминалов ISDN. Специализированные терминалы ISDN называются "терминальным оборудованием типа 1). Терминалы, разрабатывавшиеся не для ISDN, такие, как DTE, которые появились раньше стандартов ISDN, называются "терминальным оборудованием типа 2)". Терминалы TE1 подключают к сети ISDN через цифровую линию связи из четырех скрученных пар проводов. Терминалы TE2 подключают к сети ISDN через терминальный адаптер. Терминальный адаптер (ТА) ISDN может быть либо автономным устройством, либо платой внутри TE2. Если TE2 реализован как автономное устройство, то он подключает к ТА через стандартный интерфейс физического уровня Следующей точкой соединения в сети ISDN, расположенной за пределами устройств TE1 и TE2, является NT1 или NT2. Это устройства завершения работы сети, которые подключают четырехпроводной абонентский монтаж к традиционному контуру двухпроводной локальной сети. В Северной Америке NT1 является устройством "оборудования посылок заказчика". В большинстве других частей света NT1 является частью сети, обеспечиваемой коммерческими сетями связи. NT2 является более сложным устройством, которое обычно применяется в "частных цифровых телефонных станциях с выходом в общую сеть" (PBX), и выполняет функции протоколов Уровней 2 и 3 и услуги по концентрации данных. Существует также устройство NT1/2; это отдельное устройство, которое сочетает функции NT1 и NT2. В ISDN задано определенное число контрольных точек. Эти контрольные точки определяют логические интерфейсы между функциональными группировками, такими, как ТА и NT1. Контрольными точками ISDN являются точки "R" (контрольная точка между неспециализированным оборудованием ISDN и ТА), "S" (контрольная точка между терминалами пользователя и NT2), "T" (контрольная точка между устройствами NT1 и NT2) и "U" (контрольная точка между устройствами NT1 и оборудованием завершения работы линии в коммерческих сетях связи). Контрольная точка "U" имеет отношение только к Северной Америке, где функция NT1 не обеспечивается коммерческими сетями связи.

Экзаменационный билет 7

1) Что такое манипуляция? Отличие манипуляции от модуляции. **Модуляция** (От лат. "modulatio" — мерность, размерность) — процесс изменения одного или нескольких параметров высокочастотного модулируемого колебания под воздействием относительно низкочастотного управляющего модулирующего сигнала. В результате спектр управляющего сигнала переносится в область высоких частот, где передача электромагнитных сигналов посредством излучения более эффективна. Передаваемая информация заложена в управляющем сигнале. Роль переносчика информации выполняет высокочастотное колебание, называемое несущим. В качестве несущего могут быть использованы колебания различной формы (прямоугольные, треугольные и т. д.), однако чаще всего применяются гармонические колебания. В зависимости от того, какой из параметров несущего колебания изменяется, различают вид модуляции (амплитудная, частотная, фазовая и др.). Модуляция дискретным сигналом называется цифровой модуляцией или манипуляцией.

2) С какой целью введена СУБД В современной технологии баз данных для создания баз данных, их поддержки и обслуживания используется специализированное программное обеспечение - системы управления базами данных. СУБД — это комплекс программных и языковых средств, необходимых для создания и эксплуатации баз данных. На этапе разработки баз данных СУБД служит для описания структуры базы данных: определения таблиц; определения количества полей; типа данных, отображающихся в них; размеров полей; определения связей между таблицами. Помимо таблиц большинство СУБД предусматривает создание специальных средств для работы с данными - форм, запросов

2) **Что обозначает понятие «прозрачность» телекоммуникационной сети** Прозрачность сети достигается в том случае, когда сеть представляется пользователям не как множество отдельных компьютеров, связанных между собой сложной системой кабелей, а как единая традиционная вычислительная машина с системой разделения времени. Известный лозунг компании Sun Microsystems "Сеть — это компьютер" — говорит именно о такой прозрачной сети. Прозрачность может быть достигнута на двух различных уровнях — на уровне пользователя и на уровне программиста. На уровне пользователя прозрачность означает, что для работы с удаленными ресурсами он использует те же команды и привычные процедуры, что и для работы с локальными ресурсами. На программном уровне прозрачность заключается в том, что приложению для доступа к удаленным ресурсам требуются те же вызовы, что и для доступа к локальным ресурсам. Прозрачности на уровне пользователя достичь проще, так как все особенности процедур, связанные с распределенным характером системы, скрываются от пользователя программистом, который создает приложение. Прозрачность на уровне приложения требует сокрытия всех деталей распределенности средствами сетевой операционной системы. **Прозрачность** — свойство сети скрывать от пользователя детали своего внутреннего устройства, что упрощает работу в сети.

3) **Чему равна норма затухания на абонентную линию** Затухание абонентской линии на частоте 800 гц не превышает 1 неп. Уровень передачи в абонентской линии составляет 0 неп. Мощность на выходе громкоговорителя составляет более 100 мет, а слоговая разборчивость не ниже 50 % при уровне шума в помещении 55 дб. Регулируемая искусственная линия дополняет затухание абонентской линии до затухания линии максимальной длины. При отсутствии междугородных соединительных линий МСЛ между местной и междугородной телефонными станциями затухание абонентских линий может быть увеличено

Экзаменационный билет 11

1) Примеры применения прямого и обратного пьезоэффектов?

Прямой пьезоэффект используется: в [пьезозажигалках](#), для получения высокого напряжения на разряднике; в [датчиках](#) в качестве чувствительного к силе элемента (чем больше сила, тем выше напряжение на контактах); в качестве чувствительного элемента в [микрофонах](#); в контактном пьезоэлектрическом взрывателе (например к выстрелам [РПГ-7](#)).

Обратный пьезоэлектрический эффект используется: в пьезоизлучателях (эффективны на высоких частотах и имеют небольшие габариты, такие например устанавливаются в музыкальные открытки), [ультразвуковых](#) излучателях; в системах сверхточного позиционирования, например в системе позиционирования иглы в [сканирующем туннельном микроскопе](#) или позиционер перемещения головки жёсткого диска^[2]; для подачи чернил в широкоформатных принтерах, печатающих на [сольвентных](#) чернилах и чернилах с ультрафиолетовым отверждением; в [пьезоэлектрических двигателях](#); в [адаптивной оптике](#), для изгиба отражающей поверхности деформируемого зеркала.

Прямой и обратный эффект используется: в [кварцевых резонаторах](#), используемых как эталон частоты; в [пьезотрансформаторах](#) для изменения напряжения высокой частоты.

3) **Особенности протокола V 5.2.** V5 - технология доступа к сети. Стандарты V5 (V5.1-ETS 300 324-1 и V5.2-ETS 300 347-1) обеспечивают интерфейс взаимодействия между сетью доступа и телефонной станцией для поддержания узкополосных услуг связи и обеспечивает работу с устройствами связи. V5.2 состоит больше из служебных протоколов, а именно, протокола назначения канала (BCC - протокол), протокола защиты и протокола управления каналом. V5.2 использует дополнительные резервные каналные интервалы для повышения безопасности связи. V5.2 может поддерживать до 16 потоков E1. Определены следующие функции связанные с переносом информации через интерфейс V5.2: - функции несущих каналов- функции поддержки D-каналов ISDN); - функции поддержки сигнализации ТфОП; - функции управления портами, - функции общего управления, - функции назначения каналных интервалов ИКМ-трактов для несущих каналов, - функции защиты служебной информации; - функции тактирования

2) **Для каких целей применяются алгоритмы сжатия изображения?** Изображения (как и видео) занимают намного больше места в памяти, чем текст. Так, скромная, не очень качественная иллюстрация на обложке книги размером 500×800 точек, занимает 1.2 Мб — столько же, сколько художественная книга из 400 страниц (60 знаков в строке, 42 строки на странице). В качестве примера можно рассмотреть также, сколько тысяч страниц текста мы сможем поместить на CD-ROM, и как мало там поместится качественных несжатых фотографий. Эта особенность изображений **определяет актуальность алгоритмов архивации** графики. Второй особенностью изображений является то, что человеческое зрение при анализе изображения оперирует контурами, общим переходом цветов и сравнительно нечувствительно к малым изменениям в изображении. Таким образом, мы можем создать эффективные алгоритмы архивации изображений, в которых декомпрессированное изображение не будет совпадать с оригиналом, однако человек этого не заметит. Данная особенность человеческого зрения позволила создать **специальные алгоритмы сжатия, ориентированные только на изображения**. Эти алгоритмы обладают очень высокими характеристиками. Мы можем легко заметить, что изображение, в отличие, например, от текста, обладает избыточностью в 2-х измерениях. Т.е. как правило, соседние точки, как по горизонтали, так и по вертикали, в изображении близки по цвету. Кроме того, мы можем использовать подобие между цветовыми плоскостями R, G и B в наших алгоритмах, что дает возможность создать еще более эффективные алгоритмы. Таким образом, **при создании алгоритма компрессии графики мы используем особенности структуры изображения**

2) **Что такое «интерактивность»?** Интерактивность (от [англ. interaction](#) — «взаимодействие») — понятие, которое раскрывает характер и степень [взаимодействия](#) между объектами. Используется в областях: [теории информации](#), [информатика](#) и [программирование](#), системы [телекоммуникаций](#), [социология](#), [промышленный дизайн](#) и других. В настоящее время среди специалистов перечисленных областей

отсутствует конкретное устоявшееся определение значения этого термина. Тем не менее этот термин, обобщенно, можно определить так: **Интерактивность** — это принцип организации системы, при котором цель достигается информационным обменом элементов этой системы.

3) **Технология радиодоступа, стандарт DECT.** DECT (или Digital Enhanced Cordless Telecommunications), что в переводе означает цифровая расширенная беспроводная связь, - это стандарт цифрового радиодоступа, эффективно использующий полосу радиочастот и открывающий все новые приложения беспроводной связи для дома, офиса и частных локальных коммерческих зон, таких как аэропорта, вокзалы, торговые центры, банки, биржи и др. Ключевым словом стандарта является "Digital", то есть цифровой, что в значительной мере должно было повысить уровень качества связи по сравнению с аналоговыми собратьями. Ниже приведены основные параметры стандарта: Рабочий спектр: 1880..1900 МГц, Количество частот: 10, Разнос частот: 1,728 МГц, Метод доступа: MC/TDMA/TDD, Число каналов на одну частоту: 24 (12 дуплексных каналов), Длительность фрейма: 10 ms, Скорость передачи: 1,152 Mbps, Метод модуляции: GMSK ($BT = 0,5$), Сжатие голоса: ADPCM (G.721), Выходная мощность (средняя): 10 мВт

Экзаменационный билет 16.

1) **Физические процессы на границе металл-полупроводник КОНТАКТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ** - неравновесные электронные явления, возникающие при прохождении электрич. тока через контакт полупроводника с металлом или электролитом или через контакт двух различных полупроводников (гетеропереход) либо через границу двух областей одного и того же полупроводника с разным типом носителей заряда

и разной их концентрацией.. На контакте металла с электронным полупроводником изгиб зон вверх означает, что приконтактный слой полупроводника имеет дефицит электронов и, следовательно, пониженную проводимость (обеднённый слой, запорный слой, слой Шоттки). **Омические контакты.** При изгибе зон вниз) приконтактный слой имеет избыток электронов (антизапорный слой, обогащённый слой). Ввиду повышенной проводимости он не вносит заметный вклад в сопротивление длинного образца. Поэтому контакты с обогащённым слоем могут служить омич. контактами в полупроводниковых приборах.

3) **Технология WiMAX.** **WiMAX** (англ. Worldwide Interoperability for Microwave Access) — телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов). Основана на стандарте IEEE 802.16, который также называют Wireless MAN (WiMAX следует считать жаргонным названием, так как это не технология, а название форума, на котором Wireless MAN и был согласован). Название «WiMAX» было создано WiMAX Forum — организацией, которая была основана в июне 2001 года с целью продвижения и развития технологии WiMAX. Форум описывает WiMAX как «основанную на стандарте технологию, предоставляющую высокоскоростной беспроводной доступ к сети, альтернативный выделенным линиям и DSL». Максимальная скорость — до 1 Гбит/сек на ячейку.

3) Топология беспроводной сети ЛВС.

МОП-структура Существует два основных направления применения беспроводных компьютерных сетей - работа в замкнутом объеме (офис, выставочный зал и т.п.) и соединение удаленных локальных сетей (или удаленных сегментов локальной сети). Для организации беспроводной сети в замкнутом пространстве применяются передатчики со всенаправленными антеннами. Стандарт IEEE 802.11 определяет два режима работы сети - Ad-hoc и клиент/сервер. Режим Ad-hoc (иначе называемый называемый "точка-точка") - это простая сеть, в которой связь между станциями (клиентами) устанавливается напрямую, без использования специальной точки доступа. В режиме клиент/сервер беспроводная сеть состоит, как минимум, из одной точки доступа, подключенной к проводной сети, и некоторого набора беспроводных клиентских станций. Поскольку в большинстве сетей необходимо обеспечить доступ к файловым серверам, принтерам и другим устройствам, подключенным к проводной локальной сети, чаще всего используется режим клиент/сервер. Без подключения дополнительной антенны устойчивая связь для оборудования IEEE 802.11b достигается в среднем на следующих расстояниях: открытое пространство - 500 м, комната, разделенная перегородками из неметаллического материала, - 100 м, офис из нескольких комнат - 30 м. Следует иметь в виду, что через стены с большим содержанием металлической арматуры (в железобетонных зданиях таковыми являются несущие стены) радиоволны диапазона 2,4 ГГц иногда могут вообще не проходить, поэтому в комнатах, разделенных подобной стеной, придется ставить свои точки доступа

3) **Технология Wi-Fi.** Wi-Fi — торговая марка Wi-Fi Alliance для беспроводных сетей на базе стандарта IEEE 802.11. Преимущества Wi-Fi: Позволяет развернуть сеть без прокладки кабеля, что может уменьшить стоимость развертывания и/или расширения сети. Места, где нельзя проложить кабель, например, вне помещений и в зданиях, имеющих историческую ценность, могут обслуживаться беспроводными сетями. Позволяет иметь доступ к сети мобильным устройствам. Wi-Fi устройства широко распространены на рынке. Гарантируется совместимость оборудования благодаря обязательной сертификации оборудования с логотипом Wi-Fi. Излучение от Wi-Fi устройств в момент передачи данных на два порядка (в 100 раз) меньше, чем у сотового телефона.

Экзаменационный билет 22

1 Физический смысл работы светодиодов.

Светодиоды, или светоизлучающие диоды полупроводниковый прибор, излучающий некогерентный свет при пропускании через него электрического тока. Работа основана на физическом явлении возникновения светового

излучения при прохождении электрического тока через р-п-переход. Цвет свечения (длина волны максимума спектра излучения) определяется типом используемых полупроводниковых материалов, образующих р-п-переход. Достоинства: Светодиоды не имеют никаких стеклянных колб и нитей накаливания, что обеспечивает высокую механическую прочность и надежность (ударная и вибрационная устойчивость) 2. Отсутствие разогрева и высоких напряжений гарантирует высокий уровень электро- и пожаробезопасности 3. Безынерционность делает светодиоды незаменимыми, когда требуется высокое быстродействие 4. Миниатюрность 5. Долгий срок службы (долговечность) 6. Высокий КПД, 7. Относительно низкие напряжения питания и потребляемые токи, низкое энергопотребление 8. Большое количество различных цветов свечения, направленность излучения 9. Регулируемая интенсивность

Недостатки: 1. Относительно высокая стоимость. Отношение деньги/люмен для обычной лампы накаливания по сравнению со светодиодами составляет примерно 100 раз 2. Малый световой поток от одного элемента 3. Дegradaция параметров светодиодов со временем 4. Повышенные требования к питающему источнику

3) **Способы передачи данных по линиям связи.** Линия связи (рис. 2.1) состоит в общем случае из физической среды, по которой передаются электрические информационные сигналы, аппаратуры передачи данных и промежуточной аппаратуры. Синонимом термина линия связи (line) является термин канал связи (channel). Проводные (воздушные) линии связи представляют собой провода без каких-либо изолирующих или экранирующих оплеток, проложенные между столбами и висящие в воздухе. Кабельные линии представляют собой достаточно сложную конструкцию. Кабель состоит из проводников, заключенных в несколько слоев изоляции: электрической, электромагнитной, механической, а также, возможно, климатической. Радиоканалы наземной и спутниковой связи образуются с помощью передатчика и приемника радиоволн. Существует большое количество различных типов радиоканалов, отличающихся как используемым частотным диапазоном, так и дальностью канала. Диапазоны коротких, средних и длинных волн (КВ, СВ и ДВ), называемые также диапазонами амплитудной модуляции по типу используемого в них метода модуляции сигнала, обеспечивают дальнюю связь, но при невысокой скорости передачи данных. Более скоростными являются каналы, работающие на диапазонах ультракоротких волн (УКВ), для которых характерна частотная модуляция, а также диапазонах сверхвысоких частот (СВЧ). В диапазоне СВЧ (свыше 4 ГГц) сигналы уже не отражаются ионосферой Земли и для устойчивой связи требуется наличие прямой видимости между передатчиком и приемником. Поэтому такие частоты используют либо спутниковые каналы, либо радиорелейные каналы, где это условие выполняется.

2) **Сеть кампусов, что такое?** Сети кампусов получили свое название от английского слова campus - студенческий городок. Именно на территории университетских городков часто возникала необходимость объединения нескольких мелких сетей в одну большую сеть. Сейчас это название не связывают со студенческими городками, а используют для обозначения сетей любых предприятий и организаций.

Главными особенностями сетей кампусов являются следующие (рис. 1.32). Сети этого типа объединяют множество сетей различных отделов одного предприятия в пределах отдельного здания или в пределах одной территории, покрывающей площадь в несколько квадратных километров. При этом глобальные соединения в сетях кампусов не используются. Службы такой сети включают взаимодействие между сетями отделов, доступ к общим базам данных предприятия, доступ к общим факс-серверам, высокоскоростным модемам и высокоскоростным принтерам. В результате сотрудники каждого отдела предприятия получают доступ к некоторым файлам и ресурсам сетей других отделов

2). **Синхронный и асинхронный способы взаимодействия в компьютерных сетях.** При асинхронной передаче каждый символ передается отдельной посылкой. Стартовые биты предупреждают о начале передачи. Затем передается символ. Для определения достоверности передачи используется бит четности (бит четности равен 1, если количество единиц в символе нечетно, и равен 0 в противном случае). Последний бит сигнализирует об окончании передачи. Преимущества: 1) Несложная отработанная система; 2) Недорогое интерфейсное оборудование. Недостатки: 1) Третья часть пропускной способности теряется на передачу служебных битов; 2) Невысокая скорость передачи данных по сравнению с синхронной; 3) При множественной ошибке с помощью бита четности невозможно определить достоверность полученной информации. Асинхронная передача используется в системах, где обмен данными происходит время от времени, и не требуется высокая скорость передачи данных. При использовании синхронного метода данные передаются блоками. Для синхронизации работы приемника и передатчика в начале блока передаются биты синхронизации. Затем передаются данные, код обнаружения ошибки и символ окончания передачи. Код обнаружения ошибки вычисляется по содержимому поля данных и позволяет однозначно определить достоверность принятой информации. Преимущества: 1) Высокая эффективность передачи данных; 2) Высокая скорость передачи данных; 3) Надёжный встроенный механизм обнаружения ошибок. Недостатки: 1) Интерфейсное оборудование более сложное и дорогое.

3) **Топология сети SDH.** Технология SDH позволяет комбинировать вышеприведенные способы размещения с кольцами и цепями мультимплексов ввода/вывода (ADM):

Топология сети Точка-точка

- Большая пропускная способность (при использовании DWDM)
- Малое число линий связи
- Пример: Межконтинентальные подводные линии связи

Топология сети - Кольцо, шина, дерево и звезда



- Разная пропускная способность
- Много линий связи
- Пример: сети доступа

Экзаменационный билет 27

1) Чем определяется степень интеграции микропроцессорных приборов?

были предложены следующие названия микросхем в зависимости от степени интеграции, разная для цифровых и аналоговых микросхем (указано количество элементов для цифровых схем):

- малая интегральная схема (МИС) — до 100 элементов в кристалле,
- средняя интегральная схема (СИС) — до 1000 элементов в кристалле,
- большая интегральная схема (БИС) — до 10000 элементов в кристалле,
- сверхбольшая интегральная схема (СБИС) — до 1 миллиона элементов в кристалле,
- ультрабольшая интегральная схема (УБИС) — до 1 миллиарда элементов в кристалле,
- гигабольшая интегральная схема (ГБИС) — более 1 миллиарда элементов в кристалле.

В настоящее время название УБИС и ГБИС практически не используется (например, последние версии процессоров [Itanium](#), 9300 Tukwila, содержат два миллиарда транзисторов), и все схемы с числом элементов, превышающим 10 000, относят к классу СБИС, считая УБИС его подклассом.

3) **Что такое IP-адрес?** IP-адрес ([ай-пи-адрес], Internet Protocol address). Каждое устройство (компьютер, ноутбук, выделенный сервер, мобильный телефон и т.д.) в сети Интернет имеет свой IP-адрес. Так как вы в настоящий момент подключены к интернету — это означает, что и у вашего компьютера также имеется свой уникальный адрес в сети. Однако вы можете быть подключены к интернету через маршрутизатор в вашей локальной сети. В этом случае ваш компьютер из интернета виден с тем адресом, который имеет ваш маршрутизатор. IP-адреса состоят из четырех чисел (от 0 до 255), разделенных точками и выглядят как 127.0.0.1 или 245.139.237.146

2) **Эталонная модель OSI.** Эталонная модель OSI (OSI reference model), обнародованная в 1984 году, была описательной схемой, созданной организацией ISO. Эта эталонная модель предоставила производителям оборудования набор стандартов, которые обеспечили большую совместимость и более эффективное взаимодействие различных сетевых технологий и оборудования, производимого многочисленными компаниями во всем мире.

Эталонная модель OSI является первичной моделью, используемой в качестве основы для сетевых коммуникаций. Хотя существуют и другие модели, большинство производителей оборудования и программного обеспечения ориентируются на эталонную модель OSI, особенно когда желают обучить пользователей работе с их продуктами. Эталонная модель OSI в настоящее время считается наилучшим доступным средством обучения пользователей принципам работы сетей и механизмам отправки и получения данных по сети. Эталонная модель OSI определяет сетевые функции, выполняемые каждым ее уровнем. Что еще более важно, она является базой для понимания того, как информация передается по сети. Кроме того, модель OSI описывает, каким образом информация или пакеты данных перемещаются от программ приложений (таких, как электронные таблицы или текстовые процессоры) по сетевой передающей среде (такой, как провода) к другим программам приложениям, работающим на другом компьютере этой сети, даже если отправитель и получатель используют разные виды передачи сред.

2) **Шлюзы в сети передачи данных.** Шлюз (gateway) — ретрансляционная система, обеспечивающая взаимодействие информационных сетей. Шлюз является наиболее сложной ретрансляционной системой, обеспечивающей взаимодействие сетей с различными наборами протоколов всех семи уровней. В свою очередь, наборы протоколов могут опираться на различные типы физических средств соединения. В тех случаях, когда соединяются информационные сети, то в них часть уровней может иметь одни и те же протоколы. Тогда сети соединяются не при помощи шлюза, а на основе более простых ретрансляционных систем, именуемых маршрутизаторами и мостами. Шлюзы оперируют на верхних уровнях модели OSI (сеансовом, представительском и прикладном) и представляют наиболее развитый метод подсоединения сетевых сегментов и компьютерных сетей. Необходимость в сетевых шлюзах возникает при объединении двух систем, имеющих различную архитектуру. Например, шлюз приходится использовать для соединения сети с протоколом TCP/IP и большой ЭВМ со стандартом SNA. Эти две архитектуры не имеют ничего общего, и потому требуется полностью переводить весь поток данных, проходящих между двумя системами. В качестве шлюза обычно используется выделенный компьютер, на котором запущено программное обеспечение шлюза и производятся преобразования, позволяющие взаимодействовать нескольким системам в сети. Другой функцией шлюзов является преобразование протоколов. При получении сообщения IPX/SPX для клиента TCP/IP шлюз преобразует сообщения в протокол TCP/IP. Шлюзы сложны в установке и настройке. Шлюзы работают медленнее, чем маршрутизаторы.

Экзаменационный билет 36

1) Что такое RAM, ROM ?

ROM - это место хранения. Все программы и OS, которые и представляют собой программное обеспечение на устройстве, хранятся в ROM. Ваши данные также хранятся в ROM. И SD и CF карты памяти представляют собой ROM-память. RAM - это место, где программы выполняются. Когда Вы включаете ваше устройство, программы из ROM загружаются в RAM и уже там, в RAM, работают. Когда Вы слушаете музыку, некоторая часть композиции загружается из ROM в RAM, воспроизводится, выгружается обратно, и загружает следующая часть, и т.д. Когда Вы читаете электронную почту, текст загружается из ROM в RAM и отображается на экране. Когда Вы переходите к следующему письму, старый текст выгружается из памяти и загружается новый текст. Перейдя назад к предыдущему письму, оно снова будет загружено из ROM в RAM. Прим: процесс загрузки-выгрузки данных описан чисто формально, для упрощения модели, суть остается та же.

2) **Сетезависимые уровни OSI.** Модель OSI была разработана на основании большого опыта, полученного при создании компьютерных сетей, в основном глобальных, в 70-е годы. Полное описание этой модели занимает более 1000 страниц текста. Функции всех уровней модели OSI могут быть отнесены к одной из двух групп: либо к функциям, зависящим от конкретной технической реализации сети, либо к функциям, ориентированным на работу с приложениями. Три нижних уровня — физический, канальный и сетевой — являются сетезависимыми, то есть протоколы этих уровней тесно связаны с технической реализацией сети и используемым коммуникационным оборудованием. Например, переход на оборудование FDDI означает полную смену протоколов физического и канального уровней во всех узлах сети.

3) **Технология защищенного канала.** Технология защищенного канала призвана обеспечивать безопасность передачи данных по открытой транспортной сети, например, по сети Internet. Защищенный канал включает в себя выполнение трех основных функций:

1. взаимная аутентификация абонентов;
2. защита передаваемых по каналу сообщений от несанкционированного доступа;
3. подтверждение целостности поступающих по каналу сообщений.

Взаимная аутентификация обеих сторон при установлении соединения может быть выполнена, например, путем обмена сертификатами. Секретность может быть обеспечена каким-либо методом шифрации, например, передаваемые сообщения шифруются с использованием симметричных сессионных ключей, которыми стороны обмениваются при установлении соединения. Сессионные ключи передаются также в зашифрованном виде, при этом они шифруются с помощью открытых ключей. Использование для защиты сообщений симметричных ключей связано с тем, что скорость процессов шифрации и дешифрации на основе симметричного ключа существенно выше, чем при использовании несимметричных ключей. Целостность передаваемых сообщений достигается за счет того, что к сообщению (еще до его шифрации сессионным ключом) добавляется дайджест, полученный в результате применения односторонней функции к тексту сообщения.

2) **Услуги мультимедиа, особенности.** Мультимедиа — это взаимодействие визуальных и аудиоэффектов под управлением интерактивного программного обеспечения с использованием современных технических и программных средств, они объединяют текст, звук, графику, фото, видео в одном цифровом представлении. Например, в одном объекте-контейнере) может содержаться текстовая, аудиальная, графическая и видео информация, а также, возможно, способ интерактивного взаимодействия с ней. Термин *мультимедиа* также, зачастую, используется для обозначения носителей информации, позволяющих хранить значительные объемы данных и обеспечивать достаточно быстрый доступ к ним. В таком случае термин *мультимедиа* означает, что компьютер может использовать такие носители и предоставлять информацию пользователю через все возможные виды данных, такие как аудио, видео, анимация, изображение и другие в дополнение к традиционным способам предоставления информации, таким как текст. Различные форматы мультимедиа данных возможно использовать для упрощения восприятия информации потребителем. Например, предоставить информацию не только в текстовом виде, но и проиллюстрировать ее аудиоданными или видеоклипком. Таким же образом современное искусство может представить повседневные, обыденные вещи в новом виде. Различные формы предоставления информации делают возможным интерактивное взаимодействие потребителя с информацией.

Экзаменационный билет 38

1) Что такое «стек»?

Стек (англ. stack — стопка) — структура данных, в которой доступ к элементам организован по принципу *LIFO* (англ. last in — first out, «последним пришёл — первым вышел»). Чаще всего принцип работы стека сравнивают со стопкой тарелок: чтобы взять вторую сверху, нужно снять верхнюю. Добавление элемента, называемое также проталкиванием (*push*), возможно только в вершину стека (добавленный элемент становится первым сверху). Удаление элемента, называемое также выталкиванием (*pop*), тоже возможно только из вершины стека, при этом второй сверху элемент становится верхним. Стеки широко применяются в вычислительной технике. Например, для отслеживания точек возврата из подпрограмм используется стек вызовов, который является неотъемлемой частью архитектуры большинства современных процессоров. Языки программирования высокого уровня также используют стек вызовов для передачи параметров при вызове процедур. Арифметические сопроцессоры, программируемые микрокалькуляторы и язык Forth используют стековую модель вычислений.

3) **Что такое файрвол ?** Firewall переводится как огненная стена, стена огня. Основная задача файрвола, это дать пользователю полный контроль над сетевым трафиком и портами. Вы можете гибко настроить систему, открывая либо закрывая нужные порты либо протоколы, разрешать либо запрещать соединение с какими либо компьютерами, либо группами компьютеров. Обычно сначала закрывают все порты и соединения, а потом, по мере необходимости, открывают доступ для

приложений.

Нужно чётко определить, какие именно действия разрешены приложению, может ли приложение само отправлять какие либо данные, либо разрешен только входящий трафик, с каких адресов и портов разрешено принимать соединения, и на какие адреса и порты можно делать соединения и передавать данные. С помощью фаервола вы можете ограничить посещение некоторых сайтов. Фаервол дает полный контроль за сетевым трафиком. Пренебрегая фаерволом, вы становитесь мишенью для хакеров.

Экзаменационный билет 40

1 Состав общего ПО компьютера.

Вся совокупность программ, хранящихся на всех устройствах долговременной памяти компьютера, составляет его **программное обеспечение** (ПО). Программное обеспечение компьютера делится на: системное ПО; прикладное ПО;

- системы программирования. Как правило, все пользователи предпочитают иметь набор прикладных программ, который нужен практически каждому. Их называют **программами общего назначения**. К их числу относятся: текстовые и графические редакторы, с помощью которых можно готовить различные тексты, создавать рисунки, строить чертежи; проще говоря, писать, чертить, рисовать; - системы управления базами данных (СУБД), позволяющие превратить компьютер в справочник по любой теме; - табличные процессоры, позволяющие организовывать очень распространенные на практике табличные расчеты; коммуникационные (сетевые) программы, предназначенные для обмена информацией с другими компьютерами, объединенными с данным в компьютерную сеть.

ТЭС

1. Информация, сообщение, сигналы

Информация - это сведения, являющиеся объектом передачи, распределения, преобразования, хранения и непосредственного использования.

Сообщение является формой представления информации. Различают два вида сообщений: **непрерывное** сообщение, вырабатываемое источником непрерывных сообщений; **дискретное** сообщение, вырабатываемое источником дискретных сообщений.

Наличие символов - отличительная особенность дискретного сообщения. Передача сообщений на расстояние осуществляется с помощью электрического сигнала. **Электрический сигнал** – это физический носитель (переносчик), сообщения. В системах электросвязи для передачи сообщения на дальние расстояния переносчиком является переменный электрический ток (например, в проводных линиях), электромагнитное поле (например, в волноводах), световые волны (например, в волоконно-оптических линиях связи).

Электрический сигнал является функцией времени, если даже сообщение таковым не является. Различают четыре вида сигналов:

1. **Непрерывные сигналы непрерывного времени** (аналоговые сигналы) - они принимают любые значения в произвольные моменты времени;
2. **Непрерывные сигналы дискретного времени** - принимают произвольные значения, но изменяются только в дискретные моменты времени;
3. **Дискретные сигналы непрерывного времени** - изменяются в произвольные моменты времени, но принимают дискретные значения;
4. **Дискретные сигналы дискретного времени** - в дискретные моменты времени могут принимать только дискретные значения.

В технике передачи данных сигналы, формируемые на выходе преобразователя дискретных сообщений, описываются функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений и называются **цифровыми сигналами**

2. Системы связи, каналы связи

Совокупность технических и программных средств для передачи сообщений от источника к потребителю называется **системой связи**. **Канал связи** – это совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающих передачу сообщения от источника к получателю. В зависимости от вида сообщений и среды распространения различают каналы: телефонные, телеграфные, передачи данных, звукового и телевизионного вещания, проводные и кабельные, радиоканалы.

Основными характеристиками любой системы связи являются:

- **Помехоустойчивость** - способность системы противостоять вредному влиянию помех на передачу сообщения; от степени помехоустойчивости системы зависит качество передачи.
- **Скорость передачи информации** - это количественная оценка системы связи. Скорость измеряется числом передаваемых двоичных символов в единицу времени. При использовании не двоичных, а m -ичных символов,

количество информации, которое может переносить символ, составляет: $\log_2 m$, бит.

- Максимальная скорость передачи R_{\max} называется **пропускной способностью системы связи**. Пропускную способность системы передачи аналоговых сообщений оценивают количеством одновременно передаваемых телефонных разговоров.
- **Задержка** - это максимальное время, прошедшее между моментом подачи сообщения от источника на вход передающего устройства и моментом выдачи восстановленного сообщения приемным устройством.

3. Понятие электрический сигнал

Электрический сигнал – это физический носитель (переносчик), сообщения. В системах электросвязи для передачи сообщения на дальние расстояния переносчиком является переменный электрический ток (например, в проводных линиях), электромагнитное поле (например, в волноводах), световые волны (например, в волоконно-оптических линиях связи). Скорость распространения перечисленных переносчиков приближается к скорости света и с помощью этих переносчиков можно передавать огромное количество информации. Сигналы формируются путем изменения параметров носителя по закону изменения передаваемых сообщений. Этот процесс называется **модуляцией**.

Электрический сигнал является функцией времени, если даже сообщение таковым не является.

4. Виды сигналов, основные параметры

Различают четыре вида сигналов:

Непрерывные сигналы непрерывного времени (аналоговые сигналы) – они принимают любые значения в произвольные моменты времени;

Непрерывные сигналы дискретного времени - принимают произвольные значения, но изменяются только в дискретные моменты времени;

Дискретные сигналы непрерывного времени - изменяются в произвольные моменты времени, но принимают дискретные значения;

Дискретные сигналы дискретного времени - в дискретные моменты времени могут принимать только дискретные значения.

В технике передачи данных сигналы, формируемые на выходе преобразователя дискретных сообщений, описываются функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений и называются **цифровыми сигналами**.

Основными параметрами сигнала являются: **длительность сигнала** (T_c); **динамический диапазон** (D_c); **ширина спектра** (F_c). Длительность сигнала определяет интервал времени, в пределах которого сигнал существует. Динамический диапазон - это отношение наибольшей мгновенной мощности сигнала к той наименьшей мощности, которую необходимо отличать от нуля при заданном качестве передачи:

$$D_c = 10 \lg \frac{P_{\max}}{P_{\min}}.$$

Динамический диапазон речи равен 25..30дБ, симфонического оркестра - 70...95 дБ.

Ширина спектра сигнала дает представление о скорости изменения сигнала внутри интервала его существования. Спектр сигнала может быть неограниченным, но для любого сигнала можно указать **диапазон частот** (или полосу частот), в пределах которого сосредоточена его основная энергия. Этот диапазон и является шириной спектра. Например, для качественной передачи речи достаточна полоса от **300...3400 Гц**. Передача более широкого спектра ведет к техническому усложнению и увеличению затрат.

Радиовещательный (звуковой) первичный сигнал занимает полосу частот от **20 ...20000 Гц**, сигнал изображения - от **50 Гц.....6 МГц** (в зависимости от стандарта). Ширина спектра телеграфного сигнала зависит от

скорости телеграфирования и равна $F_c \approx 1,5v$.

Спектр модулированного сигнала шире спектра первичного сигнала и зависит от вида модуляции. Общей характеристикой модулированного сигнала является **объем сигнала**:

$$V_c = T_c F_c D_c.$$

Чем больше объем, тем больше информации и тем труднее передать этот сигнал по каналу связи.

5. Помехи и искажения в канале связи

Для каналов связи характерны:

- **импульсные шумы**, связанные с автоматической коммутацией и перекрестными наводками;
- **прерывания связи** - это явления резкого затухания или исчезновения сигнала в линии связи.

В любом диапазоне частот имеют место **внутренние** (тепловые) **шумы** аппаратуры, обусловленные хаотическим движением носителей заряда в усилительных приборах, сопротивлениях и других элементах аппаратуры. В общем виде влияние помехи $n(t)$ на передаваемый сигнал $u(t)$ выражается оператором: $z = \psi(u, n)$.

Если $z = u + n$, то помеха называется **аддитивной**. При $z = ku$, помеху называют **мультипликативной** ($k(t)$ - случайный процесс). В реальных каналах имеют место аддитивные и мультипликативные помехи. Среди аддитивных помех различного происхождения особое место занимает **флуктуационная** помеха (шум). Такая помеха наиболее изучена, и этот вид помех имеет место во всех реальных каналах связи. В общем случае между сигналом и помехой отсутствует принципиальное различие, они существуют в единстве, но противоположны по своему действию.

6. Помехи в радиоканалах

В реальном канале связи сигнал при передаче искажается и сообщение воспроизводится с некоторой ошибкой. Причиной ошибок являются искажения, вносимые каналом, и помехи, воздействующие на сигнал. Помехи разнообразны по своему происхождению. Для **радиоканалов** характерны:

- **атмосферные** помехи, обусловленные электрическими процессами в атмосфере (грозовыми разрядами). Энергия этих помех сосредоточена в области длинных и средних волн;
- **индустриальные** помехи, возникающие из-за резких изменений тока в электрических цепях всевозможных электроустройств;
- помехи от **посторонних радиостанций и каналов**, обусловленные недостаточной стабильностью частот, плохой фильтрацией гармоник сигнала, а также нелинейными процессами в каналах, ведущими к перекрестным искажениям.

7. Характеристики системы связи

Основными характеристиками любой системы связи являются:

- **Помехоустойчивость** - способность системы противостоять вредному влиянию помех на передачу сообщения; от степени помехоустойчивости системы зависит качество передачи. Количественная мера верности (качества) передачи зависит от отношения **сигнал/помеха**. В аналоговых системах даже малое мешающее воздействие на сигнал, вызывающее искажение модулируемого параметра, вносит ошибку в сообщение. Поэтому точное восстановление такого сигнала на приеме невозможно. В дискретных системах ошибка при передаче сообщений возникает только тогда, когда сигнал опознается неправильно, а это происходит при искажениях, превышающих некоторый порог.

- **Скорость передачи** информации - это количественная оценка системы связи. Скорость измеряется числом передаваемых двоичных символов в единицу времени. При использовании не двоичных, а m -ичных символов,

количество информации, которое может переносить символ, составляет: $\log_2 m$, бит. Поэтому скорость передачи информации в дискретном канале:

$$R = \frac{1}{T} \log_2 m,$$

где T - длительность посылки;

- m - основание кода. При $m = 2$ $R = 1/T$ (бит/с). Таким образом скорость передачи равна технической скорости v (бод). Максимальная скорость передачи R_{\max} называется **пропускной способностью системы связи**. Пропускную способность системы передачи аналоговых сообщений оценивают количеством одновременно передаваемых телефонных разговоров.
- **Задержка** - это максимальное время, прошедшее между моментом подачи сообщения от источника на вход передающего устройства и моментом выдачи восстановленного сообщения приемным устройством. Задержка является одной из важнейших характеристик системы связи. Она зависит от характера и протяженности канала, от длительности обработки сигнала в передающем и приемном устройствах.

8. Модуляция

Модуляция - это процесс преобразования символов в сигналы, пригодные для передачи по каналу связи. Общий принцип модуляции состоит в изменении одного или нескольких параметров **несущего колебания** (переносчика) в соответствии с передаваемым сообщением (первичным сигналом). Если в качестве несущей используется **гармоническое колебание**, то, воздействуя на любой параметр несущей (амплитуду, частоту, фазу), можно получить **амплитудную (АМ), частотную (ЧМ) и фазовую (ФМ) модуляцию**. На рисунке 1 представлены временные диаграммы АМ, ЧМ, ФМ сигналов. Все эти методы преобразования исходного (**модулирующего**) первичного сигнала позволяют обеспечить передачу информации по каналу связи с характеристиками **полосового фильтра**. Перенос **спектра**, реализуемый в процессе модуляции, позволяет также реализовать многоканальные системы связи с **ЧРК** (частотным разделением каналов). Если переносчиком является **периодическая последовательность импульсов**, то при заданной форме импульсов можно образовать четыре основных вида импульсной модуляции: **амплитудно-импульсную (АИМ), широтно-импульсную (ШИМ), фазо-импульсную (ФИМ) и частотно-импульсную (ЧИМ)**. На рисунке 2 представлены временные диаграммы импульсно-модулированных сигналов.

Цифровая модуляция - это процесс преобразования цифровых символов в сигналы, совместимые с характеристиками канала. При цифровой модуляции закодированное сообщение, представляющее собой последовательность кодовых символов, преобразуется в последовательность элементов (посылок) сигнала путем воздействия на переносчик - **гармоническое колебание**.

9. Операции преобразования сообщения в электрический сигнал

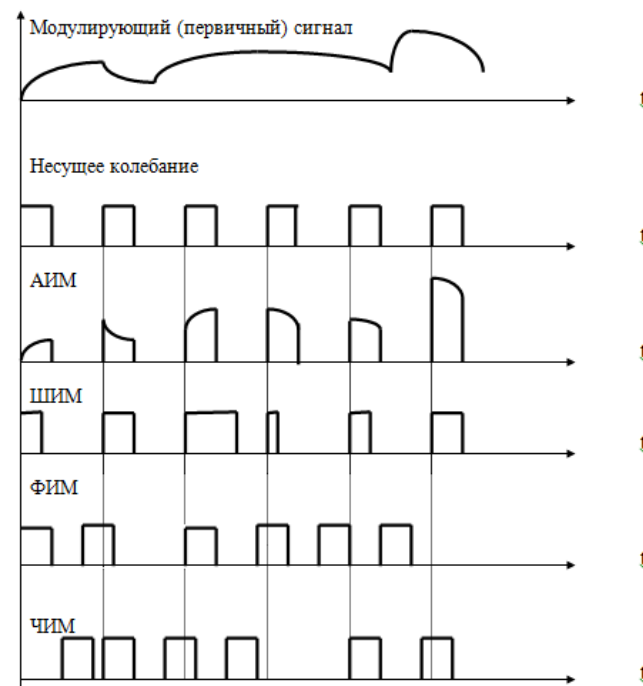
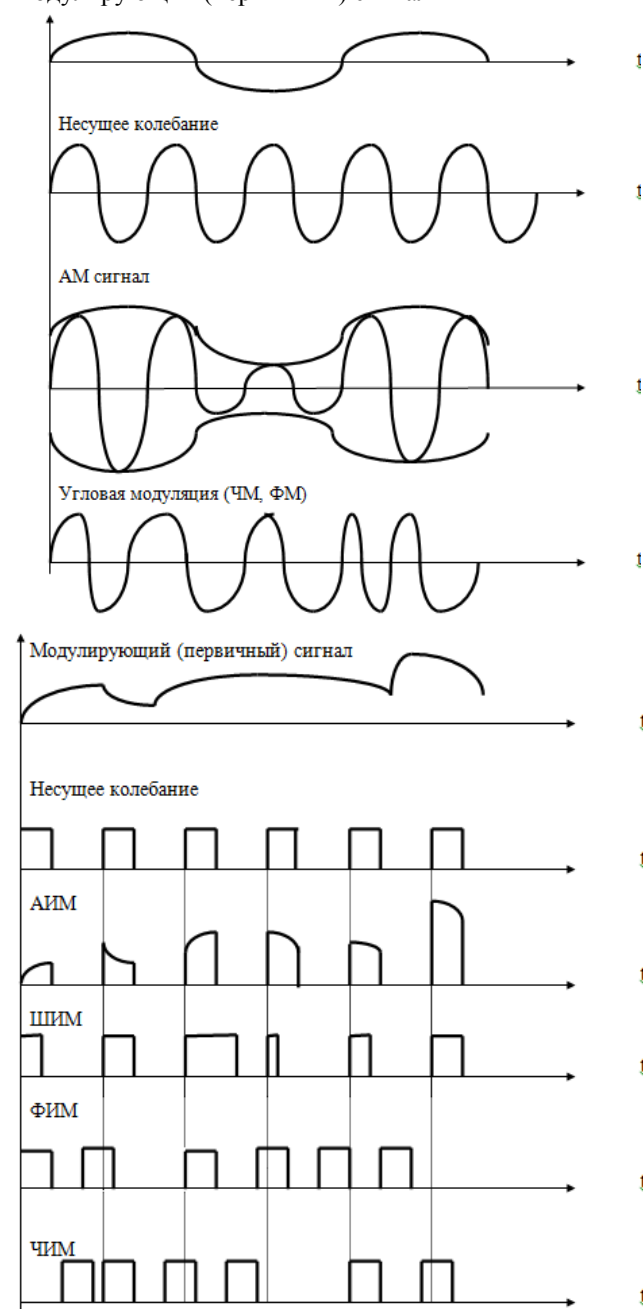
В цифровых системах связи преобразование сообщения в электрический сигнал осуществляется в виде двух операций - кодирования и модуляции. **Кодирование** - это процесс преобразования сообщения в последовательность кодовых символов. Если преобразовывать последовательность элементов сообщения в последовательность двоичных чисел, то для передачи их по каналу связи достаточно передавать два кодовых символа - **1 и 0**. Символы **0 и 1** могут передаваться колебаниями с различными частотами или импульсами тока разной полярности. Благодаря своей простоте двоичная система счисления широко применяется при кодировании. При кодировании каждому элементу сообщения присваивается **кодовая комбинация**. Совокупность кодовых комбинаций образует **код**. Коды, у которых все комбинации имеют одинаковую длину, называются. Примером **неравномерного** кода является код

Морзе, в котором различные комбинации имеют различную длительность (символы 0 и 1 используются в двух сочетаниях: как одиночные 1 и 0 и как тройные - 111 и 000). По помехоустойчивости коды подразделяются на **простые** и **корректирующие**. Простые коды - это коды без **избыточности**, у которых все возможные комбинации используются для передачи информации, и превращение одного символа комбинации в другой приводит к появлению новой комбинации или ошибки. Корректирующие коды строятся так, что для передачи сообщения используются не все кодовые комбинации, а некоторая их часть. Таким образом, создается возможность обнаружения и исправления ошибки при неправильном воспроизведении некоторого числа символов. Декодирование на приеме - это восстановление сообщения по принимаемым кодовым символам. Устройства, осуществляющие кодирование и декодирование называются **кодеком**. **Модуляция** - это процесс преобразования символов в сигналы, пригодные для передачи по каналу связи. Общий принцип модуляции состоит в изменении одного или нескольких параметров **несущего колебания** (переносчика) в соответствии с передаваемым сообщением (первичным сигналом).

10. Временные диаграммы модулированных сигналов

Существуют аналоговые виды модуляции(рис 1) и импульсные виды модуляций(рис2)

Модулирующий (первичный) сигнал



11. Декодирование

В системах передачи дискретных сообщений в результате демодуляции последовательность элементов сигнала превращается в последовательность кодовых символов, затем эта последовательность преобразуется в последовательность элементов сообщения, выдаваемую получателю. Это преобразование называется **декодированием**.

Демодуляция и декодирование на приеме - это не просто операции, обратные модуляции и кодированию на передаче, а операции, решающие основную задачу приемного устройства - принятие решения о том, какое из возможных сообщений действительно передавалось источником. Для этого принятый сигнал подвергают анализу,

который осуществляется **решающей схемой**. В системах передачи непрерывных сообщений при аналоговой модуляции решающей схемой является **демодулятор**. В системах передачи дискретных сообщений решающая схема состоит из двух частей: **демодулятора** и **декодера**. Простейшая решающая схема представляет собой пороговое устройство в форме реле, триггера, работающего по принципу "да" или "нет". Если принятый элемент сигнала выше порога, выдается один символ кода (например, **1**), если ниже - другой (**0**).

12. Понятие цифровой модуляции

Цифровая модуляция – это процесс преобразования цифровых символов в сигналы, совместимые с характеристиками канала. При цифровой модуляции закодированное сообщение, представляющее собой последовательность кодовых символов, преобразуется в последовательность элементов (посылок) сигнала путем воздействия на переносчик – **гармоническое колебание**. Таким образом, при цифровой модуляции цифровые данные (**0** и **1**) переводятся в аналоговый (модулирующий) сигнал. Цифровая модуляция необходима, когда требуется передавать данные через аналоговую среду. **Модем** преобразовывает цифровые данные в аналоговые сигналы и наоборот, аналоговые сигналы в цифровые данные.

13 Спектры сигналов

Спектр сигнала - это совокупность гармонических составляющих с конкретными значениями частот, амплитуд и начальных фаз, образующих в сумме сигнал. Практически пользуются амплитудной спектральной диаграммой.

Шириной спектра сигнала называется минимальная полоса частот, на которой сосредоточена подавляющая часть (95%) мощности (или энергии) сигнала. Для спектрального представления непериодических (импульсных)

сигналов, заданных на конечном интервале (t_1, t_2) , непосредственно воспользоваться рядом Фурье нельзя, так как импульсный сигнал не является периодическим. Для гармонического разложения сигнала выполняется следующее:

- импульсный сигнал $u(t)$ дополняется до периодического с любым периодом T , включающим в себя промежуток (t_1, t_2) ;
- полученный периодический сигнал $u_{\text{пер}}(t)$ представляется в виде ряда Фурье;
- затем производится предельный переход от $u_{\text{пер}}(t)$ к $u(t)$ при $T \rightarrow \infty$.

Для вычисления спектра в этом случае пользуются комплексной формой записи ряда Фурье:

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{F}(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

(обратное преобразование Фурье), где

$$\dot{F}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt$$

(прямое преобразование Фурье).

Комплексная спектральная плотность:

$$\dot{F}(\omega) = F(\omega) e^{-j\psi(\omega)},$$

где $F(\omega)$ – модуль или **спектральная плотность амплитуд** (амплитудный спектр);

$\psi(\omega)$ – аргумент или **фазовый спектр** непериодического сигнала.

Поскольку сигналы и помехи - это случайные процессы, то знание спектра помехи позволяет предпринимать меры для ее подавления. Таким образом, спектр необходимо знать для осуществления неискаженной передачи сигнала по каналу связи, для обеспечения разделения сигналов и ослабления помех. **Ширина спектра** - это интервал частот, занимаемый спектром сигнала. Ширина спектра импульсных сигналов обратно пропорциональна длительности импульса.

14. Понятие «детерминированная» функция, «финитный» процесс

Сообщения, сигналы, помехи являются случайными процессами и для их исследования используются основные положения теории случайных процессов. Неслучайная функция времени называется **детерминированной**. Случайный процесс может быть задан на дискретном множестве значений t . Процессы, заданные на конечном отрезке времени, называются **финитными**. Случайные процессы бывают различных типов. Различают дискретные и непрерывные процессы. Для **дискретного** процесса случайная величина X может принимать только конечное

множество значений x_1, x_2, \dots, x_n , для **непрерывного** - любые значения x из некоторого интервала, даже бесконечного. Для математического описания случайных величин вводятся следующие неслучайные основные статистические характеристики:

- **Функция распределения вероятности:** $F(x) = P(X \leq x)$, показывающая вероятность того, что значения случайной величины не превысят конкретно выбранного значения x . Если случайная величина X принимает дискретные значения, то $F(x)$ - дискретная функция. Если X - непрерывная случайная величина, то $F(x)$ - монотонно возрастающая функция, значение которой лежат в интервале $0 \leq F(x) \leq 1$, причем $F(-\infty) = 0, F(\infty) = 1$.
- **Плотность распределения вероятности**, которая вычисляется как производная от функции распределения: $p(x) = dF(x)/dx$. Физически $p(x)$ - это вероятность попадания случайной величины в малый интервал dx в окрестности точки x .

$$\overline{X(t)} = M\{X(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x,t)dx,$$

Математическое ожидание - это среднее значение процесса по ансамблю:

где $p(x,t)$ - одномерная плотность распределения для сечения t . Разность между случайным процессом и его

$$X^o(t) = X(t) - \overline{X(t)}.$$

математическим ожиданием называется центрированным процессом, обозначается

Математическое ожидание квадрата центрированного процесса называется **дисперсией**:

$$\overline{[X(t)]^2} = D\{X(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} [x - \overline{X(t)}]^2 p(x,t)dx = \sigma_x^2.$$

Дисперсия количественно характеризует степень разброса результатов относительно среднего значения. По физическому смыслу σ_x - это среднеквадратичное отклонение (эффективное значение).

15. Дельта – функция

Бесконечно короткий видеоимпульс бесконечной амплитуды называется **дельта-функцией** (δ – функция), которая записывается в виде:

$$\delta(t - t_o) = \begin{cases} 0 & t \neq t_o; \\ \infty & \text{при } t = t_o. \end{cases}$$

где t_o – момент действия импульса.

Дельта-функция используется при анализе радиотехнических цепей, она является математической моделью прямоугольного импульса малой длительности и большой амплитуды.

16. Сложные сигналы с использованием ряда Фурье

Сложные сигналы можно представить в виде ряда элементарных (простых) **базисных** функций. Например, для математического представления периодических сигналов пользуются **рядом Фурье**, в котором в качестве базисных функций выбираются **гармонические** (синусоидальные и косинусоидальные) колебания кратных частот (гармоники):

$$\psi_0(t) = 1; \psi_1(t) = \sin \omega_1 t; \psi_2(t) = \cos \omega_1(t);$$

$$\psi_3(t) = \sin 2\omega_1 t; \psi_4(t) = \cos 2\omega_1 t; \dots$$

где $\omega_1 = 2\pi/T$ – основная (первая гармоника) угловая частота последовательности функций; а отрезок

гармонического колебания можно записать в виде $u(t) = U_m \cos(\omega t + \pi/2) = U_m \sin \omega t$.

Все реальные периодические сигналы можно представить в виде ряда Фурье:

$$u(t) = A_o/2 + \sum_{n=1}^{\infty} (A'_{mn} \cos n\omega_1 t + A''_{mn} \sin n\omega_1 t),$$

или:

$$u(t) = A_o/2 + \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \cos(n\omega_1 t - \varphi_n),$$

где:

$$A_{mn} = \sqrt{(A'_{mn})^2 + (A''_{mn})^2}; \varphi_n = \arctg(A''_{mn}/A'_{mn}),$$

или в комплексной форме (интеграл Фурье):

$$u(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \dot{S}_n e^{jn\omega_1 t},$$

где:

$$\dot{S}_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u(t) e^{-jn\omega_1 t} dt.$$

В общем случае периодический сигнал $u(t)$ содержит постоянную составляющую $A_o/2$ и набор гармонических колебаний основной частоты $\omega_1 = 2\pi f_1$ и ее гармоник с частотами $\omega_n = n\omega_1, n = 2, 3, 4, \dots$. Каждое из

гармонических колебаний ряда Фурье характеризуется амплитудой A_{mn} и начальной фазой φ_n .

17. Спектральная плотность мощности

Спектральная плотность мощности - показывает распределение мощности случайного процесса по частотам, определяется на любой частоте как:

$$G_x(f) = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \Delta P / \Delta f, \quad \text{где}$$

ΔP – мощность случайного процесса, приходящаяся на полосу частот Δf .

Реальные сообщения, сигналы и помехи не являются стационарными. Однако в технике связи большинство случайных сигналов и помех относят к стационарным эргодическим случайным процессам. **Эргодическими стационарными** называются такие случайные процессы, у которых усреднение по времени одной реализации приводит к тем же результатам, что и статистическое усреднение по всем реализациям. Физически это означает, что все реализации эргодического процесса похожи друг на друга, поэтому измерения и расчеты характеристик такого процесса можно проводить по одной (любой) из реализаций, что значительно проще.

Стационарный процесс с равномерной спектральной плотностью мощности в некоторой полосе частот называют **квазибелым шумом** (по аналогии с белым светом, то есть электромагнитными волнами, имеющими равномерный спектр в области видимых частот). Если беспредельно увеличивать граничную частоту, то получится процесс, у которого два несовпадающих сечения не коррелированы. Такой процесс называется **белым шумом**. Его спектральная плотность постоянна на всех частотах. Это не реальный физический процесс, а математическая идеализация, его дисперсия равна бесконечности.

На практике часто встречаются процессы, имеющие равномерную спектральную плотность в весьма широкой полосе частот, более широкой, чем полосы пропускания цепей, на которые они воздействуют. Типичным примером белого шума является тепловой (флуктуационный) шум. **Флуктуационный шум** наиболее характерен для большинства каналов связи. Он представляет собой стационарный эргодический случайный процесс с гауссовским (нормальным) распределением вероятности. Его спектральная плотность практически равномерна до частот $6 \cdot 10^{12}$ Гц.

18. Понятие функций отсчета

Функции $\varphi_k(t)$ называются **функциями отсчета**. Они отличаются друг от друга сдвигами по времени на интервалы, кратные Δt . При $t = n\Delta t$, где n – любое целое число, все функции, кроме φ_n , равны нулю, а $\varphi_n = 1$.

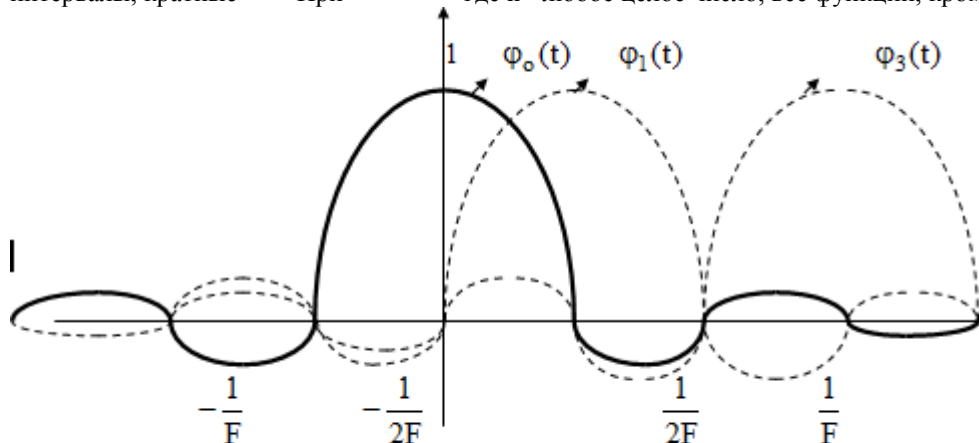


Рисунок 1 - Функции отсчета

19. Абсолютные уровни сигнала

Абсолютный динамический уровень речевого сигнала - **волюм** - измеряется специальным вольтметром. Абсолютный уровень сигнала - это логарифмическая величина, вычисляется по отношению к нулевым значениям мощности или напряжения: $U_0 = 0,775$ В; $P_0 = 1$ мВт (при сопротивлении нагрузки 600 Ом).

Абсолютный уровень сигнала по мощности определяется как:

$$10 \lg P_x / P_0.$$

Абсолютный уровень сигнала по напряжению определяется как:

$$20 \lg U_x / U_0.$$

Качество речи вполне удовлетворительно при спектре речевого сигнала **300....3400 Гц**. Качество восприятия речевого сигнала определяется разницей уровней сигнала и помехи, поступающих на вход телефона. При телефонной связи разные по уровню помехи различной частоты оказывают различное влияние на качество вследствие частотной зависимости чувствительности уха. Чтобы учесть это различие, помехи при измерениях пропускаются через специальный взвешивающий **псофометрический** фильтр. В полосе частот 0,3...3,4 кГц уровень псофометрических помех на 2,5 дБ (или в 1,78 раз) меньше, чем для помех с равномерным спектром. **2,5 дБ** - это псофометрический коэффициент шума. Защищенность речевого сигнала от шума должна быть не менее 21 дБ.

20. Непрерывные и дискретные каналы связи

По характеру сигналов на входе и выходе канала – **непрерывные, дискретные**.

Канал называется непрерывным, если входные и выходные сигналы канала являются непрерывными, и дискретным - если сигналы, поступающие на вход канала и снимаемые с его выхода, являются дискретными.

На входе и на выходе непрерывного канала сигнал всегда непрерывен. Непрерывными каналами в электросвязи являются:

- стандартный телефонный канал (канал **тональной частоты ТЧ**) с полосой пропускания **0,3...3,4 кГц**;
- стандартные широкополосные каналы с полосой пропускания **60...108 кГц** (и другие для аппаратуры уплотнения с ЧРК).

Распространенным способом описания непрерывных каналов является описание их с помощью операторов преобразования входных сигналов с учетом действующих в них помех. При малой мощности входных сигналов справедливо положение о линейности канала. Тогда модель канала представляется в виде линейного четырехполюсника, для которого входной и выходной сигналы связаны интегралом Дюамеля:

$$\hat{S}(t) = \int_{-\infty}^t S(\tau)g(t, t - \tau)d\tau,$$

где $\hat{S}(t)$ – выходной сигнал; $S(\tau)$ – входной сигнал; $g(t, t - \tau)$ – импульсная характеристика четырехполюсника, представляющая собой реакцию системы на входной сигнал (дельта-функция). На небольших интервалах времени канал **стационарен**, при этом $g(t_1, t_2) = g(t_2 - t_1) = g(\tau)$.

21. Модели каналов

В канале всегда содержится непрерывный канал и модем, который преобразует непрерывный канал в дискретный. Модель дискретного канала содержит множество возможных сигналов на его входе и распределение условных вероятностей выходного сигнала при заданном входном. Для определения возможных входных сигналов достаточно указать число m различных символов (основание кода) и длительность T передачи каждого символа.

Каждый символ, поступивший на вход канала, вызывает появление одного символа на выходе канала, при этом скорость символов одинакова. В общем виде все n -кодвые последовательности, число которых равно m^n образуют m^n - мерное конечное векторное пространство. Прохождение дискретного сигнала через канал можно рассматривать как сложение входного вектора с **вектором ошибки**(вектор ошибки – это помеха, аналогичная для непрерывного канала). Различные модели дискретных каналов отличаются распределением вероятностей вектора ошибок. Для двоичного канала ($m=2$) всякая **1** в векторе ошибок означает, что в соответствующем месте передаваемой последовательности символ принят ошибочно, а всякий **0** означает безошибочный прием символа. Число ненулевых символов в векторе ошибок называется его **весом**.

Различают следующие простые модели каналов:

- **Симметричный канал без памяти (биномиальный канал)** – это канал, в котором каждый переданный кодовый символ может быть принят ошибочно с фиксированной вероятностью p и правильно с вероятностью $1 - p$. Вероятность того, что произошло N каких угодно ошибок, расположенных как угодно на протяжении

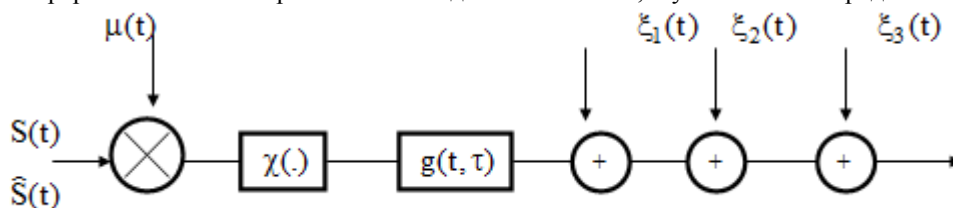
$$p(N) = C_n^N \left(\frac{p}{m-1}\right)^N (1-p)^{n-N},$$

последовательности длины n , определяются формулой Бернулли:

22. Модель непрерывного канала связи

Канал называется непрерывным, если входные и выходные сигналы канала являются непрерывными

На выходе непрерывного канала всегда действуют **гауссовские** помехи (неустранимый тепловой шум). Модель непрерывного канала с различными видами искажений, шумов и помех представлена на рисунке



Обозначения на рисунке 1: $\chi(\cdot)$ – амплитудная характеристика безынерционного нелинейного четырехполюсника, моделирующего нелинейные преобразования сигнала в канале; $\mu(t)$ – мультипликативная помеха; $\xi_1(t)$ – аддитивные гауссовские шумы; $\xi_2(t)$ – аддитивные импульсные помехи; $\xi_3(t)$ – аддитивные сосредоточенные по спектру помехи.

23. Теорема Шеннона

Теоремы Шеннона для канала с шумами

Теоремы Шеннона для канала с шумами (теоремы Шеннона для передачи по каналу с шумами) связывают пропускную способность канала передачи информации и существование кода, который возможно использовать для передачи информации по каналу с ошибкой, стремящейся к нулю (при увеличении длины блока).

Если скорость передачи сообщений меньше пропускной способности канала связи

$$R < C,$$

то существуют коды и методы декодирования такие, что средняя и максимальная вероятности ошибки декодирования стремятся к нулю, когда длина блока стремится к бесконечности.

Если же

$$R > C,$$

то кода, на основе которого можно добиться сколько угодно малой вероятности возникновения ошибки, не существует.

- 1) При любой производительности источника сообщения существует способ кодирования, позволяющий передавать по каналу с меньшей пропускной способностью все сообщения, вырабатываемые источником.
- 2) Не существует способа кодирования, обеспечивающего передачу сообщений без их неограниченного накопления, если производительность источника сообщений больше пропускной способности канала.

Принципы построения оптимальных кодов:

- 1) выбор каждого кодового слова производится так, чтобы содержащееся в нем количество информации было максимально;
- 2) буквам первичного алфавита имеющим большую вероятность присваиваются более короткие кодовые слова во вторичном алфавите.

Построение оптимальных кодов сводится к построению кодовых деревьев.

24. Биноминальный канал

Наиболее простой моделью дискретного канала является симметричный канал без памяти (биномиальный канал). Таковым является канал, в котором каждый переданный кодовый символ может быть принят ошибочно с фиксированной вероятностью p и правильно с вероятностью $q = 1 - p$, причем в случае ошибки вместо переданного символа b_i может быть с равной вероятностью принят любой другой символ b^j , т. е.

$$p(b^j|b_i) = \begin{cases} <p> <p> p/m-1, i \neq j \\ <p> <p> 1-p, i = j \end{cases} \quad (2.13)$$

Термин «без памяти» означает, что вероятность появления ошибки в любом разряде n -последовательности не зависит от того, какие символы передавались до этого разряда и как они были приняты.

Вероятность появления какого-либо n -мерного вектора ошибки веса l в этом канале равна

$$p(E) = [p/(m-1)]^l (1-p)^{n-l}$$

Вероятность того, что произошло l любых ошибок, расположенных произвольным образом на протяжении n -последовательности, определяется законом Бернулли

$$p(l) = C_n^l [p/(m-1)]^l (1-p)^{n-l} \quad (2.14)$$

где $C_n^l = n! / [l!(n-l)!]$ — биномиальный коэффициент (число различных сочетаний l ошибок в n -последовательности).

Модель симметричного канала без памяти (биномиального канала) является хорошей аппроксимацией канала с аддитивным белым шумом при неизменном множителе интенсивности сигнала. Рис. 1,а демонстрирует граф, отображающий вероятности переходов в двоичном симметричном канале без памяти.

В несимметричном канале без памяти ошибки возникают также независимо друг от друга, однако вероятности перехода символов 1 в 0 и обратно при прохождении сигнала в канале являются различными.

25. Проводные каналы связи

Канал связи — система технических средств и среда распространения сигналов для передачи сообщений (не только данных) от источника к получателю (и наоборот). Канал связи, понимаемый в узком смысле (тракт связи), представляет только физическую среду распространения сигналов, например, физическую линию связи.



26. Классификация проводных линий связи

В проводных каналах связи применяются различные линии связи: воздушные, симметричные кабельные линии, коаксиальные (несимметричные) кабельные линии, полосковые, волноводные и световодные. **Воздушные** — это стальная проволока диаметром 5; 4; 2,5; 2; 1,5 мм, либо биметаллическая сталемедная проволока диаметром 4; 3; 2; 1, 1,6; 1,2 мм. **Симметричные кабельные** — это медные проводники (токопроводящие жилы) диаметром 1,4; 1,3; 1,2; 1,1; 1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,32. Современные кабели могут содержать сотни пар проводов. **Коаксиальные кабельные** — это магистральные линии связи, диаметром 1,2/4,6 мм (1,2 мм — диаметр внутреннего проводника, 4,6 мм — диаметр внешнего проводника).

Проводная линия связи — это **длинная линия**. Линия называется **длинной**, если ее геометрическая длина соизмерима или превышает длину волны передаваемых по ней электромагнитных колебаний. Длинные линии — это цепи с распределенными параметрами, схема замещения длинной линии представляет собой многозвенный фильтр нижних частот, где R_1, L_1, G_1, C_1 — **первичные параметры** линии (определяются на 1 км длины). Для **двухпроводной симметричной** линии:

$$R1 \approx 8,36 * 10^{-8} \sqrt{f} / r;$$

$$L1 \approx 4 * 10^{-7} \ln[(a - r)/r];$$

$$C1 \approx 10^{-9} \varepsilon / 36 \ln[(a - r)/r];$$

Для **коаксиальной** линии:

$$R1 \approx 4,18 * 10^{-8} \sqrt{f} (1/r_1 + 1/r_2);$$

$$L1 \approx 2 * 10^{-7} \ln(r_2/r_1);$$

$$C1 \approx 10^{-9} \varepsilon / 18 \ln(r_2/r_1).$$

где r, r_1, r_2 – радиусы проводов, м; a – расстояние между центрами проводов, м; f – частота, Гц; ε – относительная диэлектрическая проницаемость.

27. Первичные параметры линий связи

Проводная линия связи - это **длинная линия**. Линия называется **длинной**, если ее геометрическая длина соизмерима или превышает длину волны передаваемых по ней электромагнитных колебаний. Длинные линии – это цепи с распределенными параметрами, схема замещения длинной линии представляет собой многозвенный фильтр нижних частот, где $R1, L1, G1, C1$ – **первичные параметры** линии (определяются на 1 км длины). Для **двухпроводной симметричной** линии:

$$R1 \approx 8,36 * 10^{-8} \sqrt{f} / r;$$

$$L1 \approx 4 * 10^{-7} \ln[(a - r)/r];$$

$$C1 \approx 10^{-9} \varepsilon / 36 \ln[(a - r)/r];$$

Для **коаксиальной** линии:

$$R1 \approx 4,18 * 10^{-8} \sqrt{f} (1/r_1 + 1/r_2);$$

$$L1 \approx 2 * 10^{-7} \ln(r_2/r_1);$$

$$C1 \approx 10^{-9} \varepsilon / 18 \ln(r_2/r_1).$$

где r, r_1, r_2 – радиусы проводов, м; a – расстояние между центрами проводов, м; f – частота, Гц; ε – относительная диэлектрическая проницаемость.

28. Вторичные параметры линий связи

1. **Волновое сопротивление** определяется первичными параметрами линии, характеризует степень согласования линии и нагрузки.

При $\dot{Z}_n = \dot{Z}_c$ (комплексные величины) линия нагружена согласованно. В области тональных частот ($f < 10 \text{ кГц}$) справедливы формулы:

$$Z_c \approx \sqrt{R1/\omega C1}; \quad Z_c - \text{модуль};$$

$$\varphi_c = \pi/4. \quad \varphi_c - \text{аргумент.}$$

В области высоких частот:

$$Z_c \approx \sqrt{L1/C1};$$

$$\varphi_c \approx 0.$$

2. **Коэффициент ослабления** α (затухания) и **коэффициент фазы** β в диапазоне тональных частот вычисляются как:

$$\alpha = \beta \approx \sqrt{\omega C1 R1 / 2}.$$

В системах радио- и многоканальной связи справедливы формулы:

$$\alpha \approx (R1/2) \sqrt{C1/L1} + (G1/2) \sqrt{L1/C1};$$

$$\beta \approx \omega \sqrt{L1 C1}.$$

В длинной линии возникает электромагнитная волна, которая перемещается от начала линии к ее концу, такая волна называется бегущей или падающей. Длина волны – это расстояние между двумя смежными точками, взятыми в направлении распространения волны, фазы напряжения в которых отличаются на угол 2π , длина волны не зависит от ослабления линии, а полностью определяется коэффициентом фазы:

$$\lambda = 2\pi / \beta.$$

Режим бегущих волн возникает в согласованно нагруженной линии, то есть когда $Z_n = Z_{\text{с}} = \rho$ (характеристическое сопротивление). **Режим стоячих волн** возникает при коротком замыкании линии, когда $Z_n = 0$.

Стоячая волна является результатом наложения падающей и отраженной волн с равными амплитудами. Такой режим возникает и при холостом ходе (обрыв линии), только узлы и пучности волны меняются местами. В общем случае, когда сопротивление нагрузки не равно волновому, в линии устанавливается **режим смешанных волн**. Степень согласования линии с нагрузкой характеризуется также **коэффициентом бегущей волны** (КБВ), который равен отношению минимальной и максимальной амплитуд колебаний напряжения (тока) в линии:

$$КБВ = U_{\min} / U_{\max} = I_{\min} / I_{\max}.$$

Коэффициент стоячей волны (КСВ) является величиной, обратной КБВ. Практически КБВ = 0...1, а КСВ = 1...и выше. При согласовании линии с нагрузкой КБВ = 1.

29. Оптический канал

Оптический канал - канал, предназначенный для передачи сигналов света по линиям связи, состоящим из световодов и оптических усилителей. Источником света является оптический передатчик, управляемый лазером или светодиодом. Прием света осуществляется фотодиодом.

Оптические каналы обеспечивают высокую скорость и надежность передачи данных.

Рассмотрим коротко процесс передачи данных с использованием оптического канала. Через устройство сопряжения сетевой трафик из кабеля (витая пара или волоконная оптика) доставляется к светодиоду, работающим в инфракрасном диапазоне спектра. Сигнал передается узко направленным световым лучом в принимающий фотодиод на другом конце сети. Полученный световой сигнал демодулируется и преобразуется в коммуникационный протокол.

30. Особенности радиоканалов

Основными характеристиками любой системы связи являются:

- **Помехоустойчивость** - способность системы противостоять вредному влиянию помех на передачу сообщения; от степени помехоустойчивости системы зависит качество передачи.
- **Скорость передачи** информации - это количественная оценка системы связи. Скорость измеряется числом передаваемых двоичных символов в единицу времени. При использовании не двоичных, а m -ичных символов, количество информации, которое может переносить символ, составляет: $\log_2 m$, бит.
- Максимальная скорость передачи R_{\max} называется **пропускной способностью системы связи**. Пропускную способность системы передачи аналоговых сообщений оценивают количеством одновременно передаваемых телефонных разговоров.
- **Задержка** - это максимальное время, прошедшее между моментом подачи сообщения от источника на вход передающего устройства и моментом выдачи восстановленного сообщения приемным устройством.

31. Формирование и преобразование сигналов в каналах связи

В системах связи с помощью линейных, нелинейных и параметрических цепей осуществляются основные преобразования сообщений и сигналов. **Линейные цепи** состоят из линейных элементов R , C , L , параметры которых постоянны и не зависят ни от электрического воздействия, ни от времени. К линейным цепям и элементам применим принцип **суперпозиции** - реакция на сумму воздействий равна сумме реакций на каждое воздействие в отдельности. Спектр реакций линейных элементов не содержит новых частот по сравнению со спектром воздействия.

Нелинейные цепи - цепи, параметры которых зависят от электрического воздействия (тока или напряжения), но не зависят от времени. Нелинейные цепи и элементы не подчиняются принципу суперпозиции и способны порождать новые частоты (новый спектр). **Параметрические цепи** - цепи, параметры которых зависят от времени. Различают **линейно-параметрические** цепи, в которых параметры зависят от времени и не зависят от электрического воздействия, и **нелинейно-параметрические**, в которых параметры зависят от времени и от электрического воздействия.

Линейные цепи - это **усиление** сигналов, передача по линиям связи (**ослабление**), **фильтрация** с целью выделения сигналов и подавления помех. При этом не требуется получение новых частот. Нелинейные и параметрические цепи - это **генерирование** колебаний, **умножение**, **деление** и **преобразование** частоты, **усиление** сигналов с большим КПД, **модуляция** и **детектирование**. Для этих операций требуется изменение спектрального состава сигналов.

Математическая модель нелинейных и параметрических элементов - это их вольт-амперные характеристики (ВАХ), которые снимаются экспериментально. **Аппроксимация** ВАХ означает подбор такой простой математической функции, которая отражала бы важнейшие особенности экспериментально снятой характеристики. Форму реакции нелинейного элемента на внешнее воздействие можно определить графически методом проекций на ВАХ.

При одновременном воздействии на НЭ (нелинейный элемент) не менее двух гармонических колебаний с разными частотами возникают комбинационные частоты. **Бигармонический сигнал** содержит два гармонических колебания с различными частотами. **Генератором** называется устройство, формирующее электрические колебания требуемой формы, частоты, мощности. В соответствии с характером преобразования энергии одного вида в другой различают электрические и электромеханические генераторы. **Электрические** генераторы преобразуют энергию

постоянного тока в энергию высокочастотных колебаний. По принципу работы и схемному построению различают генераторы с самовозбуждением (автогенераторы) и с внешним возбуждением. Автогенераторы подразделяются на автогенераторы гармонических колебаний и релаксационные (импульсные) генераторы. Работа любого автогенератора основана на принципе автоматического поддержания в колебательной системе незатухающих колебаний.

32. Модуляция сигналов

Модуляция – это процесс изменения одного или нескольких параметров несущего колебания (высокочастотного) в соответствии с изменением параметров модулирующего (низкочастотного) информационного сигнала. Главная особенность любой модуляции – преобразование спектра модулирующего сигнала. В общем случае происходит расширение спектра, а при гармонической несущей – перенос спектра в область около частоты несущей. Это обстоятельство привело к использованию только модулированных сигналов в многоканальной связи. Практически в настоящее время в системах связи используется большое количество разнообразных видов модуляции, выбор конкретного вида определяется требованиями помехоустойчивости. При амплитудной модуляции (АМ) амплитуда несущего колебания изменяется пропорционально мгновенным значениям модулирующего сигнала. На рисунках 1,2,3 показаны временная и спектральные диаграммы АМ сигнала (в зависимости от формы исходного модулирующего колебания).

Коэффициент модуляции (М) – это отношение разности между максимальным и минимальным значениями амплитуд АМ сигнала к сумме этих значений:

$$M = (A_{\max} - A_{\min}) / (A_{\max} + A_{\min}) = \Delta A / A_o, \text{ где } A_o - \text{амплитуда несущей.}$$

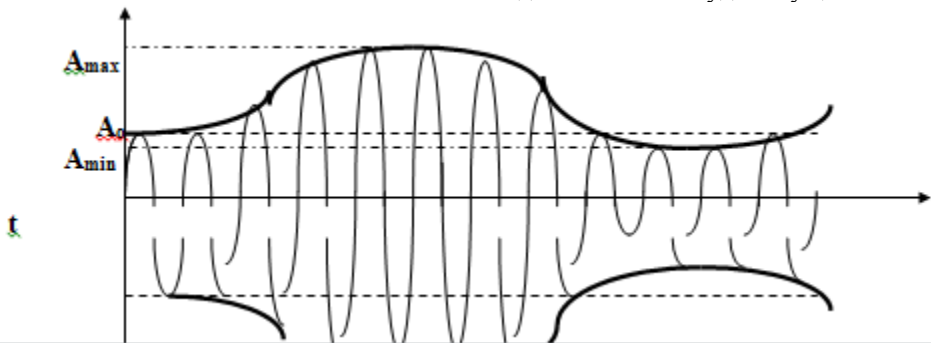


Рисунок 1 - Однотональная амплитудная модуляция

33. Оптимальный прием дискретных сигналов

Сущность оптимального приема состоит в том, что в приемнике необходимо применить такую обработку смеси сигнала с помехой, чтобы обеспечить выполнение заданного критерия. Эта совокупность правил обработки называется **алгоритмом** оптимального приема заданного сигнала на фоне помех. Алгоритм находят статистическими методами, зная параметры передаваемых сигналов и вероятностные характеристики помех.

Для передачи двоичных первичных сигналов u_1 и u_2 длительностью t_s сигналами $s_1(t)$ и $s_2(t)$, сформированными методами амплитудной, частотной и фазовой манипуляций в канале с аддитивным гауссовским шумом, алгоритмы оптимального приема приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вид манипуляции	Алгоритм
АМ	$\int_0^{t_s} z(t)s_1(t)dt$ <p style="text-align: right;">0,5W_s,</p> <p style="text-align: center;">больше или меньше</p> <p>где W_s – энергия сигнала s₁(t)</p>
ЧМ	$\int_0^{t_s} z(t)s_1(t)dt$ <p style="text-align: right;">$\int_0^{t_s} z(t)s_2(t)dt$</p> <p style="text-align: center;">больше или меньше</p>
ФМ	$\int_0^{t_s} z(t)s_1(t)dt$ <p style="text-align: center;">больше или меньше 0</p>

Все алгоритмы представляют собой неравенства, указывающие последовательность операций, которые необходимо провести с принятой суммой сигнала и помехи $z(t)$ и правило определения переданного первичного сигнала u_i . Например, для сигналов с ЧМ принятый сигнал с помехой $z(t)$ следует отдельно умножить на копии

передаваемых сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$, произведения проинтегрировать на интервале длительности сигнала t_s и далее сравнить результаты интегрирования. По большому из них и выносится решение, какой первичный сигнал передавался. Если

$$\int_0^{t_s} z(t)s_1(t)dt > \int_0^{t_s} z(t)s_2(t)dt,$$

то передавался сигнал $s_1(t)$, которому соответствует первичный сигнал u_1 . При обратном знаке неравенства - сигнал u_2 .

34. ИКМ модуляция

Принципы аналого-цифрового преобразования на основе ИКМ были предложены в 1940 году французским инженером А.Ривсом. Аналогово-цифровое преобразование состоит из трех этапов: **дискретизации**, при которой

производится выборка значений аналогового сигнала с интервалом $\Delta t = T_s$; **квантования**, при котором выборочное значение аналогового сигнала заменяется ближайшим значением уровня квантования (заранее установленным); **кодирования**, при котором значение уровня квантования преобразуется в двоичное число.

При **дискретизации** (sampling process) коммутирующе-запоминающий механизм формирует из поступающего непрерывного сигнала последовательность выборок (sample). Результатом этого процесса является **амплитудно-импульсно модулированный сигнал** (модуляция АИМ или РАМ - pulse-amplitude modulation). Дискретизация непрерывного сигнала выполняется согласно **теореме Котельникова - Найквиста**: «сигнал с ограниченной

$$T_s \leq \frac{1}{2f_m},$$

полосой однозначно определяется значениями, выбранными через равные промежутки времени:

f_m - верхняя частота сигнала».

Верхний предел T_s можно выразить через **частоту дискретизации** (sampling rate) - частоту Найквиста:

$f_s \geq 2f_m$. Этот критерий Найквиста теоретически достаточное условие, которое делает возможным полное восстановление аналогового сигнала из последовательности равномерно распределенных дискретных выборок. На приеме аналоговый сигнал полностью восстанавливается из выборок путем фильтрации. При выполнении условия $f_s \geq 2f_m$ операция фильтрации облегчается.

35. Теорема Котельникова-Найквиста

Теорема гласит, что, если аналоговый сигнал $X(t)$ имеет финитный (ограниченный по ширине) спектр, то он может быть восстановлен однозначно и без потерь по своим дискретным отсчетам, взятым с частотой, строго большей удвоенной верхней частоты f_c

Где f больше $2f_c$

$$V_{max \text{ data rate}} = 2H \log_2 M \text{ бит/сек}$$

$V_{max \text{ data rate}}$ максимальная скорость передачи H - ширина полосы пропускания канала, выраженная в Гц, M - количество уровней сигнала, которые используются при передаче. Например, из этой формулы видно, что канал с полосой 3 кГц не может передавать двухуровневые сигналы быстрее 6000 бит/сек.

Эта теорема также показывает, что, например, бессмысленно сканировать линию чаще, чем удвоена ширина полосы пропускания. Действительно, все частоты выше этой отсутствуют в сигнале, а потому вся информация, необходимая для возобновления сигнала будет собрана при таком сканировании.

Теорема Котельникова Найквиста не учитывает шум в канале, который измеряется как отношение мощности полезного сигнала к мощности шума: S/N . Эта величина измеряется в децибелах: $10 \log_{10}(S/N)$ dB. Например, если отношение S/N равняется 10, то говорят о шуме в 10 dB если отношение равняется 100, то - 20 dB.

На случай канала с шумом есть теорема Шеннона, по которой максимальная скорость передачи данных по каналу с шумом равняется:

$H \log_2 (1+S/N)$ бит/сек, где S/N - соотношение сигнал-шум в канале.

Здесь уже не важно количество уровней в сигнале. Эта формула устанавливает теоретический предел, который редко достигается на практике. Например, по каналу с полосой пропускания в 3000 Гц и уровнем шума 30 dB (это характеристики телефонной линии) нельзя передать данные быстрее, чем со скоростью 30 000 бит/сек.

36. Квантование амплитуды

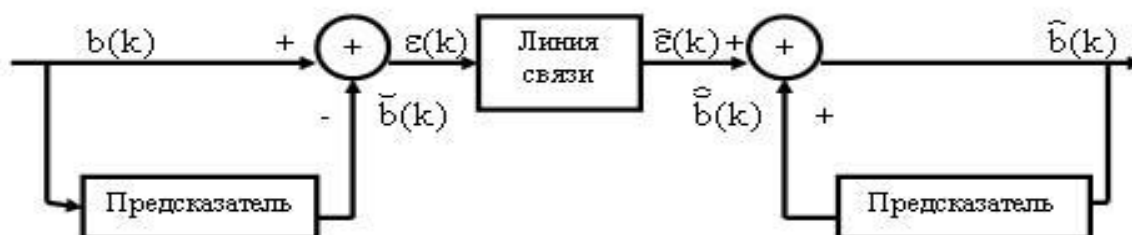
Квантование по амплитуде — процесс замены реальных значений амплитуды сигнала значениями, приближенными с некоторой точностью. Каждый из 2^N возможных уровней называется уровнем квантования, а расстояние между двумя ближайшими уровнями квантования называется шагом квантования. Если амплитудная

шкала разбита на уровни линейно, квантование называют линейным (однородным). Точность округления зависит от выбранного количества (2^N) уровней квантования, которое, в свою очередь, зависит от количества бит (N), отведенных для записи значения амплитуды. Число N называют *разрядностью квантования* (подразумевая количество разрядов, то есть бит, в каждом слове), а полученные в результате округления значений амплитуды числа — *отсчетами или семплами* (от англ. «sample» — «замер»). Принимается, что погрешности квантования, являющиеся результатом квантования с разрядностью 16 бит, остаются для слушателя почти незаметными. Этот способ оцифровки сигнала — дискретизация сигнала во времени в совокупности с методом однородного квантования — называется импульсно-кодовой модуляцией

37. Кодирование с предсказанием

При передаче речи, телевизионных изображений, данных телеметрии между отсчетами передаваемых сообщений имеются статические (корреляционные) связи. **Корреляция** характеризует степень взаимосвязи между двумя значениями случайного процесса в различные моменты времени (функция двух моментов времени t_1 и t_2). Наличие таких взаимосвязей позволяет повысить эффективность систем передачи информации.

Такой системой передачи является система, где используется способ передачи с **предсказанием**. Последовательность корреляционных отсчетов $b(k\Delta t) = b(k)$ исходного сигнала подается на один из входов вычитающего устройства, на другой вход этого устройства подается сигнал предсказания, сформированный из предыдущих отсчетов. Полученный таким образом сигнал ошибки предсказания $\varepsilon(k)$ поступает в тракт передачи.

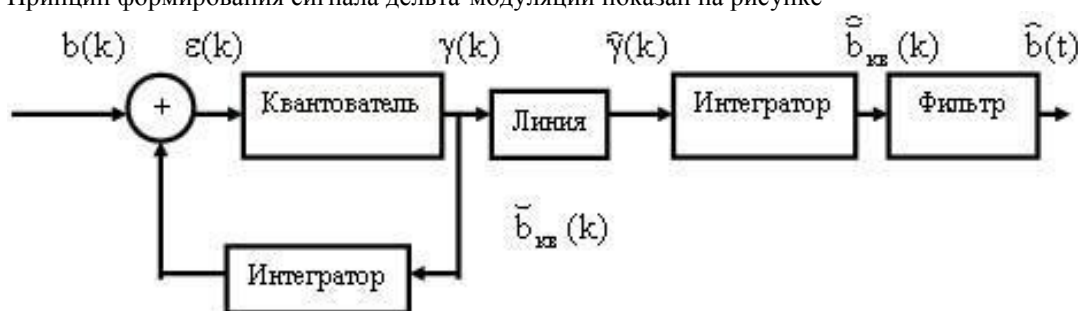


В сигнале ошибки содержатся сведения, представляющие разность между истинным и предсказанным значениями, поэтому этот способ передачи называется **передачей с предсказанием**. На приемной стороне имеется такой же предсказатель, как и на передающей стороне.

Чем сильнее корреляционные связи, тем точнее можно сформировать сигнал предсказания и тем меньшая энергия потребуется для передачи сигнала ошибки по сравнению с передачей исходного сигнала. В системах передачи с предсказанием отсчеты сигнала ошибки подвергают обычным операциям квантования и кодирования. Результатом такого преобразования на передающей стороне является **дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ)**.

38. Понятия о корректирующих кодах

При преобразовании аналогового сигнала в цифровой в АЦП ДМ применяется **одноразрядный код**, символ которого определяет только знак (полярность) производной аналогового сигнала через интервал дискретизации. Принцип формирования сигнала дельта-модуляции показан на рисунке



Отсчеты $b(k)$ передаваемого сообщения сравниваются с квантованным отсчетом, полученным в результате суммирования всех предыдущих квантованных сигналов ошибки:

$$\tilde{b}_{\text{кз}}(k-1) = \sum_{i=0}^{n-1} \varepsilon_{\text{кз}}(i) = \Delta b \sum_{i=0}^{n-1} \gamma(i).$$

39. Основной цифровой сигнал

для передачи аналогового сигнала (коим является голос человека) по IP-сетям, необходимо этот самый сигнал преобразовать в последовательность единиц и нулей. исходя из теоремы Котельникова (буржуи зовут её теоремой Найквиста) при использовании импульсно-кодовой модуляции для передачи голосового сигнала без потери качества достаточно передавать данные со скоростью 64 kbit/сек. 64 килобита в секунду — это то, что в современной цифровой телефонии называется **основным цифровым сигналом**.

На 32-х (30 голосовых + 2 служебных) основных цифровых сигналах построен первичный (самый маленький, простой) уровень в плезиосинхронной (почти синхронной) цифровой иерархии (PDH) — т.н. поток E1 (2048 кбит/сек). А сам основной цифровой сигнал порой называют нулевым уровнем. Стоит отметить, что в PDH

существует второй (Е2), третий (Е3) и четвёртый (Е4) уровни. Каждый последующий уровень мультиплексируется из четырёх предыдущих с добавлением кое-какой служебной информации, например $E3=4 \cdot E2 + \text{сигнализация}$.

40. Неравномерное устройство квантования

Неравномерное (нелинейное) квантование. Линейные устройства квантования легко реализовать и легко понять – в этом их очевидное достоинство. Вместе с тем, выбор параметров устройств равномерного квантования не предполагает никаких знаний о статистике амплитуд и корреляционных свойствах входного сигнала.

Нелинейные устройства квантования, обеспечивающие неравномерное квантование, применяются тогда, когда возникает желание учесть статистику амплитуд и корреляционные свойства входного сигнала.

Существуют приложения, для которых равномерные устройства квантования являются наилучшими. Это – обработка музыкальных сигналов, обработка изображений, контроль процессов и ряд других. Для некоторых иных приложений более приемлемы неравномерные квантующие устройства. Важнейшим примером такого рода является обработка речевых сигналов в системах связи.

Неравномерное квантование может обеспечить лучшее квантование слабых сигналов и грубое квантование сильных сигналов. Значит, в этом случае шум квантования может быть пропорциональным сигналу.

41. Особенности цифровой передачи сигналов

Основной тенденцией развития телекоммуникаций во всем мире является *цифровизация* сетей связи, предусматривающая построение сети на базе цифровых методов передачи и коммутации. Это объясняется следующими существенными преимуществами цифровых методов передачи перед аналоговыми.

Высокая помехоустойчивость. Представление информации в цифровой форме позволяет осуществлять регенерацию (восстановление) этих символов при передаче их по линии связи, что резко снижает влияние помех и искажений на качество передачи информации.

Слабая зависимость качества передачи от длины линии связи. В пределах каждого регенерационного участка искажения передаваемых сигналов оказываются ничтожными. Длина регенерационного участка и оборудование регенератора при передаче сигналов на большие расстояния остаются практически такими же, как и в случае передачи на малые расстояния. Так, при увеличении длины линии в 100 раз для сохранения неизменным качества передачи информации достаточно уменьшить длину регенерационного участка лишь на несколько процентов.

Стабильность параметров каналов ЦСП. Стабильность и идентичность параметров каналов (остаточного затухания, частотной и амплитудной характеристик и др.) определяются в основном устройствами обработки сигналов в аналоговой форме. Поскольку такие устройства составляют незначительную часть оборудования ЦСП, стабильность параметров каналов в таких системах значительно выше, чем в аналоговых. Этому также способствует отсутствие в ЦСП влияния загрузки системы на параметры отдельных каналов.

Эффективность использования пропускной способности каналов для передачи дискретных сигналов. При вводе дискретных сигналов непосредственно в групповой тракт ЦСП скорость их передачи может приближаться к скорости передачи группового сигнала. Если, например, при этом будут использоваться временные позиции, соответствующие только одному каналу ТЧ, то скорость передачи будет близка к 64 кбит/с, в то время как в аналоговых системах она обычно не превышает 33,6 кбит/с.

Возможность построения цифровой сети связи. Цифровые системы передачи в сочетании с цифровыми системами коммутации являются основой цифровой сети связи, в которой передача, транзит и коммутация сигналов осуществляются в цифровой форме. При этом параметры каналов практически не зависят от структуры сети, что обеспечивает возможность построения гибкой разветвленной сети, обладающей высокими надежностными и качественными показателями.

Высокие технико-экономические показатели. Передача и коммутация сигналов в цифровой форме позволяют реализовывать оборудование на единых аппаратных платформах. Это позволяет резко снижать трудоемкость изготовления оборудования, значительно снижать его стоимость, потребляемую энергию и габариты. Кроме того, существенно упрощается эксплуатация систем и повышается их надежность.

42. Демодуляция

Модуляция – изменение информативных параметров некоторых первичных физических процессов (сигналов), рассматриваемых как носители информации, в соответствии с передаваемой (включаемой и сигнал) информацией. Виды модуляции связаны с типом сигнала-носителя. В современной информатике выделяют три его типа: фиксированный уровень, колебания, импульсы.

Демодуляция – восстановление величин, вызвавших изменение параметров носителей при модуляции. Выполняется на принимающей стороне при известных условиях модуляции на передающей стороне.

43. Ширина спектра

Шириной спектра сигнала называется минимальная полоса частот, на которой сосредоточена подавляющая часть (95%) мощности (или энергии) сигнала. Для спектрального представления непериодических (импульсных)

сигналов, заданных на конечном интервале (t_1, t_2) , непосредственно воспользоваться рядом Фурье нельзя, так как импульсный сигнал не является периодическим. Для гармонического разложения сигнала выполняется следующее:

- импульсный сигнал $u(t)$ дополняется до периодического с любым периодом T , включающим в себя промежуток (t_1, t_2) ;
- полученный периодический сигнал $u_{\text{пер}}(t)$ представляется в виде ряда Фурье;
- затем производится предельный переход от $u_{\text{пер}}(t)$ к $u(t)$ при $T \rightarrow \infty$.

Для вычисления спектра в этом случае пользуются комплексной формой записи ряда Фурье:

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{F}(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (\text{обратное преобразование Фурье}), \text{ где}$$

$$\dot{F}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt \quad (\text{прямое преобразование Фурье}).$$

Комплексная спектральная плотность:

$$\dot{F}(\omega) = F(\omega) e^{-j\psi(\omega)},$$

где $F(\omega)$ – модуль или **спектральная плотность амплитуд** (амплитудный спектр);

$\psi(\omega)$ – аргумент или **фазовый спектр** непериодического сигнала.

Поскольку сигналы и помехи – это случайные процессы, то знание спектра помехи позволяет предпринимать меры для ее подавления. Таким образом, спектр необходимо знать для осуществления неискаженной передачи сигнала по каналу связи, для обеспечения разделения сигналов и ослабления помех. **Ширина спектра** – это интервал частот, занимаемый спектром сигнала. Ширина спектра импульсных сигналов обратно пропорциональна длительности импульса.

44. Кодирование

Кодирование – это процесс преобразования сообщения в последовательность кодовых символов. Если преобразовывать последовательность элементов сообщения в последовательность двоичных чисел, то для передачи их по каналу связи достаточно передавать два кодовых символа – **1** и **0**. Символы **0** и **1** могут передаваться колебаниями с различными частотами или импульсами тока разной полярности. Благодаря своей простоте двоичная система счисления широко применяется при кодировании. При кодировании каждому элементу сообщения присваивается **кодовая комбинация**. Совокупность кодовых комбинаций образует **код**. Коды, у которых все комбинации имеют одинаковую длину, называются. Примером **неравномерного** кода является код Морзе, в котором различные комбинации имеют различную длительность (символы 0 и 1 используются в двух сочетаниях: как одиночные 1 и 0 и как тройные – 111 и 000). По помехоустойчивости коды подразделяются на **простые** и **корректирующие**. Простые коды – это коды без **избыточности**, у которых все возможные комбинации используются для передачи информации, и превращение одного символа комбинации в другой приводит к появлению новой комбинации или ошибки. Корректирующие коды строятся так, что для передачи сообщения используются не все кодовые комбинации, а некоторая их часть. Таким образом, создается возможность обнаружения и исправления ошибки при неправильном воспроизведении некоторого числа символов. Декодирование на приеме – это восстановление сообщения по принимаемым кодовым символам. Устройства, осуществляющие кодирование и декодирование называются **кодеком**.

45. Математическое описание сигналов и помех

Способ получения таких моделей сигналов состоит в следующем. Реальный сигнал приближенно представляется суммой некоторых элементарных сигналов, возникающих в последовательные моменты времени. Если те- перь устремить к нулю длительность отдельных элементарных сигналов, то, естественно, в пределе будет получено точное представление исходного сигнала. В литературе этот способ описания сигнала получил название **динамическо- го представления**, подчеркивая развивающийся во времени процесс.

Широкое применение нашли два способа динамического представления. Согласно первому из них в качестве элементарных сигналов используются ступенчатые функции, возникающие через равные промежутки времени Δ . В качестве таких функций используются функции включения или функции Хевисайда $\sigma(t)$, которые описываются следующим образом

$\sigma(t)$

$\sigma(t) = 1, \text{ при } t \geq 0$

$\sigma(t) = 0, \text{ при } t < 0$

$\sigma(t) = 0, \text{ при } t < 0$

$\sigma(t) = 0, \text{ при } t < 0$



Рис. 2.4. Функция включения

Другая возможность представления сигнала заключается в использовании стандартных прямоугольных функций длительностью Δ . На рис. 2.5 представлены возможные способы представления сигналов.

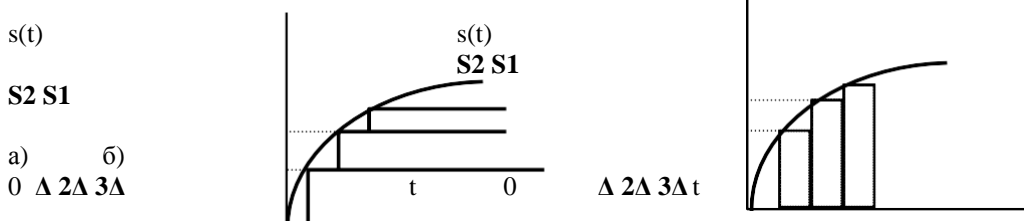


Рис. 2.5. Динамическое представление сигналов

Как видно (рис. 2.5, а), текущее значение сигнала при любом t равно сумме ступенчатых функций

$$s(t) \approx s_0 \sigma(t) + (s_1 - s_0) \sigma(t - \Delta) + (s_2 - s_1) \sigma(t - 2\Delta) + \dots \quad (2.1)$$

В случае представления аналогового сигнала суммой примыкающих к друг другу прямоугольных импульсов, элементарный импульс с номером k представляется в виде

$$u_k(t) = s_k [\sigma(t - t_k) - \sigma(t - t_k - \Delta)]. \quad (2.2)$$

Тогда исходный сигнал является суммой элементарных импульсов

$$s(t) = \sum_k u_k(t). \quad (2.3)$$

Важное значение при динамическом представлении сигнала играет и другая функция, которая называется **дельта-функцией** $\delta(t)$ или функцией Дирака. Такой функцией называется импульсный сигнал, площадь которого, например, $A_m \cdot \tau$ равна 1, причем длительность импульса τ стремится к нулю, а амплитуда импульса A_m стремится к бесконечности.

Если в выражении (2.3) Δ устремить к нулю, то получим формулу динамического представления сигнала

$$s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s(\tau) \delta(t - \tau) d\tau. \quad (2.4)$$

Таким образом, если непрерывную функцию умножить на дельта- функцию и произведение проинтегрировать по времени, то результат будет равен значению функции в той точке, где существует δ -функция. В этом заключается **фильтрующее свойство** дельта-функции.

46. Финитный спектр с использованием теоремы Котельникова

Теорема гласит, что, если аналоговый сигнал $X(t)$ имеет финитный (ограниченный по ширине) спектр, то он может быть восстановлен однозначно и без потерь по своим дискретным отсчетам, взятым с частотой, строго большей удвоенной верхней частоты f_c

Где f больше $2f_c$

$$V_{max \text{ data rate}} = 2H \log_2 M \text{ бит/сек}$$

$V_{max \text{ data rate}}$ максимальная скорость передачи H - ширина полосы пропускания канала, выраженная в Гц, M - количество уровней сигнала, которые используются при передаче. Например, из этой формулы видно, что канал с полосой 3 кГц не может передавать двухуровневые сигналы быстрее 6000 бит/сек.

Эта теорема также показывает, что, например, бессмысленно сканировать линию чаще, чем удвоена ширина полосы пропускания. Действительно, все частоты выше этой отсутствуют в сигнале, а потому вся информация, необходимая для возобновления сигнала будет собрана при таком сканировании.

47. Функция корреляции

При передаче речи, телевизионных изображений, данных телеметрии между отсчетами передаваемых сообщений имеются статические (корреляционные) связи. **Корреляция** характеризует степень взаимосвязи между двумя значениями случайного процесса в различные моменты времени (функция двух моментов времени t_1 и t_2). Наличие таких взаимосвязей позволяет повысить эффективность систем передачи информации.

Такой системой передачи является система, где используется способ передачи с **предсказанием**. Последовательность корреляционных отсчетов $b(k\Delta t) = b(k)$ исходного сигнала подается на один из входов вычитающего устройства, на другой вход этого устройства подается сигнал предсказания, сформированный из предыдущих отсчетов. Полученный таким образом сигнал ошибки предсказания $\varepsilon(k)$ поступает в тракт передачи.

48. Классификация каналов связи

Канал связи – это совокупность технических и программных средств обеспечивающих передачу сообщения от источника к потребителю.

Классификация каналов связи:

1. По назначению

- телефонные
- телеграфные
- телевизионные
- радиовещательные

2. По направлению передачи

- симплексные (передача только в одном направлении)
- полудуплексные (передача поочередно в обоих направлениях)
- дуплексные (передача одновременно в обоих направлениях)

3. По характеру линии связи

- механические
- гидравлические
- акустические
- электрические (проводные)
- радио (беспроводные)
- оптические

4. По характеру сигналов на входе и выходе канала связи

- аналоговые (непрерывные)
- дискретные по времени
- дискретные по уровню сигнала
- цифровые (дискретные и по времени и по уровню)

5. По числу каналов на одну линию связи

- одноканальные
- многоканальные

49. Первичные сигналы электрической связи

Первичные сигналы сообщений $b(t)$ имеют спектральный состав, расположенный в низкочастотной области в диапазоне от Ω_{min} до Ω_{max} . Отношение $(\Omega_{max} / \Omega_{min})$ всегда много больше 1. Поэтому такие сигналы являются **широкополосными** и не могут излучаться в пространство даже при значительной мощности, так как для эффективного излучения геометрические размеры антенны должны быть сравнимы с длиной волны излучаемого колебания. Модуляция позволяет получить **узкополосный** сигнал, для спектра которого выполняется условие $(\omega_{max} / \omega_{min}) \approx 1$. Для получения радиосигнала необходимо по за-

кону передаваемого сообщения изменять один из трех параметров ($Um0$, $\omega0$, $\varphi0$) гармонического колебания, частота которого $\omega0$ значительно больше Ω_{max} . Тогда соответственно получаем классические виды модуляции: амплитудную (АМ), частотную (ЧМ) и фазовую (ФМ). Гармоническое колебание с частотой $\omega0$ называется *несущим колебанием*. Современные системы связи используют и сложные виды модуляции, например, АМ – ФМ, ЧМ – ЧМ, АМ – ЧМ и т. п.

49. Модель дискретного канала связи

Дискретный канал – канал связи, используемый для передачи дискретных сообщений.

Упрощенная схема передачи информации по дискретному каналу связи представлена на рисунке 1.



Каналы связи принято называть дискретными по времени только в том случае, если входные и выходные сигналы доступны для наблюдения и дальнейшей обработки в строго фиксированные моменты времени. Для определения моделей дискретных каналов связи достаточно описать случайные процессы, происходящие в них, а также знать

вероятности появления ошибок. Для этого необходимо иметь входной (A) и выходной (\hat{A}) наборы передаваемых символов, должна быть задана совокупность переходных вероятностей $p(\hat{a} | a)$, которая зависит от следующих величин: $a = (a_1, a_2, \dots, a_i, \dots)$ – случайной последовательности символов входного алфавита, где $a_i \in A$ – символ на входе канала в i -й момент времени; $\hat{a} = (\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_i, \dots)$ – последовательности принятых символов, взятой из выходного алфавита, где $\hat{a}_i \in \hat{A}$ – символ на выходе канала в i -й момент.

С математической точки зрения вероятность $p(\hat{a} | a)$ можно определить как условную вероятность приема последовательности \hat{a} при условии, что передана последовательность a . Количество переходных вероятностей прямо пропорционально возрастает с увеличением длительности входных и выходных последовательностей. Например, при использовании бинарного кода для последовательности длиной n , количество переходных вероятностей составит 2^{2n} . Ниже приведено описание математических моделей дискретных каналов, содержащих ошибки. С их помощью можно достаточно просто определить переходные вероятности $p(\hat{a} | a)$ для заданной последовательности длиной n .

50. Несимметричный канал без памяти

Данный канал связи можно охарактеризовать тем, что отсутствует зависимость между вероятностями возникновения ошибки. Но сами они определяются передаваемыми в текущий момент времени символами. Таким

образом, для бинарного канала можно записать $P(1|0) \neq P(0|1)$. Переходные вероятности, описывающие данную модель, показаны на рис. 3.

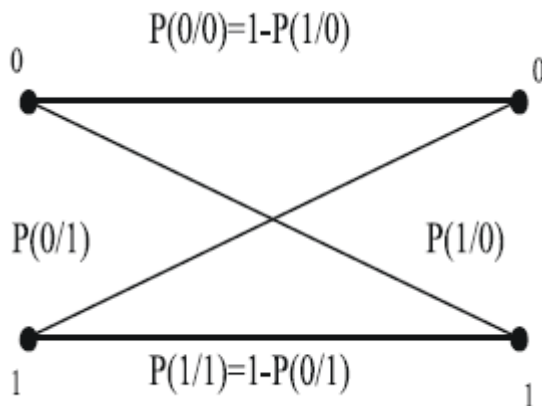


Рис. 3. Несимметричный канал без памяти

51. Понятие длинная линия

Длинная линия — регулярная ^[1] линия электропередачи, длина которой превышает длину волны колебаний, распространяющихся в ней, а расстояние между проводниками, из которых она состоит, значительно меньше этой длины волны.

Характерной особенностью длинных линий является проявление **интерференции** двух волн, распространяющихся навстречу друг другу. Одна из этих волн создается подключенным к линии генератором электромагнитных колебаний, и называется **падающей**. Другая волна называется **отражённой**, и возникает из-за отражения падающей волны от нагрузки, подключенной к противоположному концу линии. Все разнообразие процессов, происходящих в длинной линии, определяется амплитудно-фазовыми соотношениями между падающей и отраженной волнами.

Из электродинамики известно, что линия передачи может быть охарактеризована ее **погонными параметрами**:

- R_1 — погонное сопротивление, Ом/м;
- G_1 — погонная проводимость, 1/Ом·м;
- L_1 — погонная индуктивность Гн/м;
- C_1 — погонная ёмкость Ф/м;
- $Z_1 = R_1 + i\omega L_1$
- $Y_1 = G_1 + i\omega C_1$

52. Волоконно-оптические линии связи

Волоконно-оптическая связь — способ передачи информации, использующий в качестве носителя информационного сигнала электромагнитное излучение оптического (ближнего **инфракрасного**) диапазона, а в качестве направляющих систем — **волоконно-оптические** кабели. Благодаря высокой несущей частоте и широким возможностям мультиплексирования, пропускная способность **волоконно-оптических линий** многократно превышает пропускную способность всех других систем связи и может измеряться терабитами в секунду. Малое затухание света в оптическом волокне позволяет применять волоконно-оптическую связь на значительных расстояниях без использования усилителей. Волоконно-оптическая связь свободна от электромагнитных помех и труднодоступна для несанкционированного использования: незаметно перехватить сигнал, передаваемый по оптическому кабелю, технически крайне сложно.

Волоконно-оптическая связь находит всё более широкое применение во всех областях — от **компьютеров** и бортовых космических, **самолётных** и корабельных систем, до систем передачи информации на большие расстояния

52. Общие сведения об антеннах

Антенной называется устройство, предназначенное для излучения или приема радиоволн. Антенны обладают свойством обратимости. Передающая антенна предназначена для преобразования энергии токов высокой частоты в энергию электромагнитных волн, свободно распространяющихся в окружающем антенну пространстве. Приемная антенна предназначена для обратного преобразования. Основные параметры антенн сохраняются при использовании ее как для передачи, так и для приема.

Изотропной называется антенна без потерь, излучающая равномерно во все стороны. Реальные антенны **анизотропны**.

Направленность антенны. Это способность антенны излучать электромагнитные волны в о определенных направлениях.

Действующей длиной передающей антенны L_d называют длину излучателя с равномерным распределением тока, который в главном направлении создает такую же напряженность поля, как и реальная антенна. **Действующей длиной** приемной антенны называют отношение ЭДС в антенне, наведенной радиоволной, приходящей с направления главного лепестка $ДН Э_A$, к напряженности поля в точке приема.

Излучаемая мощность — мощность электромагнитных волн, излучаемых антенной в свободное пространство, эту мощность вычисляют через активное сопротивление излучения R_Σ .

Рабочий диапазон антенны — это область частот (или длин волн), в пределах которого параметры антенны не выходят из заданных пределов.

Область частот $f_{max} - f_{min}$ называется полосой пропускания.

53. Виды модуляции

Модуляция — это процесс преобразования символов в сигналы, пригодные для передачи по каналу связи. Общий принцип модуляции состоит в изменении одного или нескольких параметров **несущего колебания** (переносчика) в соответствии с передаваемым сообщением (первичным сигналом). Если в качестве несущей используется **гармоническое колебание**, то, воздействуя на любой параметр несущей (амплитуду, частоту, фазу), можно получить **амплитудную (АМ), частотную (ЧМ) и фазовую (ФМ) модуляцию**.

Если переносчиком является **периодическая последовательность импульсов**, то при заданной форме импульсов можно образовать четыре основных вида импульсной модуляции: **амплитудно-импульсную (АИМ), широтно-импульсную (ШИМ), фазо-импульсную (ФИМ) и частотно-импульсную (ЧИМ)**.

Цифровая модуляция — это процесс преобразования цифровых символов в сигналы, совместимые с характеристиками канала. При цифровой модуляции закодированное сообщение, представляющее собой последовательность кодовых символов, преобразуется в последовательность элементов (посылок) сигнала путем воздействия на переносчик — **гармоническое колебание**.

54. Этапы аналого-цифрового преобразования

Аналого-цифровое преобразование сигнала включает в себя два этапа:

1. Дискретизация сигнала (во времени или пространстве)
2. Квантование по уровню

На этапе дискретизации берутся отсчёты сигнала с некоторым периодом дискретизации (T).

При **дискретизации** (sampling process) коммутирующе-запоминающий механизм формирует из поступающего непрерывного сигнала последовательность выборок (sample). Результатом этого процесса является **амплитудно-импульсно модулированный сигнал** (модуляция АИМ или РАМ - pulse-amplitude modulation). Дискретизация непрерывного сигнала выполняется согласно **теореме Котельникова - Найквиста**: «сигнал с ограниченной

$$T_s \leq \frac{1}{2f_m},$$

полосой однозначно определяется значениями, выбранными через равные промежутки времени: f_m - верхняя частота сигнала».

Верхний предел T_s можно выразить через **частоту дискретизации** (sampling rate) - частоту Найквиста: $f_s \geq 2f_m$. Этот критерий Найквиста теоретически достаточное условие, которое делает возможным полное восстановление аналогового сигнала из последовательности равномерно распределенных дискретных выборок. На приеме аналоговый сигнал полностью восстанавливается из выборок путем фильтрации. При выполнении условия $f_s \geq 2f_m$ операция фильтрации облегчается.

ЭСАУ

12. Информация, сообщение, сигналы

Информация - это сведения, являющиеся объектом передачи, распределения, преобразования, хранения и непосредственного использования.

Сообщение является формой представления информации. Различают два вида сообщений: **непрерывное** сообщение, вырабатываемое источником непрерывных сообщений; **дискретное** сообщение, вырабатываемое источником дискретных сообщений.

Наличие символов - отличительная особенность дискретного сообщения. Передача сообщений на расстояние осуществляется с помощью электрического сигнала. **Электрический сигнал** - это физический носитель (переносчик), сообщения. В системах электросвязи для передачи сообщения на дальние расстояния переносчиком является переменный электрический ток (например, в проводных линиях), электромагнитное поле (например, в волноводах), световые волны (например, в волоконно-оптических линиях связи).

Электрический сигнал является функцией времени, если даже сообщение таковым не является. Различают четыре вида сигналов:

5. **Непрерывные сигналы непрерывного времени** (аналоговые сигналы) - они принимают любые значения в произвольные моменты времени;
6. **Непрерывные сигналы дискретного времени** - принимают произвольные значения, но изменяются только в дискретные моменты времени;
7. **Дискретные сигналы непрерывного времени** - изменяются в произвольные моменты времени, но принимают дискретные значения;
8. **Дискретные сигналы дискретного времени** - в дискретные моменты времени могут принимать только дискретные значения.

В технике передачи данных сигналы, формируемые на выходе преобразователя дискретных сообщений, описываются функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений и называются **цифровыми сигналами**.

13. Системы связи, каналы связи

Совокупность технических и программных средств для передачи сообщений от источника к потребителю называется **системой связи**. **Канал связи** - это совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающих передачу сообщения от источника к получателю. В зависимости от вида сообщений и среды распространения различают каналы: телефонные, телеграфные, передачи данных, звукового и телевизионного вещания, проводные и кабельные, радиоканалы.

Основными характеристиками любой системы связи являются:

- **Помехоустойчивость** - способность системы противостоять вредному влиянию помех на передачу сообщения; от степени помехоустойчивости системы зависит качество передачи.
- **Скорость передачи** информации - это количественная оценка системы связи. Скорость измеряется числом передаваемых двоичных символов в единицу времени. При использовании не двоичных, а m -ичных символов,

количество информации, которое может переносить символ, составляет: $\log_2 m$, бит.

- Максимальная скорость передачи R_{\max} называется **пропускной способностью системы связи**. Пропускную способность системы передачи аналоговых сообщений оценивают количеством одновременно передаваемых телефонных разговоров.
- **Задержка** - это максимальное время, прошедшее между моментом подачи сообщения от источника на вход передающего устройства и моментом выдачи восстановленного сообщения приемным устройством.

14. Понятие электрический сигнал

Электрический сигнал – это физический носитель (переносчик), сообщения. В системах электросвязи для передачи сообщения на дальние расстояния переносчиком является переменный электрический ток (например, в проводных линиях), электромагнитное поле (например, в волноводах), световые волны (например, в волоконно-оптических линиях связи). Скорость распространения перечисленных переносчиков приближается к скорости света и с помощью этих переносчиков можно передавать огромное количество информации. Сигналы формируются путем изменения параметров носителя по закону изменения передаваемых сообщений. Этот процесс называется **модуляцией**.

Электрический сигнал является функцией времени, если даже сообщение таковым не является.

15. Виды сигналов, основные параметры

Различают четыре вида сигналов:

Непрерывные сигналы непрерывного времени (аналоговые сигналы) – они принимают любые значения в произвольные моменты времени;

Непрерывные сигналы дискретного времени - принимают произвольные значения, но изменяются только в дискретные моменты времени;

Дискретные сигналы непрерывного времени - изменяются в произвольные моменты времени, но принимают дискретные значения;

Дискретные сигналы дискретного времени - в дискретные моменты времени могут принимать только дискретные значения.

В технике передачи данных сигналы, формируемые на выходе преобразователя дискретных сообщений, описываются функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений и называются **цифровыми сигналами**.

Основными параметрами сигнала являются: **длительность сигнала** (T_c); **динамический диапазон** (D_c); **ширина спектра** (F_c). Длительность сигнала определяет интервал времени, в пределах которого сигнал существует. Динамический диапазон - это отношение наибольшей мгновенной мощности сигнала к той наименьшей мощности, которую необходимо отличать от нуля при заданном качестве передачи:

$$D_c = 10 \lg \frac{P_{\max}}{P_{\min}}.$$

Динамический диапазон речи равен 25...30 дБ, симфонического оркестра - 70...95 дБ.

Ширина спектра сигнала дает представление о скорости изменения сигнала внутри интервала его существования. Спектр сигнала может быть неограниченным, но для любого сигнала можно указать **диапазон частот** (или полосу частот), в пределах которого сосредоточена его основная энергия. Этот диапазон и является шириной спектра. Например, для качественной передачи речи достаточна полоса от **300...3400 Гц**. Передача более широкого спектра ведет к техническому усложнению и увеличению затрат.

Радиовещательный (звуковой) первичный сигнал занимает полосу частот от **20 ...20000 Гц**, сигнал изображения - от **50 Гц.....6 МГц** (в зависимости от стандарта). Ширина спектра телеграфного сигнала зависит от

скорости телеграфирования и равна $F_c \approx 1,5v$.

Спектр модулированного сигнала шире спектра первичного сигнала и зависит от вида модуляции. Общей характеристикой модулированного сигнала является **объем сигнала**:

$$V_c = T_c F_c D_c.$$

Чем больше объем, тем больше информации и тем труднее передать этот сигнал по каналу связи.

16. Помехи и искажения в канале связи

Для каналов связи характерны:

- **импульсные шумы**, связанные с автоматической коммутацией и перекрестными наводками;
- **прерывания связи** - это явления резкого затухания или исчезновения сигнала в линии связи.

В любом диапазоне частот имеют место **внутренние** (тепловые) **шумы** аппаратуры, обусловленные хаотическим движением носителей заряда в усилительных приборах, сопротивлениях и других элементах аппаратуры. В общем виде влияние помехи $n(t)$ на передаваемый сигнал $u(t)$ выражается оператором: $z = \psi(u, n)$.

Если $z = u + n$, то помеха называется **аддитивной**. При $z = ku$, помеху называют **мультипликативной** ($k(t)$ - случайный процесс). В реальных каналах имеют место аддитивные и мультипликативные помехи. Среди аддитивных помех различного происхождения особое место занимает **флуктуационная** помеха (шум). Такая помеха наиболее изучена, и этот вид помех имеет место во всех реальных каналах связи. В общем случае между сигналом и помехой отсутствует принципиальное различие, они существуют в единстве, но противоположны по своему действию.

17. Помехи в радиоканалах

В реальном канале связи сигнал при передаче искажается и сообщение воспроизводится с некоторой ошибкой. Причиной ошибок являются искажения, вносимые каналом, и помехи, воздействующие на сигнал. Помехи разнообразны по своему происхождению. Для **радиоканалов** характерны:

- **атмосферные** помехи, обусловленные электрическими процессами в атмосфере (грозовыми разрядами). Энергия этих помех сосредоточена в области длинных и средних волн;
- **индустриальные** помехи, возникающие из-за резких изменений тока в электрических цепях всевозможных электроустройств;
- помехи от **посторонних радиостанций и каналов**, обусловленные недостаточной стабильностью частот, плохой фильтрацией гармоник сигнала, а также нелинейными процессами в каналах, ведущими к перекрестным искажениям.

18. Характеристики системы связи

Основными характеристиками любой системы связи являются:

- **Помехоустойчивость** - способность системы противостоять вредному влиянию помех на передачу сообщения; от степени помехоустойчивости системы зависит качество передачи. Количественная мера верности (качества) передачи зависит от отношения **сигнал/помеха**. В аналоговых системах даже малое мешающее воздействие на сигнал, вызывающее искажение модулируемого параметра, вносит ошибку в сообщение. Поэтому точное восстановление такого сигнала на приеме невозможно. В дискретных системах ошибка при передаче сообщений возникает только тогда, когда сигнал опознается неправильно, а это происходит при искажениях, превышающих некоторый порог.

- **Скорость передачи** информации - это количественная оценка системы связи. Скорость измеряется числом передаваемых двоичных символов в единицу времени. При использовании не двоичных, а m -ичных символов, количество информации, которое может переносить символ, составляет: $\log_2 m$, бит. Поэтому скорость передачи информации в дискретном канале:

$$R = \frac{1}{T} \log_2 m,$$

где T - длительность посылки;

- m - основание кода. При $m = 2$ $R = 1/T$ (бит/с). Таким образом скорость передачи равна технической скорости v (бод). Максимальная скорость передачи R_{\max} называется **пропускной способностью системы связи**. Пропускную способность системы передачи аналоговых сообщений оценивают количеством одновременно передаваемых телефонных разговоров.
- **Задержка** - это максимальное время, прошедшее между моментом подачи сообщения от источника на вход передающего устройства и моментом выдачи восстановленного сообщения приемным устройством. Задержка является одной из важнейших характеристик системы связи. Она зависит от характера и протяженности канала, от длительности обработки сигнала в передающем и приемном устройствах.

19. Модуляция

Модуляция - это процесс преобразования символов в сигналы, пригодные для передачи по каналу связи. Общий принцип модуляции состоит в изменении одного или нескольких параметров **несущего колебания** (переносчика) в соответствии с передаваемым сообщением (первичным сигналом). Если в качестве несущей используется **гармоническое колебание**, то, воздействуя на любой параметр несущей (амплитуду, частоту, фазу), можно получить **амплитудную (АМ), частотную (ЧМ) и фазовую (ФМ) модуляцию**. На рисунке 1 представлены временные диаграммы АМ, ЧМ, ФМ сигналов. Все эти методы преобразования исходного (**модулирующего**) первичного сигнала позволяют обеспечить передачу информации по каналу связи с характеристиками **полосового фильтра**. Перенос **спектра**, реализуемый в процессе модуляции, позволяет также реализовать многоканальные системы связи с **ЧРК** (частотным разделением каналов). Если переносчиком является **периодическая последовательность импульсов**, то при заданной форме импульсов можно образовать четыре основных вида импульсной модуляции: **амплитудно-импульсную (АИМ), широтно-импульсную (ШИМ), фазо-импульсную (ФИМ) и частотно-импульсную (ЧИМ)**. На рисунке 2 представлены временные диаграммы импульсно-модулированных сигналов.

Цифровая модуляция - это процесс преобразования цифровых символов в сигналы, совместимые с характеристиками канала. При цифровой модуляции закодированное сообщение, представляющее собой последовательность кодовых символов, преобразуется в последовательность элементов (посылок) сигнала путем воздействия на переносчик - **гармоническое колебание**.

20. Операции преобразования сообщения в электрический сигнал

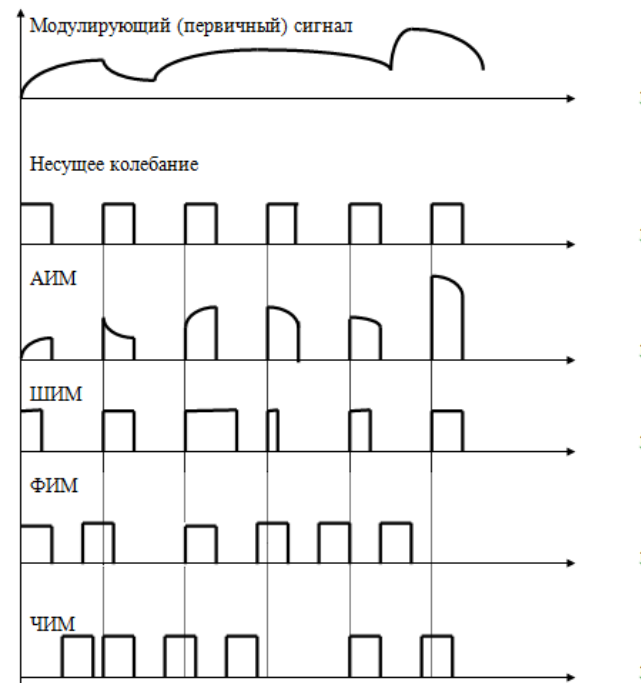
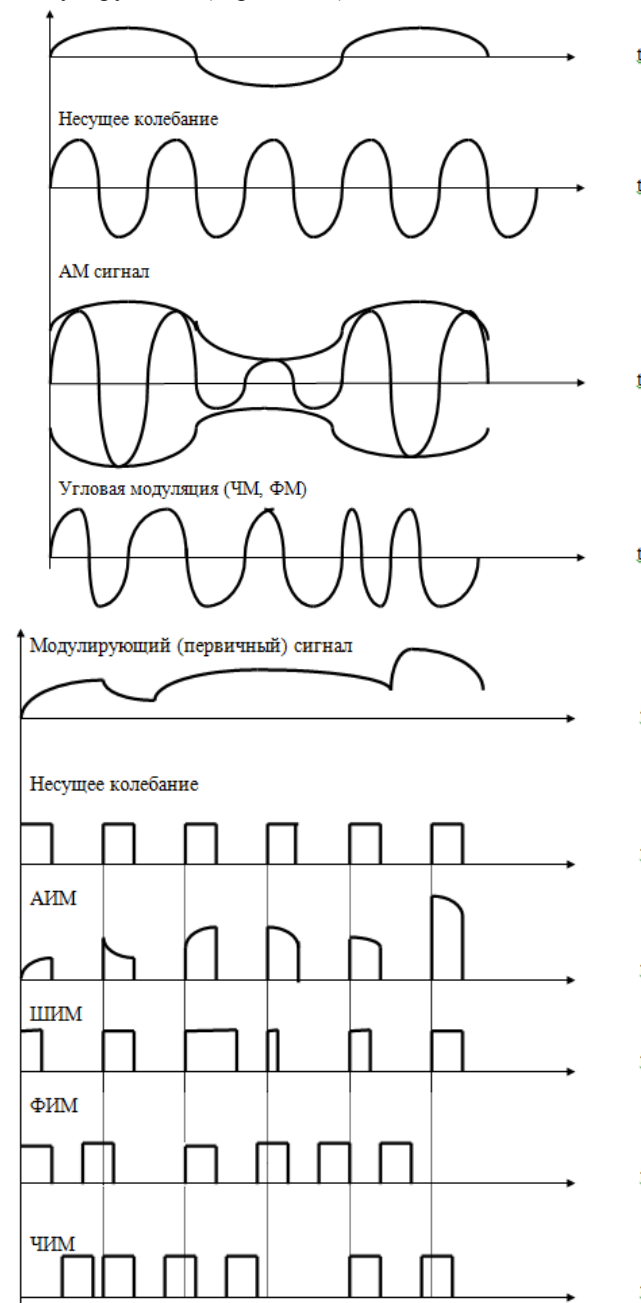
В цифровых системах связи преобразование сообщения в электрический сигнал осуществляется в виде двух операций - кодирования и модуляции. **Кодирование** - это процесс преобразования сообщения в последовательность кодовых символов. Если преобразовывать последовательность элементов сообщения в последовательность двоичных чисел, то для передачи их по каналу связи достаточно передавать два кодовых символа - **1 и 0**. Символы **0 и 1** могут передаваться колебаниями с различными частотами или импульсами тока разной полярности. Благодаря своей простоте двоичная система счисления широко применяется при кодировании. При кодировании каждому элементу сообщения присваивается **кодовая комбинация**. Совокупность кодовых комбинаций образует **код**. Коды, у которых все комбинации имеют одинаковую длину, называются. Примером **неравномерного** кода является код Морзе, в котором различные комбинации имеют различную длительность (символы 0 и 1 используются в двух сочетаниях: как одиночные 1 и 0 и как тройные - 111 и 000). По помехоустойчивости коды подразделяются на **простые и корректирующие**. Простые коды - это коды без **избыточности**, у которых все возможные комбинации

используются для передачи информации, и превращение одного символа комбинации в другой приводит к появлению новой комбинации или ошибки. Корректирующие коды строятся так, что для передачи сообщения используются не все кодовые комбинации, а некоторая их часть. Таким образом, создается возможность обнаружения и исправления ошибки при неправильном воспроизведении некоторого числа символов. Декодирование на приеме - это восстановление сообщения по принимаемым кодовым символам. Устройства, осуществляющие кодирование и декодирование называются **кодеком**. **Модуляция** - это процесс преобразования символов в сигналы, пригодные для передачи по каналу связи. Общий принцип модуляции состоит в изменении одного или нескольких параметров **несущего колебания** (переносчика) в соответствии с передаваемым сообщением (первичным сигналом).

21. Временные диаграммы модулированных сигналов

Существуют аналоговые виды модуляции (рис 1) и импульсные виды модуляций (рис 2)

Модулирующий (первичный) сигнал



22. Декодирование

В системах передачи дискретных сообщений в результате демодуляции последовательность элементов сигнала превращается в последовательность кодовых символов, затем эта последовательность преобразуется в последовательность элементов сообщения, выдаваемую получателю. Это преобразование называется **декодированием**.

Демодуляция и декодирование на приеме - это не просто операции, обратные модуляции и кодированию на передаче, а операции, решающие основную задачу приемного устройства - принятие решения о том, какое из возможных сообщений действительно передавалось источником. Для этого принятый сигнал подвергают анализу, который осуществляется **решающей схемой**. В системах передачи непрерывных сообщений при аналоговой модуляции решающей схемой является **демодулятор**. В системах передачи дискретных сообщений решающая схема состоит из двух частей: **демодулятора** и **декодера**. Простейшая решающая схема представляет собой

пороговое устройство в форме реле, триггера, работающего по принципу "да" или "нет". Если принятый элемент сигнала выше порога, выдается один символ кода (например, 1), если ниже - другой (0).

12. Понятие цифровой модуляции

Цифровая модуляция – это процесс преобразования цифровых символов в сигналы, совместимые с характеристиками канала. При цифровой модуляции закодированное сообщение, представляющее собой последовательность кодовых символов, преобразуется в последовательность элементов (посылок) сигнала путем воздействия на переносчик – **гармоническое колебание**. Таким образом, при цифровой модуляции цифровые данные (0 и 1) переводятся в аналоговый (модулирующий) сигнал. Цифровая модуляция необходима, когда требуется передавать данные через аналоговую среду. **Модем** преобразовывает цифровые данные в аналоговые сигналы и наоборот, аналоговые сигналы в цифровые данные.

13 Спектры сигналов

Спектр сигнала - это совокупность гармонических составляющих с конкретными значениями частот, амплитуд и начальных фаз, образующих в сумме сигнал. Практически пользуются амплитудной спектральной диаграммой.

Шириной спектра сигнала называется минимальная полоса частот, на которой сосредоточена подавляющая часть (95%) мощности (или энергии) сигнала. Для спектрального представления непериодических (импульсных)

сигналов, заданных на конечном интервале (t_1, t_2) , непосредственно воспользоваться рядом Фурье нельзя, так как импульсный сигнал не является периодическим. Для гармонического разложения сигнала выполняется следующее:

- импульсный сигнал $u(t)$ дополняется до периодического с любым периодом T , включающим в себя промежуток (t_1, t_2) ;
- полученный периодический сигнал $u_{\text{пер}}(t)$ представляется в виде ряда Фурье;
- затем производится предельный переход от $u_{\text{пер}}(t)$ к $u(t)$ при $T \rightarrow \infty$.

Для вычисления спектра в этом случае пользуются комплексной формой записи ряда Фурье:

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{F}(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (\text{обратное преобразование Фурье), где}$$

$$\dot{F}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt \quad (\text{прямое преобразование Фурье}).$$

Комплексная спектральная плотность:

$$\dot{F}(\omega) = F(\omega) e^{-j\psi(\omega)},$$

где $F(\omega)$ – модуль или **спектральная плотность амплитуд** (амплитудный спектр);

$\psi(\omega)$ – аргумент или **фазовый спектр** непериодического сигнала.

Поскольку сигналы и помехи - это случайные процессы, то знание спектра помехи позволяет предпринимать меры для ее подавления. Таким образом, спектр необходимо знать для осуществления неискаженной передачи сигнала по каналу связи, для обеспечения разделения сигналов и ослабления помех. **Ширина спектра** - это интервал частот, занимаемый спектром сигнала. Ширина спектра импульсных сигналов обратно пропорциональна длительности импульса.

55. Понятие «детерминированная» функция, «финитный» процесс

Сообщения, сигналы, помехи являются случайными процессами и для их исследования используются основные положения теории случайных процессов. Неслучайная функция времени называется **детерминированной**. Случайный процесс может быть задан на дискретном множестве значений t . Процессы, заданные на конечном отрезке времени, называются **финитными**. Случайные процессы бывают различных типов. Различают дискретные и непрерывные процессы. Для **дискретного** процесса случайная величина X может принимать только конечное

множество значений x_1, x_2, \dots, x_n , для **непрерывного** - любые значения x из некоторого интервала, даже бесконечного. Для математического описания случайных величин вводятся следующие неслучайные основные статистические характеристики:

- **Функция распределения вероятности:** $F(x) = P(X \leq x)$, показывающая вероятность того, что значения случайной величины не превысят конкретно выбранного значения x . Если случайная величина X принимает дискретные значения, то $F(x)$ - дискретная функция. Если X - непрерывная случайная величина, то $F(x)$ - монотонно возрастающая функция, значение которой лежат в интервале $0 \leq F(x) \leq 1$, причем $F(-\infty) = 0, F(\infty) = 1$.
- **Плотность распределения вероятности**, которая вычисляется как производная от функции распределения: $p(x) = dF(x)/dx$. Физически $p(x)$ - это вероятность попадания случайной величины в малый интервал dx в окрестности точки x .

$$\overline{X(t)} = M\{X(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x,t)dx,$$

Математическое ожидание - это среднее значение процесса по ансамблю:

где $p(x,t)$ - одномерная плотность распределения для сечения t . Разность между случайным процессом и его

$$X^o(t) = X(t) - \overline{X(t)}.$$

математическим ожиданием называется центрированным процессом, обозначается

Математическое ожидание квадрата центрированного процесса называется **дисперсией**:

$$\overline{[X(t)]^2} = D\{X(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} [x - \overline{X(t)}]^2 p(x,t)dx = \sigma_x^2.$$

Дисперсия количественно характеризует степень разброса результатов относительно среднего значения. По физическому смыслу σ_x - это среднеквадратичное отклонение (эффективное значение).

56. Дельта - функция

Бесконечно короткий видеоимпульс бесконечной амплитуды называется **дельта-функцией** (δ - функция), которая записывается в виде:

$$\delta(t - t_o) = \begin{cases} 0 & t \neq t_o; \\ \infty & \text{при } t = t_o. \end{cases}$$

где t_o - момент действия импульса.

Дельта-функция используется при анализе радиотехнических цепей, она является математической моделью прямоугольного импульса малой длительности и большой амплитуды.

57. Сложные сигналы с использованием ряда Фурье

Сложные сигналы можно представить в виде ряда элементарных (простых) **базисных** функций. Например, для математического представления периодических сигналов пользуются **рядом Фурье**, в котором в качестве базисных функций выбираются **гармонические** (синусоидальные и косинусоидальные) колебания кратных частот (гармоники):

$$\psi_0(t) = 1; \psi_1(t) = \sin \omega_1 t; \psi_2(t) = \cos \omega_1(t);$$

$$\psi_3(t) = \sin 2\omega_1 t; \psi_4(t) = \cos 2\omega_1 t; \dots$$

где $\omega_1 = 2\pi/T$ - основная (первая гармоника) угловая частота последовательности функций; а отрезок

гармонического колебания можно записать в виде $u(t) = U_m \cos(\omega t + \pi/2) = U_m \sin \omega t$.

Все реальные периодические сигналы можно представить в виде ряда Фурье:

$$u(t) = A_o/2 + \sum_{n=1}^{\infty} (A'_{mn} \cos n\omega_1 t + A''_{mn} \sin n\omega_1 t),$$

или:

$$u(t) = A_o/2 + \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \cos(n\omega_1 t - \varphi_n),$$

где:

$$A_{mn} = \sqrt{(A'_{mn})^2 + (A''_{mn})^2}; \varphi_n = \arctg(A''_{mn}/A'_{mn}),$$

или в комплексной форме (интеграл Фурье):

$$u(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \dot{S}_n e^{jn\omega_1 t},$$

где:

$$\dot{S}_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u(t) e^{-jn\omega_1 t} dt.$$

В общем случае периодический сигнал $u(t)$ содержит постоянную составляющую $A_o/2$ и набор гармонических колебаний основной частоты $\omega_1 = 2\pi f_1$ и ее гармоник с частотами $\omega_n = n\omega_1, n = 2, 3, 4, \dots$. Каждое из

гармонических колебаний ряда Фурье характеризуется амплитудой A_{mn} и начальной фазой φ_n .

58. Спектральная плотность мощности

Спектральная плотность мощности - показывает распределение мощности случайного процесса по частотам, определяется на любой частоте как:

$$G_x(f) = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \Delta P / \Delta f, \quad \text{где}$$

ΔP – мощность случайного процесса, приходящаяся на полосу частот Δf .

Реальные сообщения, сигналы и помехи не являются стационарными. Однако в технике связи большинство случайных сигналов и помех относят к стационарным эргодическим случайным процессам. **Эргодическими стационарными** называются такие случайные процессы, у которых усреднение по времени одной реализации приводит к тем же результатам, что и статистическое усреднение по всем реализациям. Физически это означает, что все реализации эргодического процесса похожи друг на друга, поэтому измерения и расчеты характеристик такого процесса можно проводить по одной (любой) из реализаций, что значительно проще.

Стационарный процесс с равномерной спектральной плотностью мощности в некоторой полосе частот называют **квазибелым шумом** (по аналогии с белым светом, то есть электромагнитными волнами, имеющими равномерный спектр в области видимых частот). Если беспредельно увеличивать граничную частоту, то получится процесс, у которого два несовпадающих сечения не коррелированы. Такой процесс называется **белым шумом**. Его спектральная плотность постоянна на всех частотах. Это не реальный физический процесс, а математическая идеализация, его дисперсия равна бесконечности.

На практике часто встречаются процессы, имеющие равномерную спектральную плотность в весьма широкой полосе частот, более широкой, чем полосы пропускания цепей, на которые они воздействуют. Типичным примером белого шума является тепловой (флуктуационный) шум. **Флуктуационный шум** наиболее характерен для большинства каналов связи. Он представляет собой стационарный эргодический случайный процесс с гауссовским (нормальным) распределением вероятности. Его спектральная плотность практически равномерна до частот $6 \cdot 10^{12}$ Гц.

59. Понятие функций отсчета

Функции $\varphi_k(t)$ называются **функциями отсчета**. Они отличаются друг от друга сдвигами по времени на интервалы, кратные Δt . При $t = n\Delta t$, где n – любое целое число, все функции, кроме φ_n , равны нулю, а $\varphi_n = 1$.

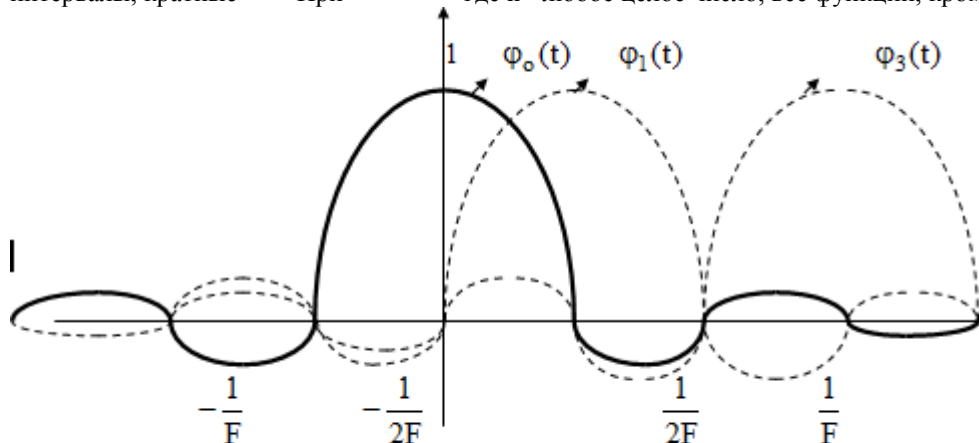


Рисунок 1 - Функции отсчета

60. Абсолютные уровни сигнала

Абсолютный динамический уровень речевого сигнала - **волюм** - измеряется специальным вольтметром. Абсолютный уровень сигнала - это логарифмическая величина, вычисляется по отношению к нулевым значениям мощности или напряжения: $U_0 = 0,775$ В; $P_0 = 1$ мВт (при сопротивлении нагрузки 600 Ом).

Абсолютный уровень сигнала по мощности определяется как:

$$10 \lg P_x / P_0.$$

Абсолютный уровень сигнала по напряжению определяется как:

$$20 \lg U_x / U_0.$$

Качество речи вполне удовлетворительно при спектре речевого сигнала **300....3400 Гц**. Качество восприятия речевого сигнала определяется разницей уровней сигнала и помехи, поступающих на вход телефона. При телефонной связи разные по уровню помехи различной частоты оказывают различное влияние на качество вследствие частотной зависимости чувствительности уха. Чтобы учесть это различие, помехи при измерениях пропускаются через специальный взвешивающий **псофометрический** фильтр. В полосе частот 0,3...3,4 кГц уровень псофометрических помех на 2,5 дБ (или в 1,78 раз) меньше, чем для помех с равномерным спектром. **2,5 дБ** - это псофометрический коэффициент шума. Защищенность речевого сигнала от шума должна быть не менее 21 дБ.

61. Непрерывные и дискретные каналы связи

По характеру сигналов на входе и выходе канала – **непрерывные, дискретные**.

Канал называется непрерывным, если входные и выходные сигналы канала являются непрерывными, и дискретным - если сигналы, поступающие на вход канала и снимаемые с его выхода, являются дискретными.

На входе и на выходе непрерывного канала сигнал всегда непрерывен. Непрерывными каналами в электросвязи являются:

- стандартный телефонный канал (канал **тональной частоты ТЧ**) с полосой пропускания **0,3...3,4 кГц**;
- стандартные широкополосные каналы с полосой пропускания **60...108 кГц** (и другие для аппаратуры уплотнения с ЧРК).

Распространенным способом описания непрерывных каналов является описание их с помощью операторов преобразования входных сигналов с учетом действующих в них помех. При малой мощности входных сигналов справедливо положение о линейности канала. Тогда модель канала представляется в виде линейного четырехполюсника, для которого входной и выходной сигналы связаны интегралом Дюамеля:

$$\hat{S}(t) = \int_{-\infty}^t S(\tau)g(t, t - \tau)d\tau,$$

где $\hat{S}(t)$ – выходной сигнал; $S(\tau)$ – входной сигнал; $g(t, t - \tau)$ – импульсная характеристика четырехполюсника, представляющая собой реакцию системы на входной сигнал (дельта-функция). На небольших интервалах времени канал **стационарен**, при этом $g(t_1, t_2) = g(t_2 - t_1) = g(\tau)$.

62. Модели каналов

В канале всегда содержится непрерывный канал и модем, который преобразует непрерывный канал в дискретный. Модель дискретного канала содержит множество возможных сигналов на его входе и распределение условных вероятностей выходного сигнала при заданном входном. Для определения возможных входных сигналов достаточно указать число m различных символов (основание кода) и длительность T передачи каждого символа.

Каждый символ, поступивший на вход канала, вызывает появление одного символа на выходе канала, при этом скорость символов одинакова. В общем виде все n -кодвые последовательности, число которых равно m^n образуют m^n - мерное конечное векторное пространство. Прохождение дискретного сигнала через канал можно рассматривать как сложение входного вектора с **вектором ошибки**(вектор ошибки – это помеха, аналогичная для непрерывного канала). Различные модели дискретных каналов отличаются распределением вероятностей вектора ошибок. Для двоичного канала ($m=2$) всякая **1** в векторе ошибок означает, что в соответствующем месте передаваемой последовательности символ принят ошибочно, а всякий **0** означает безошибочный прием символа. Число ненулевых символов в векторе ошибок называется его **весом**.

Различают следующие простые модели каналов:

- **Симметричный канал без памяти (биномиальный канал)** – это канал, в котором каждый переданный кодовый символ может быть принят ошибочно с фиксированной вероятностью p и правильно с вероятностью $1 - p$. Вероятность того, что произошло N каких угодно ошибок, расположенных как угодно на протяжении

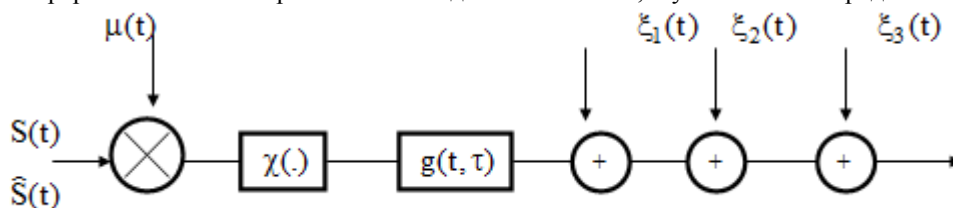
$$p(N) = C_n^N \left(\frac{p}{m-1}\right)^N (1-p)^{n-N},$$

последовательности длины n , определяются формулой Бернулли:

63. Модель непрерывного канала связи

Канал называется непрерывным, если входные и выходные сигналы канала являются непрерывными

На выходе непрерывного канала всегда действуют **гауссовские** помехи (неустраняемый тепловой шум). Модель непрерывного канала с различными видами искажений, шумов и помех представлена на рисунке



Обозначения на рисунке 1: $\chi(\cdot)$ – амплитудная характеристика безынерционного нелинейного четырехполюсника, моделирующего нелинейные преобразования сигнала в канале; $\mu(t)$ – мультипликативная помеха; $\xi_1(t)$ – аддитивные гауссовские шумы; $\xi_2(t)$ – аддитивные импульсные помехи; $\xi_3(t)$ – аддитивные сосредоточенные по спектру помехи.

64. Теорема Шеннона

Теоремы Шеннона для канала с шумами

Теоремы Шеннона для канала с шумами (теоремы Шеннона для передачи по каналу с шумами) связывают пропускную способность канала передачи информации и существование кода, который возможно использовать для передачи информации по каналу с ошибкой, стремящейся к нулю (при увеличении длины блока).

Если скорость передачи сообщений меньше пропускной способности канала связи

$$R < C,$$

то существуют коды и методы декодирования такие, что средняя и максимальная вероятности ошибки декодирования стремятся к нулю, когда длина блока стремится к бесконечности.

Если же

$$R > C,$$

то кода, на основе которого можно добиться сколько угодно малой вероятности возникновения ошибки, не существует.

- 1) При любой производительности источника сообщения существует способ кодирования, позволяющий передавать по каналу с меньшей пропускной способностью все сообщения, вырабатываемые источником.
- 2) Не существует способа кодирования, обеспечивающего передачу сообщений без их неограниченного накопления, если производительность источника сообщений больше пропускной способности канала.

Принципы построения оптимальных кодов:

- 1) выбор каждого кодового слова производится так, чтобы содержащееся в нем количество информации было максимально;
- 2) буквам первичного алфавита имеющим большую вероятность присваиваются более короткие кодовые слова во вторичном алфавите.

Построение оптимальных кодов сводится к построению кодовых деревьев.

65. Биноминальный канал

Наиболее простой моделью дискретного канала является симметричный канал без памяти (биномиальный канал). Таковым является канал, в котором каждый переданный кодовый символ может быть принят ошибочно с фиксированной вероятностью p и правильно с вероятностью $q = 1 - p$, причем в случае ошибки вместо переданного символа b_i может быть с равной вероятностью принят любой другой символ b^j , т. е.

$$p(b^j|b_i) = \begin{cases} <p> <p> p/m-1, i \neq j \\ <p> <p> 1-p, i = j \end{cases} \quad (2.13)$$

Термин «без памяти» означает, что вероятность появления ошибки в любом разряде n -последовательности не зависит от того, какие символы передавались до этого разряда и как они были приняты.

Вероятность появления какого-либо n -мерного вектора ошибки веса l в этом канале равна

$$p(E) = [p/(m-1)]^l (1-p)^{n-l}$$

Вероятность того, что произошло l любых ошибок, расположенных произвольным образом на протяжении n -последовательности, определяется законом Бернулли

$$p(l) = C_n^l [p/(m-1)]^l (1-p)^{n-l} \quad (2.14)$$

где $C_n^l = n!/[l!(n-l)!]$ — биномиальный коэффициент (число различных сочетаний l ошибок в n -последовательности).

Модель симметричного канала без памяти (биномиального канала) является хорошей аппроксимацией канала с аддитивным белым шумом при неизменном множителе интенсивности сигнала. Рис. 1,а демонстрирует граф, отображающий вероятности переходов в двоичном симметричном канале без памяти.

В несимметричном канале без памяти ошибки возникают также независимо друг от друга, однако вероятности перехода символов 1 в 0 и обратно при прохождении сигнала в канале являются различными.

66. Проводные каналы связи

Канал связи — система технических средств и среда распространения сигналов для передачи сообщений (не только данных) от источника к получателю (и наоборот). Канал связи, понимаемый в узком смысле (тракт связи), представляет только физическую среду распространения сигналов, например, физическую линию связи.



67. Классификация проводных линий связи

В проводных каналах связи применяются различные линии связи: воздушные, симметричные кабельные линии, коаксиальные (несимметричные) кабельные линии, полосковые, волноводные и световодные. **Воздушные** — это стальная проволока диаметром 5; 4; 2,5; 2; 1,5 мм, либо биметаллическая сталемедная проволока диаметром 4; 3; 2; 1, 1,6; 1,2 мм. **Симметричные кабельные** — это медные проводники (токопроводящие жилы) диаметром 1,4; 1,3; 1,2; 1,1; 1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,32. Современные кабели могут содержать сотни пар проводов. **Коаксиальные кабельные** — это магистральные линии связи, диаметром 1,2/4,6 мм (1,2 мм — диаметр внутреннего проводника, 4,6 мм — диаметр внешнего проводника).

Проводная линия связи — это **длинная линия**. Линия называется **длинной**, если ее геометрическая длина соизмерима или превышает длину волны передаваемых по ней электромагнитных колебаний. Длинные линии — это цепи с распределенными параметрами, схема замещения длинной линии представляет собой многозвенный фильтр нижних частот, где R_1, L_1, G_1, C_1 — **первичные параметры** линии (определяются на 1 км длины). Для **двухпроводной симметричной** линии:

$$R1 \approx 8,36 * 10^{-8} \sqrt{f} / r;$$

$$L1 \approx 4 * 10^{-7} \ln[(a - r)/r];$$

$$C1 \approx 10^{-9} \varepsilon / 36 \ln[(a - r)/r];$$

Для **коаксиальной** линии:

$$R1 \approx 4,18 * 10^{-8} \sqrt{f} (1/r_1 + 1/r_2);$$

$$L1 \approx 2 * 10^{-7} \ln(r_2/r_1);$$

$$C1 \approx 10^{-9} \varepsilon / 18 \ln(r_2/r_1).$$

где r, r_1, r_2 – радиусы проводов, м; a – расстояние между центрами проводов, м; f – частота, Гц; ε – относительная диэлектрическая проницаемость.

68. Первичные параметры линий связи

Проводная линия связи - это **длинная линия**. Линия называется **длинной**, если ее геометрическая длина соизмерима или превышает длину волны передаваемых по ней электромагнитных колебаний. Длинные линии – это цепи с распределенными параметрами, схема замещения длинной линии представляет собой многозвенный фильтр нижних частот, где $R1, L1, G1, C1$ - **первичные параметры** линии (определяются на 1 км длины). Для **двухпроводной симметричной** линии:

$$R1 \approx 8,36 * 10^{-8} \sqrt{f} / r;$$

$$L1 \approx 4 * 10^{-7} \ln[(a - r)/r];$$

$$C1 \approx 10^{-9} \varepsilon / 36 \ln[(a - r)/r];$$

Для **коаксиальной** линии:

$$R1 \approx 4,18 * 10^{-8} \sqrt{f} (1/r_1 + 1/r_2);$$

$$L1 \approx 2 * 10^{-7} \ln(r_2/r_1);$$

$$C1 \approx 10^{-9} \varepsilon / 18 \ln(r_2/r_1).$$

где r, r_1, r_2 – радиусы проводов, м; a – расстояние между центрами проводов, м; f – частота, Гц; ε – относительная диэлектрическая проницаемость.

69. Вторичные параметры линий связи

1. **Волновое сопротивление** определяется первичными параметрами линии, характеризует степень согласования линии и нагрузки.

При $\dot{Z}_n = \dot{Z}_c$ (комплексные величины) линия нагружена согласованно. В области тональных частот ($f < 10 \text{ кГц}$) справедливы формулы:

$$Z_c \approx \sqrt{R1/\omega C1}; \quad Z_c - \text{модуль};$$

$$\varphi_c = \pi/4. \quad \varphi_c - \text{аргумент.}$$

В области высоких частот:

$$Z_c \approx \sqrt{L1/C1};$$

$$\varphi_c \approx 0.$$

2. **Коэффициент ослабления** α (затухания) и **коэффициент фазы** β в диапазоне тональных частот вычисляются как:

$$\alpha = \beta \approx \sqrt{\omega C1 R1 / 2}.$$

В системах радио- и многоканальной связи справедливы формулы:

$$\alpha \approx (R1/2) \sqrt{C1/L1} + (G1/2) \sqrt{L1/C1};$$

$$\beta \approx \omega \sqrt{L1 C1}.$$

В длинной линии возникает электромагнитная волна, которая перемещается от начала линии к ее концу, такая волна называется бегущей или падающей. Длина волны – это расстояние между двумя смежными точками, взятыми в направлении распространения волны, фазы напряжения в которых отличаются на угол 2π , длина волны не зависит от ослабления линии, а полностью определяется коэффициентом фазы:

$$\lambda = 2\pi / \beta.$$

Режим бегущих волн возникает в согласованно нагруженной линии, то есть когда $Z_n = Z_{\text{с}} = \rho$ (характеристическое сопротивление). **Режим стоячих волн** возникает при коротком замыкании линии, когда $Z_n = 0$.

Стоячая волна является результатом наложения падающей и отраженной волн с равными амплитудами. Такой режим возникает и при холостом ходе (обрыв линии), только узлы и пучности волны меняются местами. В общем случае, когда сопротивление нагрузки не равно волновому, в линии устанавливается **режим смешанных волн**. Степень согласования линии с нагрузкой характеризуется также **коэффициентом бегущей волны** (КБВ), который равен отношению минимальной и максимальной амплитуд колебаний напряжения (тока) в линии:

$$КБВ = U_{\min} / U_{\max} = I_{\min} / I_{\max}.$$

Коэффициент стоячей волны (КСВ) является величиной, обратной КБВ. Практически КБВ = 0...1, а КСВ = 1...и выше. При согласовании линии с нагрузкой КБВ = 1.

70. Оптический канал

Оптический канал - канал, предназначенный для передачи сигналов света по линиям связи, состоящим из световодов и оптических усилителей. Источником света является оптический передатчик, управляемый лазером или светодиодом. Прием света осуществляется фотодиодом.

Оптические каналы обеспечивают высокую скорость и надежность передачи данных.

Рассмотрим коротко процесс передачи данных с использованием оптического канала. Через устройство сопряжения сетевой трафик из кабеля (витая пара или волоконная оптика) доставляется к светодиоду, работающим в инфракрасном диапазоне спектра. Сигнал передается узко направленным световым лучом в принимающий фотодиод на другом конце сети. Полученный световой сигнал демодулируется и преобразуется в коммуникационный протокол.

71. Особенности радиоканалов

Основными характеристиками любой системы связи являются:

- **Помехоустойчивость** - способность системы противостоять вредному влиянию помех на передачу сообщения; от степени помехоустойчивости системы зависит качество передачи.
- **Скорость передачи** информации - это количественная оценка системы связи. Скорость измеряется числом передаваемых двоичных символов в единицу времени. При использовании не двоичных, а m -ичных символов, количество информации, которое может переносить символ, составляет: $\log_2 m$, бит.
- Максимальная скорость передачи R_{\max} называется **пропускной способностью системы связи**. Пропускную способность системы передачи аналоговых сообщений оценивают количеством одновременно передаваемых телефонных разговоров.
- **Задержка** - это максимальное время, прошедшее между моментом подачи сообщения от источника на вход передающего устройства и моментом выдачи восстановленного сообщения приемным устройством.

72. Формирование и преобразование сигналов в каналах связи

В системах связи с помощью линейных, нелинейных и параметрических цепей осуществляются основные преобразования сообщений и сигналов. **Линейные цепи** состоят из линейных элементов R , C , L , параметры которых постоянны и не зависят ни от электрического воздействия, ни от времени. К линейным цепям и элементам применим принцип **суперпозиции** - реакция на сумму воздействий равна сумме реакций на каждое воздействие в отдельности. Спектр реакций линейных элементов не содержит новых частот по сравнению со спектром воздействия.

Нелинейные цепи - цепи, параметры которых зависят от электрического воздействия (тока или напряжения), но не зависят от времени. Нелинейные цепи и элементы не подчиняются принципу суперпозиции и способны порождать новые частоты (новый спектр). **Параметрические цепи** - цепи, параметры которых зависят от времени. Различают **линейно-параметрические** цепи, в которых параметры зависят от времени и не зависят от электрического воздействия, и **нелинейно-параметрические**, в которых параметры зависят от времени и от электрического воздействия.

Линейные цепи - это **усиление** сигналов, передача по линиям связи (**ослабление**), **фильтрация** с целью выделения сигналов и подавления помех. При этом не требуется получение новых частот. Нелинейные и параметрические цепи - это **генерирование** колебаний, **умножение**, **деление** и **преобразование** частоты, **усиление** сигналов с большим КПД, **модуляция** и **детектирование**. Для этих операций требуется изменение спектрального состава сигналов.

Математическая модель нелинейных и параметрических элементов - это их вольт-амперные характеристики (ВАХ), которые снимаются экспериментально. **Аппроксимация** ВАХ означает подбор такой простой математической функции, которая отражала бы важнейшие особенности экспериментально снятой характеристики. Форму реакции нелинейного элемента на внешнее воздействие можно определить графически методом проекций на ВАХ.

При одновременном воздействии на НЭ (нелинейный элемент) не менее двух гармонических колебаний с разными частотами возникают комбинационные частоты. **Бигармонический сигнал** содержит два гармонических колебания с различными частотами. **Генератором** называется устройство, формирующее электрические колебания требуемой формы, частоты, мощности. В соответствии с характером преобразования энергии одного вида в другой различают электрические и электромеханические генераторы. **Электрические** генераторы преобразуют энергию

постоянного тока в энергию высокочастотных колебаний. По принципу работы и схемному построению различают генераторы с самовозбуждением (автогенераторы) и с внешним возбуждением. Автогенераторы подразделяются на автогенераторы гармонических колебаний и релаксационные (импульсные) генераторы. Работа любого автогенератора основана на принципе автоматического поддержания в колебательной системе незатухающих колебаний.

73. Модуляция сигналов

Модуляция – это процесс изменения одного или нескольких параметров несущего колебания (высокочастотного) в соответствии с изменением параметров модулирующего (низкочастотного) информационного сигнала. Главная особенность любой модуляции – преобразование спектра модулирующего сигнала. В общем случае происходит расширение спектра, а при гармонической несущей – перенос спектра в область около частоты несущей. Это обстоятельство привело к использованию только модулированных сигналов в многоканальной связи. Практически в настоящее время в системах связи используется большое количество разнообразных видов модуляции, выбор конкретного вида определяется требованиями помехоустойчивости. При амплитудной модуляции (АМ) амплитуда несущего колебания изменяется пропорционально мгновенным значениям модулирующего сигнала. На рисунках 1,2,3 показаны временная и спектральные диаграммы АМ сигнала (в зависимости от формы исходного модулирующего колебания).

Коэффициент модуляции (М) – это отношение разности между максимальным и минимальным значениями амплитуд АМ сигнала к сумме этих значений:

$$M = (A_{\max} - A_{\min}) / (A_{\max} + A_{\min}) = \Delta A / A_o, \text{ где } A_o - \text{амплитуда несущей.}$$

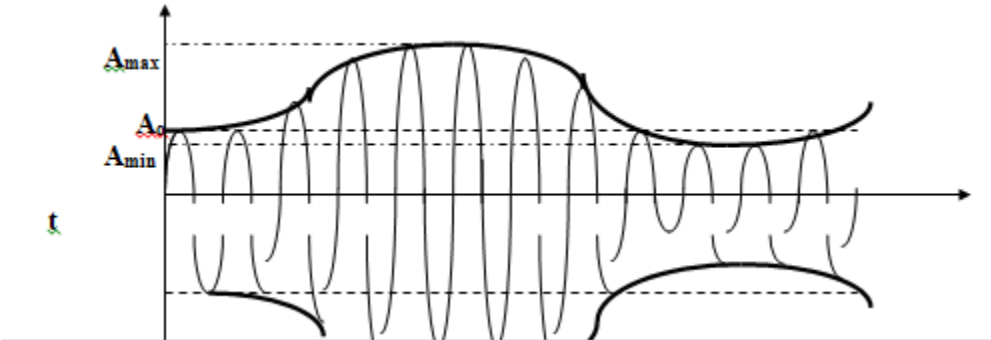


Рисунок 1 - Однотональная амплитудная модуляция

74. Оптимальный прием дискретных сигналов

Сущность оптимального приема состоит в том, что в приемнике необходимо применить такую обработку смеси сигнала с помехой, чтобы обеспечить выполнение заданного критерия. Эта совокупность правил обработки называется **алгоритмом** оптимального приема заданного сигнала на фоне помех. Алгоритм находят статистическими методами, зная параметры передаваемых сигналов и вероятностные характеристики помех.

Для передачи двоичных первичных сигналов u_1 и u_2 длительностью t_s сигналами $s_1(t)$ и $s_2(t)$, сформированными методами амплитудной, частотной и фазовой манипуляций в канале с аддитивным гауссовским шумом, алгоритмы оптимального приема приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вид манипуляции	Алгоритм
АМ	$\int_0^{t_s} z(t)s_1(t)dt$ <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> больше или меньше $0,5W_s,$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> где W_s – энергия сигнала $s_1(t)$ </div>
ЧМ	$\int_0^{t_s} z(t)s_1(t)dt$ <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> больше или меньше $\int_0^{t_s} z(t)s_2(t)dt$ </div>
ФМ	$\int_0^{t_s} z(t)s_1(t)dt$ <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> больше или меньше 0 </div>

Все алгоритмы представляют собой неравенства, указывающие последовательность операций, которые необходимо провести с принятой суммой сигнала и помехи $z(t)$ и правило определения переданного первичного сигнала u_i . Например, для сигналов с ЧМ принятый сигнал с помехой $z(t)$ следует отдельно умножить на копии

передаваемых сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$, произведения проинтегрировать на интервале длительности сигнала t_s и далее сравнить результаты интегрирования. По большому из них и выносится решение, какой первичный сигнал передавался. Если

$$\int_0^{t_s} z(t)s_1(t)dt > \int_0^{t_s} z(t)s_2(t)dt,$$

то передавался сигнал $s_1(t)$, которому соответствует первичный сигнал u_1 . При обратном знаке неравенства - сигнал u_2 .

75. ИКМ модуляция

Принципы аналого-цифрового преобразования на основе ИКМ были предложены в 1940 году французским инженером А.Ривсом. Аналогово-цифровое преобразование состоит из трех этапов: **дискретизации**, при которой

производится выборка значений аналогового сигнала с интервалом $\Delta t = T_s$; **квантования**, при котором выборочное значение аналогового сигнала заменяется ближайшим значением уровня квантования (заранее установленным); **кодирования**, при котором значение уровня квантования преобразуется в двоичное число.

При **дискретизации** (sampling process) коммутирующе-запоминающий механизм формирует из поступающего непрерывного сигнала последовательность выборок (sample). Результатом этого процесса является **амплитудно-импульсно модулированный сигнал** (модуляция АИМ или РАМ - pulse-amplitude modulation). Дискретизация непрерывного сигнала выполняется согласно **теореме Котельникова - Найквиста**: «сигнал с ограниченной

$$T_s \leq \frac{1}{2f_m},$$

полосой однозначно определяется значениями, выбранными через равные промежутки времени:

f_m - верхняя частота сигнала».

Верхний предел T_s можно выразить через **частоту дискретизации** (sampling rate) - частоту Найквиста:

$f_s \geq 2f_m$. Этот критерий Найквиста теоретически достаточное условие, которое делает возможным полное восстановление аналогового сигнала из последовательности равномерно распределенных дискретных выборок. На приеме аналоговый сигнал полностью восстанавливается из выборок путем фильтрации. При выполнении условия $f_s \geq 2f_m$ операция фильтрации облегчается.

76. Теорема Котельникова-Найквиста

Теорема гласит, что, если аналоговый сигнал $X(t)$ имеет финитный (ограниченный по ширине) спектр, то он может быть восстановлен однозначно и без потерь по своим дискретным отсчетам, взятым с частотой, строго большей удвоенной верхней частоты f_c

Где f больше $2f_c$

$$V_{max \text{ data rate}} = 2H \log_2 M \text{ бит/сек}$$

$V_{max \text{ data rate}}$ максимальная скорость передачи H - ширина полосы пропускания канала, выраженная в Гц, M - количество уровней сигнала, которые используются при передаче. Например, из этой формулы видно, что канал с полосой 3 кГц не может передавать двухуровневые сигналы быстрее 6000 бит/сек.

Эта теорема также показывает, что, например, бессмысленно сканировать линию чаще, чем удвоена ширина полосы пропускания. Действительно, все частоты выше этой отсутствуют в сигнале, а потому вся информация, необходимая для возобновления сигнала будет собрана при таком сканировании.

Теорема Котельникова Найквиста не учитывает шум в канале, который измеряется как отношение мощности полезного сигнала к мощности шума: S/N . Эта величина измеряется в децибелах: $10 \log_{10}(S/N)$ dB. Например, если отношение S/N равняется 10, то говорят о шуме в 10 dB если отношение равняется 100, то - 20 dB.

На случай канала с шумом есть теорема Шеннона, по которой максимальная скорость передачи данных по каналу с шумом равняется:

$H \log_2 (1+S/N)$ бит/сек, где S/N - соотношение сигнал-шум в канале.

Здесь уже не важно количество уровней в сигнале. Эта формула устанавливает теоретический предел, который редко достигается на практике. Например, по каналу с полосой пропускания в 3000 Гц и уровнем шума 30 dB (это характеристики телефонной линии) нельзя передать данные быстрее, чем со скоростью 30 000 бит/сек.

77. Квантование амплитуды

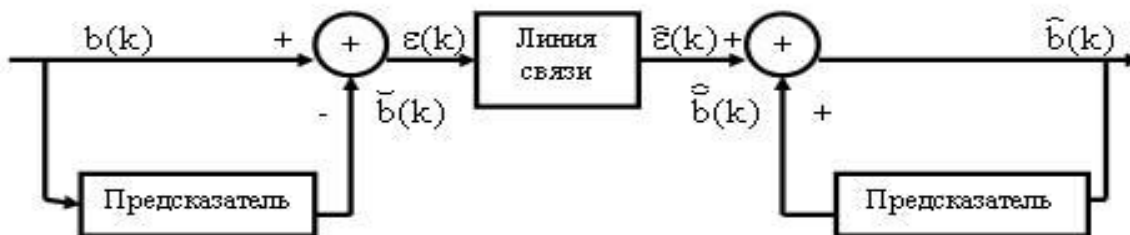
Квантование по амплитуде — процесс замены реальных значений амплитуды сигнала значениями, приближенными с некоторой точностью. Каждый из 2^N возможных уровней называется уровнем квантования, а расстояние между двумя ближайшими уровнями квантования называется шагом квантования. Если амплитудная

шкала разбита на уровни линейно, квантование называют линейным (однородным). Точность округления зависит от выбранного количества (2^N) уровней квантования, которое, в свою очередь, зависит от количества бит (N), отведенных для записи значения амплитуды. Число N называют *разрядностью квантования* (подразумевая количество разрядов, то есть бит, в каждом слове), а полученные в результате округления значений амплитуды числа — *отсчетами или семплами* (от англ. «sample» — «замер»). Принимается, что погрешности квантования, являющиеся результатом квантования с разрядностью 16 бит, остаются для слушателя почти незаметными. Этот способ оцифровки сигнала — дискретизация сигнала во времени в совокупности с методом однородного квантования — называется импульсно-кодовой модуляцией

78. Кодирование с предсказанием

При передаче речи, телевизионных изображений, данных телеметрии между отсчетами передаваемых сообщений имеются статические (корреляционные) связи. **Корреляция** характеризует степень взаимосвязи между двумя значениями случайного процесса в различные моменты времени (функция двух моментов времени t_1 и t_2). Наличие таких взаимосвязей позволяет повысить эффективность систем передачи информации.

Такой системой передачи является система, где используется способ передачи с **предсказанием**. Последовательность корреляционных отсчетов $b(k\Delta t) = b(k)$ исходного сигнала подается на один из входов вычитающего устройства, на другой вход этого устройства подается сигнал предсказания, сформированный из предыдущих отсчетов. Полученный таким образом сигнал ошибки предсказания $\varepsilon(k)$ поступает в тракт передачи.

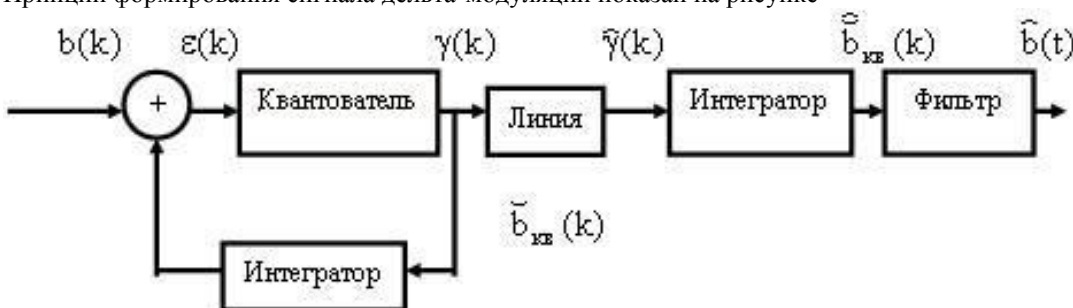


В сигнале ошибки содержатся сведения, представляющие разность между истинным и предсказанным значениями, поэтому этот способ передачи называется **передачей с предсказанием**. На приемной стороне имеется такой же предсказатель, как и на передающей стороне.

Чем сильнее корреляционные связи, тем точнее можно сформировать сигнал предсказания и тем меньшая энергия потребуется для передачи сигнала ошибки по сравнению с передачей исходного сигнала. В системах передачи с предсказанием отсчеты сигнала ошибки подвергают обычным операциям квантования и кодирования. Результатом такого преобразования на передающей стороне является **дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ)**.

79. Понятия о корректирующих кодах

При преобразовании аналогового сигнала в цифровой в АЦП ДМ применяется **одноразрядный код**, символ которого определяет только знак (полярность) производной аналогового сигнала через интервал дискретизации. Принцип формирования сигнала дельта-модуляции показан на рисунке



Отсчеты $b(k)$ передаваемого сообщения сравниваются с квантованным отсчетом, полученным в результате суммирования всех предыдущих квантованных сигналов ошибки:

$$\tilde{b}_{\text{кз}}(k-1) = \sum_{i=0}^{n-1} \varepsilon_{\text{кз}}(i) = \Delta b \sum_{i=0}^{n-1} \gamma(i).$$

80. Основной цифровой сигнал

для передачи аналогового сигнала (коим является голос человека) по IP-сетям, необходимо этот самый сигнал преобразовать в последовательность единиц и нулей. исходя из теоремы Котельникова (буржуи зовут её теоремой Найквиста) при использовании импульсно-кодовой модуляции для передачи голосового сигнала без потери качества достаточно передавать данные со скоростью 64 kbit/сек. 64 килобита в секунду — это то, что в современной цифровой телефонии называется **основным цифровым сигналом**.

На 32-х (30 голосовых + 2 служебных) основных цифровых сигналах построен первичный (самый маленький, простой) уровень в плезиосинхронной (почти синхронной) цифровой иерархии (PDH) — т.н. поток E1 (2048 кбит/сек). А сам основной цифровой сигнал порой называют нулевым уровнем. Стоит отметить, что в PDH

существует второй (Е2), третий (Е3) и четвёртый (Е4) уровни. Каждый последующий уровень мультиплексируется из четырёх предыдущих с добавлением кое-какой служебной информации, например $E3=4 \cdot E2 + \text{сигнализация}$.

81. Неравномерное устройство квантования

Неравномерное (нелинейное) квантование. Линейные устройства квантования легко реализовать и легко понять – в этом их очевидное достоинство. Вместе с тем, выбор параметров устройств равномерного квантования не предполагает никаких знаний о статистике амплитуд и корреляционных свойствах входного сигнала.

Нелинейные устройства квантования, обеспечивающие неравномерное квантование, применяются тогда, когда возникает желание учесть статистику амплитуд и корреляционные свойства входного сигнала.

Существуют приложения, для которых равномерные устройства квантования являются наилучшими. Это – обработка музыкальных сигналов, обработка изображений, контроль процессов и ряд других. Для некоторых иных приложений более приемлемы неравномерные квантующие устройства. Важнейшим примером такого рода является обработка речевых сигналов в системах связи.

Неравномерное квантование может обеспечить лучшее квантование слабых сигналов и грубое квантование сильных сигналов. Значит, в этом случае шум квантования может быть пропорциональным сигналу.

82. Особенности цифровой передачи сигналов

Основной тенденцией развития телекоммуникаций во всем мире является *цифровизация* сетей связи, предусматривающая построение сети на базе цифровых методов передачи и коммутации. Это объясняется следующими существенными преимуществами цифровых методов передачи перед аналоговыми.

Высокая помехоустойчивость. Представление информации в цифровой форме позволяет осуществлять регенерацию (восстановление) этих символов при передаче их по линии связи, что резко снижает влияние помех и искажений на качество передачи информации.

Слабая зависимость качества передачи от длины линии связи. В пределах каждого регенерационного участка искажения передаваемых сигналов оказываются ничтожными. Длина регенерационного участка и оборудование регенератора при передаче сигналов на большие расстояния остаются практически такими же, как и в случае передачи на малые расстояния. Так, при увеличении длины линии в 100 раз для сохранения неизменным качества передачи информации достаточно уменьшить длину регенерационного участка лишь на несколько процентов.

Стабильность параметров каналов ЦСП. Стабильность и идентичность параметров каналов (остаточного затухания, частотной и амплитудной характеристик и др.) определяются в основном устройствами обработки сигналов в аналоговой форме. Поскольку такие устройства составляют незначительную часть оборудования ЦСП, стабильность параметров каналов в таких системах значительно выше, чем в аналоговых. Этому также способствует отсутствие в ЦСП влияния загрузки системы на параметры отдельных каналов.

Эффективность использования пропускной способности каналов для передачи дискретных сигналов. При вводе дискретных сигналов непосредственно в групповой тракт ЦСП скорость их передачи может приближаться к скорости передачи группового сигнала. Если, например, при этом будут использоваться временные позиции, соответствующие только одному каналу ТЧ, то скорость передачи будет близка к 64 кбит/с, в то время как в аналоговых системах она обычно не превышает 33,6 кбит/с.

Возможность построения цифровой сети связи. Цифровые системы передачи в сочетании с цифровыми системами коммутации являются основой цифровой сети связи, в которой передача, транзит и коммутация сигналов осуществляются в цифровой форме. При этом параметры каналов практически не зависят от структуры сети, что обеспечивает возможность построения гибкой разветвленной сети, обладающей высокими надежностными и качественными показателями.

Высокие технико-экономические показатели. Передача и коммутация сигналов в цифровой форме позволяют реализовывать оборудование на единых аппаратных платформах. Это позволяет резко снижать трудоемкость изготовления оборудования, значительно снижать его стоимость, потребляемую энергию и габариты. Кроме того, существенно упрощается эксплуатация систем и повышается их надежность.

83. Демодуляция

Модуляция - изменение информативных параметров некоторых первичных физических процессов (сигналов), рассматриваемых как носители информации, в соответствии с передаваемой (включаемой и сигнал) информацией. Виды модуляции связаны с типом сигнала-носителя. В современной информатике выделяют три его типа: фиксированный уровень, колебания, импульсы.

Демодуляция – восстановление величин, вызвавших изменение параметров носителей при модуляции. Выполняется на принимающей стороне при известных условиях модуляции на передающей стороне.

84. Ширина спектра

Шириной спектра сигнала называется минимальная полоса частот, на которой сосредоточена подавляющая часть (95%) мощности (или энергии) сигнала. Для спектрального представления непериодических (импульсных)

сигналов, заданных на конечном интервале (t_1, t_2) , непосредственно воспользоваться рядом Фурье нельзя, так как импульсный сигнал не является периодическим. Для гармонического разложения сигнала выполняется следующее:

- импульсный сигнал $u(t)$ дополняется до периодического с любым периодом T , включающим в себя промежуток (t_1, t_2) ;
- полученный периодический сигнал $u_{\text{пер}}(t)$ представляется в виде ряда Фурье;
- затем производится предельный переход от $u_{\text{пер}}(t)$ к $u(t)$ при $T \rightarrow \infty$.

Для вычисления спектра в этом случае пользуются комплексной формой записи ряда Фурье:

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{F}(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (\text{обратное преобразование Фурье}), \text{ где}$$

$$\dot{F}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt \quad (\text{прямое преобразование Фурье}).$$

Комплексная спектральная плотность:

$$\dot{F}(\omega) = F(\omega) e^{-j\psi(\omega)},$$

где $F(\omega)$ – модуль или **спектральная плотность амплитуд** (амплитудный спектр);

$\psi(\omega)$ – аргумент или **фазовый спектр** непериодического сигнала.

Поскольку сигналы и помехи – это случайные процессы, то знание спектра помехи позволяет предпринимать меры для ее подавления. Таким образом, спектр необходимо знать для осуществления неискаженной передачи сигнала по каналу связи, для обеспечения разделения сигналов и ослабления помех. **Ширина спектра** – это интервал частот, занимаемый спектром сигнала. Ширина спектра импульсных сигналов обратно пропорциональна длительности импульса.

85. Кодирование

Кодирование – это процесс преобразования сообщения в последовательность кодовых символов. Если преобразовывать последовательность элементов сообщения в последовательность двоичных чисел, то для передачи их по каналу связи достаточно передавать два кодовых символа – **1** и **0**. Символы **0** и **1** могут передаваться колебаниями с различными частотами или импульсами тока разной полярности. Благодаря своей простоте двоичная система счисления широко применяется при кодировании. При кодировании каждому элементу сообщения присваивается **кодовая комбинация**. Совокупность кодовых комбинаций образует **код**. Коды, у которых все комбинации имеют одинаковую длину, называются. Примером **неравномерного** кода является код Морзе, в котором различные комбинации имеют различную длительность (символы 0 и 1 используются в двух сочетаниях: как одиночные 1 и 0 и как тройные – 111 и 000). По помехоустойчивости коды подразделяются на **простые** и **корректирующие**. Простые коды – это коды без **избыточности**, у которых все возможные комбинации используются для передачи информации, и превращение одного символа комбинации в другой приводит к появлению новой комбинации или ошибки. Корректирующие коды строятся так, что для передачи сообщения используются не все кодовые комбинации, а некоторая их часть. Таким образом, создается возможность обнаружения и исправления ошибки при неправильном воспроизведении некоторого числа символов. Декодирование на приеме – это восстановление сообщения по принимаемым кодовым символам. Устройства, осуществляющие кодирование и декодирование называются **кодеком**.

86. Математическое описание сигналов и помех

Способ получения таких моделей сигналов состоит в следующем. Реальный сигнал приближенно представляется суммой некоторых элементарных сигналов, возникающих в последовательные моменты времени. Если те- перь устремить к нулю длительность отдельных элементарных сигналов, то, естественно, в пределе будет получено точное представление исходного сигнала. В литературе этот способ описания сигнала получил название **динамическо- го представления**, подчеркивая развивающийся во времени процесс.

Широкое применение нашли два способа динамического представления. Согласно первому из них в качестве элементарных сигналов используются ступенчатые функции, возникающие через равные промежутки времени Δ . В качестве таких функций используются функции включения или функции Хевисайда $\sigma(t)$, которые описываются следующим образом

$\sigma(t)$

$\sigma(t) = 1, \text{ при } t \geq 0$

$\sigma(t) = 0, \text{ при } t < 0$

$\sigma(t) = 0, \text{ при } t < 0$

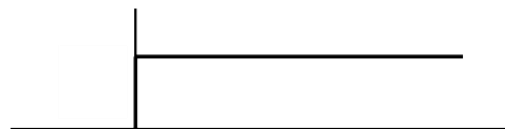


Рис. 2.4. Функция включения

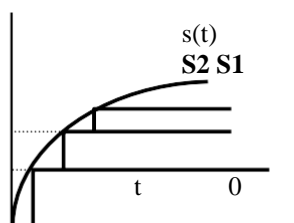
Другая возможность представления сигнала заключается в использовании стандартных прямоугольных функций длительностью Δ . На рис. 2.5 представлены возможные способы представления сигналов.

$s(t)$

$S_2 S_1$

а) б)

$0 \Delta 2\Delta 3\Delta$



$\Delta 2\Delta 3\Delta t$

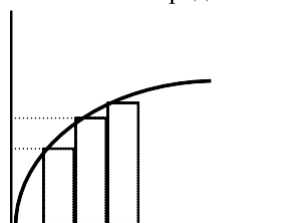


Рис. 2.5. Динамическое представление сигналов

Как видно (рис. 2.5, а), текущее значение сигнала при любом t равно сумме ступенчатых функций

$$s(t) \approx s_0 \sigma(t) + (s_1 - s_0) \sigma(t - \Delta) + (s_2 - s_1) \sigma(t - 2\Delta) + \dots \quad (2.1)$$

В случае представления аналогового сигнала суммой примыкающих к друг другу прямоугольных импульсов, элементарный импульс с номером k представляется в виде

$$u_k(t) = s_k [\sigma(t - t_k) - \sigma(t - t_k - \Delta)]. \quad (2.2)$$

Тогда исходный сигнал является суммой элементарных импульсов

$$s(t) = \sum_k u_k(t). \quad (2.3)$$

Важное значение при динамическом представлении сигнала играет и другая функция, которая называется **дельта-функцией** $\delta(t)$ или функцией Дирака. Такой функцией называется импульсный сигнал, площадь которого, например, $A_m \cdot \tau$ равна 1, причем длительность импульса τ стремится к нулю, а амплитуда импульса A_m стремится к бесконечности.

Если в выражении (2.3) Δ устремить к нулю, то получим формулу динамического представления сигнала

Таким образом, если непрерывную функцию умножить на дельта-функцию и произведение проинтегрировать по времени, то результат будет равен значению функции в той точке, где существует δ -функция. В этом заключается **фильтрующее свойство** дельта-функции.

87. Финитный спектр с использованием теоремы Котельникова

Теорема гласит, что, если аналоговый сигнал $X(t)$ имеет финитный (ограниченный по ширине) спектр, то он может быть восстановлен однозначно и без потерь по своим дискретным отсчетам, взятым с частотой, строго большей удвоенной верхней частоты f_c

Где f больше $2f_c$

$$V_{\max}^{\text{data rate}} = 2H \log_2 M \text{ бит/сек}$$

$$V_{\max}^{\text{data rate}}$$

максимальная скорость передачи H - ширина полосы пропускания канала, выраженная в Гц, M - количество уровней сигнала, которые используются при передаче. Например, из этой формулы видно, что канал с полосой 3 кГц не может передавать двухуровневые сигналы быстрее 6000 бит/сек.

Эта теорема также показывает, что, например, бессмысленно сканировать линию чаще, чем удвоена ширина полосы пропускания. Действительно, все частоты выше этой отсутствуют в сигнале, а потому вся информация, необходимая для возобновления сигнала будет собрана при таком сканировании.

88. Функция корреляции

При передаче речи, телевизионных изображений, данных телеметрии между отсчетами передаваемых сообщений имеются статические (корреляционные) связи. **Корреляция** характеризует степень взаимосвязи между двумя значениями случайного процесса в различные моменты времени (функция двух моментов времени t_1 и t_2). Наличие таких взаимосвязей позволяет повысить эффективность систем передачи информации.

Такой системой передачи является система, где используется способ передачи с **предсказанием**. Последовательность корреляционных отсчетов $b(k\Delta t) = b(k)$ исходного сигнала подается на один из входов вычитающего устройства, на другой вход этого устройства подается сигнал предсказания, сформированный из предыдущих отсчетов. Полученный таким образом сигнал ошибки предсказания $\varepsilon(k)$ поступает в тракт передачи.

89. Классификация каналов связи

Канал связи – это совокупность технических и программных средств обеспечивающих передачу сообщения от источника к потребителю.

Классификация каналов связи:

1. По назначению

- телефонные
- телеграфные
- телевизионные
- радиовещательные

2. По направлению передачи

- симплексные (передача только в одном направлении)
- полудуплексные (передача поочередно в обоих направлениях)
- дуплексные (передача одновременно в обоих направлениях)

3. По характеру линии связи

- механические
- гидравлические
- акустические
- электрические (проводные)
- радио (беспроводные)
- оптические

4. По характеру сигналов на входе и выходе канала связи

- аналоговые (непрерывные)
- дискретные по времени
- дискретные по уровню сигнала
- цифровые (дискретные и по времени и по уровню)

5. По числу каналов на одну линию связи

- одноканальные
- многоканальные

49. Первичные сигналы электрической связи

Первичные сигналы сообщений $b(t)$ имеют спектральный состав, расположенный в низкочастотной области в диапазоне от Ω_{\min} до Ω_{\max} . Отношение $(\Omega_{\max} / \Omega_{\min})$ всегда много больше 1. Поэтому такие сигналы являются **широкополосными** и не могут излучаться в пространство даже при значительной мощности, так как для эффективного излучения геометрические размеры антенны должны быть сравнимы с длиной волны излучаемого колебания. Модуляция позволяет получить **узкополосный** сигнал, для спектра которого выполняется условие $(\omega_{\max} / \omega_{\min}) \approx 1$. Для получения радиосигнала необходимо по закону передаваемого сообщения изменять один из трех параметров (U_m0 , $\omega0$, $\varphi0$) гармонического колебания, частота которого $\omega0$ значительно больше Ω_{\max} . Тогда соответственно получаем классические виды модуляции: амплитудную (АМ), частотную (ЧМ) и фазовую (ФМ). Гармоническое колебание с частотой $\omega0$ называется **несущим колебанием**. Современные системы связи используют и сложные виды модуляции, например, АМ – ФМ, ЧМ – ЧМ, АМ – ЧМ и т. п.

90. Модель дискретного канала связи

Дискретный канал – канал связи, используемый для передачи дискретных сообщений.

Упрощенная схема передачи информации по дискретному каналу связи представлена на рисунке 1.



Каналы связи принято называть дискретными по времени только в том случае, если входные и выходные сигналы доступны для наблюдения и дальнейшей обработки в строго фиксированные моменты времени. Для определения моделей дискретных каналов связи достаточно описать случайные процессы, происходящие в них, а также знать вероятности появления ошибок. Для этого необходимо иметь входной (A) и выходной (\hat{A}) наборы передаваемых символов, должна быть задана совокупность переходных вероятностей $p(\hat{a} | a)$,

которая зависит от следующих величин: $a = (a_1, a_2, \dots, a_i, \dots)$ – случайной последовательности символов входного алфавита, где $a_i \in A$ – символ на входе канала в i -й момент времени; $\hat{a} = (\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_i, \dots)$ –

последовательности принятых символов, взятой из выходного алфавита, где $\hat{a}_i \in \hat{A}$ – символ на выходе канала в i -й момент.

С математической точки зрения вероятность $p(\hat{a} | a)$ можно определить как условную вероятность приема последовательности \hat{a} при условии, что передана последовательность a . Количество переходных

вероятностей прямо пропорционально возрастает с увеличением длительности входных и выходных последовательностей. Например, при использовании бинарного кода для последовательности длиной n , количество переходных вероятностей составит 2^{2n} . Ниже приведено описание математических моделей дискретных каналов, содержащих ошибки. С их помощью можно достаточно просто определить переходные вероятности $p(\hat{a}|a)$ для заданной последовательности длиной n .

91. Несимметричный канал без памяти

Данный канал связи можно охарактеризовать тем, что отсутствует зависимость между вероятностями возникновения ошибки. Но сами они определяются передаваемыми в текущий момент времени символами.

Таким образом, для бинарного канала можно записать $P(1|0) \neq P(0|1)$. Переходные вероятности, описывающие данную модель, показаны на рис. 3.

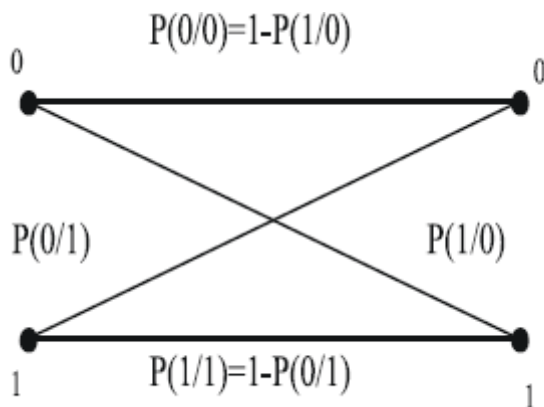


Рис. 3. Несимметричный канал без памяти

92. Понятие длинная линия

Длинная линия — регулярная ^[1] линия электропередачи, длина которой превышает длину волны колебаний, распространяющихся в ней, а расстояние между проводниками, из которых она состоит, значительно меньше этой длины волны.

Характерной особенностью длинных линий является проявление [интерференции](#) двух волн, распространяющихся навстречу друг другу. Одна из этих волн создается подключенным к линии генератором электромагнитных колебаний, и называется **падающей**. Другая волна называется **отражённой**, и возникает из-за отражения падающей волны от нагрузки, подключенной к противоположному концу линии. Все соотношения между падающей, проходящей в длинной линии, определяется амплитудно-фазовыми соотношениями между падающей и отраженной волнами.

Из электродинамики известно, что линия передачи может быть охарактеризована ее **погонными параметрами**:

- R_1 — погонное сопротивление, Ом/м;
- G_1 — погонная проводимость, 1/Ом·м;
- L_1 — погонная индуктивность Гн/м;
- C_1 — погонная ёмкость Ф/м;
- $Z_1 = R_1 + i\omega L_1$
- $Y_1 = G_1 + i\omega C_1$

52. Волоконно-оптические линии связи

Волоконно-оптическая связь — способ передачи информации, использующий в качестве носителя информационного сигнала электромагнитное излучение оптического (ближнего [инфракрасного](#)) диапазона, а в качестве направляющих систем — [волоконно-оптические](#) кабели. Благодаря высокой несущей частоте и широким возможностям мультиплексирования, пропускная способность [волоконно-оптических линий](#) многократно превышает пропускную способность всех других систем связи и может измеряться терабитами в секунду. Малое затухание света в оптическом волокне позволяет применять волоконно-оптическую связь на значительных расстояниях без использования усилителей. Волоконно-оптическая связь свободна от электромагнитных помех и труднодоступна для несанкционированного использования: незаметно перехватить сигнал, передаваемый по оптическому кабелю, технически крайне сложно.

Волоконно-оптическая связь находит всё более широкое применение во всех областях — от [компьютеров](#) и бортовых космических, [самолётных](#) и корабельных систем, до систем передачи информации на большие расстояния

93. Общие сведения об антеннах

Антенной называется устройство, предназначенное для излучения или приема радиоволн. Антенны обладают свойством обратимости. Передающая антенна предназначена для преобразования энергии токов высокой частоты в энергию электромагнитных волн, свободно распространяющихся в окружающем антенну пространстве. Приемная антенна предназначена для обратного преобразования. Основные параметры антенн сохраняются при использовании ее как для передачи, так и для приема.

Изотропной называется антенна без потерь, излучающая равномерно во все стороны. Реальные антенны *анизотропны*.

Направленность антенны. Это способность антенны излучать электромагнитные волны в определенных направлениях.

Действующей длиной передающей антенны L_d называют длину излучателя с равномерным распределением тока, который в главном направлении создает такую же напряженность поля, как и реальная антенна. *Действующей длиной* приемной антенны называют отношение ЭДС в антенне, наведенной радиоволной, приходящей с направления главного лепестка ДН \mathcal{E}_d , к напряженности поля в точке приема.

Излучаемая мощность – мощность электромагнитных волн, излучаемых антенной в свободное пространство, эту мощность вычисляют через активное сопротивление излучения R_Σ .

Рабочий диапазон антенны – это область частот (или длин волн), в пределах которого параметры антенны не выходят из заданных пределов.

Область частот $f_{max} - f_{min}$ называется полосой пропускания.

94. Виды модуляции

Модуляция - это процесс преобразования символов в сигналы, пригодные для передачи по каналу связи. Общий принцип модуляции состоит в изменении одного или нескольких параметров **несущего колебания** (переносчика) в соответствии с передаваемым сообщением (первичным сигналом). Если в качестве несущей используется **гармоническое колебание**, то, воздействуя на любой параметр несущей (амплитуду, частоту, фазу), можно получить **амплитудную (АМ), частотную (ЧМ) и фазовую (ФМ) модуляцию**.

Если переносчиком является **периодическая последовательность импульсов**, то при заданной форме импульсов можно образовать четыре основных вида импульсной модуляции: **амплитудно-импульсную (АИМ), широтно-импульсную (ШИМ), фазо-импульсную (ФИМ) и частотно-импульсную (ЧИМ)**.

Цифровая модуляция – это процесс преобразования цифровых символов в сигналы, совместимые с характеристиками канала. При цифровой модуляции закодированное сообщение, представляющее собой последовательность кодовых символов, преобразуется в последовательность элементов (посылок) сигнала путем воздействия на переносчик – **гармоническое колебание**.

95. Этапы аналого-цифрового преобразования

Аналого-цифровое преобразование сигнала включает в себя два этапа:

3. Дискретизация сигнала (во времени или пространстве)
4. Квантование по уровню

На этапе дискретизации берутся отсчеты сигнала с некоторым периодом дискретизации (T).

При **дискретизации** (sampling process) коммутирующе-запоминающий механизм формирует из поступающего непрерывного сигнала последовательность выборок (sample). Результатом этого процесса является **амплитудно-импульсно модулированный сигнал** (модуляция АИМ или РАМ - pulse-amplitude modulation). Дискретизация непрерывного сигнала выполняется согласно **теореме Котельникова - Найквиста**: «сигнал с ограниченной полосой однозначно определяется значениями, выбранными через

$$T_s \leq \frac{1}{2f_m},$$

равные промежутки времени: где f_m - верхняя частота сигнала».

Верхний предел T_s можно выразить через **частоту дискретизации** (sampling rate) - частоту Найквиста:

$f_s \geq 2f_m$. Этот критерий Найквиста теоретически достаточное условие, которое делает возможным полное восстановление аналогового сигнала из последовательности равномерно распределенных дискретных выборок. На приеме аналоговый сигнал полностью восстанавливается из выборок путем фильтрации. При

выполнении условия $f_s > 2f_m$ операция фильтрации облегчается.

УКЭ

Signalling Connection Control Part - что это?

SCCP (Signaling Connection and Control Part) — протокол сетевого уровня, обеспечивающий контроль передачи (flow control), сегментацию пакетов, коррекцию ошибок и соединения в стеке протоколов SS7. SCCP работает поверх стека МТР, а именно поверх МТР уровня 3, который занимается маршрутизацией пакетов. Стек протоколов ОКС-7 отталкивается от [модели OSI](#) и имеет только четыре уровня. Уровни совпадают с уровнями OSI 1 (физический), 2 (канальный) и 3 (сетевой). Уровень 4 ОКС-7 соответствует уровню 7 OSI. Уровни называются [МТР](#) (англ. Message Transfer Part) 1, МТР 2 и МТР 3. Уровень 4 ОКС-7 содержит несколько различных пользовательских уровней, например Telephone User Part ([TUP](#)), [ISDN](#) User Part ([ISUP](#)), Transaction Capabilities Application Part ([TCAP](#)) и Signaling Connection and Control Part ([SCCP](#)). МТР описывает транспортные протоколы, включая сетевые интерфейсы, обмен данными, обработка сообщений и маршрутизация их на верхний уровень. SCCP — это подуровень из других протоколов 4 уровня, и вместе с МТР 3 может быть назван Network Service Part (NSP). NSP обеспечивает адресацию и маршрутизацию сообщений и сервис управления для других частей 4 уровня. TUP — это система сигнализации точка-точка для обслуживания вызовов (в России не применялась). ISUP — это ключевой протокол, предоставляющий канально-ориентированный протокол для установки, подключения и завершения соединения при звонке. Выполняет все функции TUP и множество дополнительных. TCAP используется для создания запросов к базе данных и используется при расширенной функциональности сети или как связующий протокол с интеллектуальными сетями ([INAP](#)), мобильными службами ([MAP](#)) и т. д.

В какой форме проходит сигнальное сообщение по звену сигнализации?

В отличие от традиционных систем сигнализации система сигнализации по общему каналу (ОКС) позволяет передавать сигнальную информацию между системами коммутации не для одного конкретного разговорного канала, а для целого пучка объемом до 1000 разговорных каналов по одному общему сигнальному каналу.

Сигнальное сообщение, поступающее от верхних уровней, проходит по звену сигнализации в виде сигнальных единиц переменной длины. Для надежной работы звена сигнализации сигнальная единица включает, помимо информации сигнального сообщения, информацию для управления передачей.

Время установления соединения в ОКС-7

Система сигнализации № 7 - это универсальная многофункциональная система межстанционной сигнализации, ориентированная на поддержку практически всех уже известных, а также будущих услуг связи. Ее огромный потенциал объясняется блочной функциональной архитектурой, где над единой транспортной подсистемой (МТР) расположены подсистемы пользователей и приложений (TUP, ISUP, MAP, TCAP, MUP и т. д.), предназначенные для обеспечения соответствующих услуг связи.

В большинстве случаев время установления соединения не превышает одной секунды.

Из каких подсистем состоит модель ОКС-7?

Стек протоколов ОКС-7 отталкивается от модели OSI и имеет только четыре уровня. Уровни совпадают с уровнями OSI 1 (физический), 2 (канальный) и 3 (сетевой). Уровень 4 ОКС-7 соответствует уровню 7 OSI. Уровни называются МТР (англ. Message Transfer Part) 1, МТР 2 и МТР 3. Уровень 4 ОКС-7 содержит несколько различных пользовательских уровней, например Telephone User Part (TUP), ISDN User Part (ISUP), Transaction Capabilities Application Part (TCAP) и Signaling Connection and Control Part (SCCP).

МТР описывает транспортные протоколы, включая сетевые интерфейсы, обмен данными, обработка сообщений и маршрутизация их на верхний уровень. SCCP — это подуровень из других протоколов 4 уровня, и вместе с МТР 3 может быть назван Network Service Part (NSP). NSP обеспечивает адресацию и маршрутизацию сообщений и сервис управления для других частей 4 уровня. TUP — это система сигнализации точка-точка для обслуживания вызовов (в России не применялась). ISUP — это ключевой протокол, предоставляющий канально-ориентированный протокол для установки, подключения и завершения соединения при звонке. Выполняет все функции TUP и множество дополнительных. TCAP используется для создания запросов к базе данных и используется при расширенной функциональности сети или как связующий протокол с интеллектуальными сетями (INAP), мобильными службами (MAP) и т. д.

ИКМ тракт телефонии – это?

Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ или англ. PCM — Pulse Code Modulation) используется для оцифровки аналоговых сигналов. Практически все виды аналоговых данных (видео, голос, музыка, данные телеметрии, виртуальные миры) допускают применение PCM.

Чтобы получить на входе канала связи (передающий конец) ИКМ-сигнал из аналогового, мгновенное значение аналогового сигнала измеряется через равные промежутки времени. Количество оцифрованных значений в секунду (или скорость оцифровки, частота дискретизации) должно быть не ниже 2-кратной максимальной частоты в спектре аналогового сигнала (по теореме Котельникова). Мгновенное измеренное значение аналогового сигнала округляется до ближайшего уровня из нескольких заранее определенных значений. Этот процесс называется квантованием, а количество уровней всегда берется кратным степени двойки, например, 8, 16, 32 или 64. Номер уровня может быть соответственно представлен 3, 4, 5 или 6 битами. Таким образом, на выходе модулятора получается набор битов (0 или 1).

На приёмном конце канала связи демодулятор преобразует последовательность битов в импульсы собственным генератором с тем же уровнем квантования, который использовал модулятор. Далее эти импульсы используются для восстановления аналогового сигнала в ЦАП.

К каким системам коммутации характерна пространственная коммутация?

Пространственная коммутация относится к цифровой системе коммутации. Коммутация, осуществляемая путем соединения временных каналов без изменения их временных позиций.

Прямоугольные решетчатые структуры, составленные из точек коммутации, проектируются таким образом, чтобы обеспечивать только межгрупповые (транзитные) соединения, т. е. соединения одного вида: от группы входов к группе выходов. Такой способ работы может найти применение в ряде случаев, в частности:

- 1) на удаленных концентраторах;
- 2) на распределителях вызовов;
- 3) на конечных станциях или [УТС](#) при установлении транзитных соединений;
- 4) на отдельных звеньях многозвенных коммутационных схем.

К чему характерно временная коммутация?

Временная коммутация характерна цифровой системе коммутации. Временная коммутация. Этот вид коммутации подразумевает, что весь поток информации распределен во времени. В каждый временной интервал (далее именуемый слот, slot) вводится информация, которая закрепляется за этим положением. Временной коммутатор должен перенести информацию из одного временного положения в другое заданное положение.

Временная коммутация заключается в передачи кодовых слов любых КИ входящей ЦЛ в любые КИ выходящей ЦЛ, поэтому блок временной коммутации (БВК) под руководством АЗУ должен осуществлять перенесение (сдвиг) кодового слова из одного КИ в другой.

Как классифицируется АТС по типу?

Основная задача любой АТС – выполнение коммутации (соединения) между двумя абонентами или группами абонентов. Классификация АТС выполняется по двум основным признакам:

- 1) по типу коммутатора;
- 2) по способу управления ими.

Декадно-шаговые АТС построены на шаговых искателях электромеханического типа, когда в зависимости от числа поступивших импульсов подвижный контакт подключается к одному из десяти подвижных контактов. Координатные АТС строились на электрических планшетных координатных установках (ЭПКУ), которые представляли собой поле, содержащее десять столбцов и десять строк.

Квазиэлектронные АТС строились на герметичных контактах, так называемых герконах, с электрическим управлением этих контактов (в них отсутствовали механические узлы и контакты).

Какая технология мультиплексирования применяется в DSE?

Мультиплексоры «голос - данные» предназначены для совмещения в рамках одной территориальной сети компьютерного и голосового трафиков. Так как рассматриваемая глобальная сеть передает данные в виде пакетов, то мультиплексоры «голос - данные», работающие на сети данного типа, упаковывают голосовую информацию в кадры или пакеты территориальной сети и передают их ближайшему коммутатору точно так же, как и любой конечный узел глобальной сети, то есть мост или маршрутизатор. Если глобальная сеть поддерживает приоритизацию трафика, то кадрам голосового трафика мультиплексор присваивает наивысший приоритет, чтобы коммутаторы обрабатывали и продвигали их в первую очередь. Приемный узел на другом конце глобальной сети также должен быть мультиплексором «голос - данные», который должен понять, что за тип данных находится в пакете - замеры голоса или пакеты компьютерных данных, - и отсортировать эти данные по своим выходам. Голосовые данные направляются офисной АТС, а компьютерные данные поступают через маршрутизатор в локальную сеть. Часто модуль мультиплексора «голос - данные» встраивается в маршрутизатор. Для передачи голоса в наибольшей степени подходят технологии, работающие с предварительным резервированием полосы пропускания для соединения абонентов, - frame relay, АТМ.

Какая функция технологии ИКМ?

Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ или англ. PCM — Pulse Code Modulation) используется для оцифровки аналоговых сигналов. Практически все виды аналоговых данных (видео, голос, музыка, данные телеметрии, виртуальные миры) допускают применение PCM.

Чтобы получить на входе канала связи (передающий конец) ИКМ-сигнал из аналогового, мгновенное значение аналогового сигнала измеряется через равные промежутки времени. Количество оцифрованных значений в секунду (или скорость оцифровки, частота дискретизации) должно быть не ниже 2-кратной максимальной частоты в спектре аналогового сигнала (по теореме Котельникова). Мгновенное измеренное значение аналогового сигнала округляется до ближайшего уровня из нескольких заранее определенных значений. Этот процесс называется квантованием, а количество уровней всегда берется кратным степени

двойки, например, 8, 16, 32 или 64. Номер уровня может быть соответственно представлен 3, 4, 5 или 6 битами. Таким образом, на выходе модулятора получается набор битов (0 или 1).

На приёмном конце канала связи демодулятор преобразует последовательность битов в импульсы собственным генератором с тем же уровнем квантования, который использовал модулятор. Далее эти импульсы используются для восстановления аналогового сигнала в ЦАП.

Какие акустические сигналы в телефонии?

ответ станции;

вызывной сигнал с частотой 25 Гц (прямой вызывной сигнал);

контроль посылки вызова;

занято;

занято при перегрузке;

указательный сигнал;

сигнал вмешательства;

сигнал уведомления;

подтверждения приема (при заказе и отмене ДВО);

сигнал ожидания (контроль посылки уведомления).

Приемник акустических сигналов должен удовлетворять следующим требованиям:

условия гарантированного срабатывания

условия гарантированного несрабатывания

условия защиты от помех

Коэффициент нелинейных искажений акустических сигналов должен быть не более 5%

Должна обеспечиваться возможность введения новых акустических сигналов по мере расширения перечня предоставляемых услуг.

Какие основные параметры цифрового сигнала?

Цифровой сигнал — сигнал данных, у которого каждый из представляющих параметров описывается функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений. Дискретный цифровой сигнал сложнее передавать на большие расстояния, чем аналоговый сигнал. Использование в цифровых системах алгоритмов проверки и восстановления цифровой информации позволяет существенно увеличить надёжность передачи информации.

Из-за шумов и изменения параметров линий передачи он имеет флуктуации по амплитуде, фазе/частоте (джиттер), поляризации.

Важным свойством цифрового сигнала, определившим его доминирование в современных системах связи, является его способность к полной регенерации вплоть до некоторого порогового отношения сигнал/шум, в то время как аналоговый сигнал удаётся лишь усилить вместе с наложившимися на него шумами. Здесь же кроется и недостаток цифрового сигнала: если цифровой сигнал утонет в шумах, восстановить его невозможно (эффект крутой скалы (англ.)), в то время как человек (не машина) может усвоить информацию из сильно зашумлённого сигнала на аналоговом радиоприёмнике, хотя и с трудом. Если сравнивать сотовую связь аналогового формата (AMPS, NMT) с цифровой связью (GSM, CDMA), то при помехах на цифровой линии из разговора выпадают порой целые слова, а на аналоговой можно вести разговор, хотя и с помехами. Выход из данной ситуации - почаще регенерировать цифровой сигнал, вставляя регенераторы в разрыв линии связи, или уменьшать длину линии связи (например, уменьшать расстояние от сотового телефона до базовой станции (БС), что достигается более частым расположением БС на местности).

Какие системы сигнализации существуют в абонентских линиях?

В ходе телекоммуникационного процесса объекты сети обмениваются между собой различной информацией, которая не является сообщением пользователя, и предшествует, сопровождает или следует за передачей сообщения пользователя. Это процесс сигнализации.

Виды сигнализации:

- внутриканальная;

- внутрислотовая;

- внеполосная;

- внеканальная;

- по выделенному каналу, связанному с информационным каналом;

- по общему каналу сигнализации.

Внеканальная сигнализация по общему каналу - это сигнализация по отдельному, выделенному каналу, который является общим для группы информационных каналов, причем каждый информационный канал в данной группе (пучке) равноправен по доступу и возможностям использования общего канала сигнализации.

В понятие абонентской сигнализации включены все сигналы, передаваемые между терминалом и АТС. Следовательно, все сигналы информирования абонентов являются составной частью абонентской

сигнализации. Отличительной особенностью абонентской сигнализации является то, что процесс этот в большей степени зависит и от и от поведения абонентов и носит случайный характер. Вызов станции; Отбой; Ответ абонента; Ответ станции; Вызов абонента и тд.

Какие существуют доступы к станции?

1) Доступ с частотным разделением каналов (МДЧР) - МДЧР является наиболее простым и распространенным методом, используемым как в аналоговых, так и цифровых ССС. При МДЧР каждая ЗС передает свои сигналы в отведенном ей участке полосы пропускания ретранслятора. Основной недостаток МДЧР - уменьшение пропускной способности по сравнению с односигнальным режимом, вызванное необходимостью снижения на 4...6 дБ мощности выходного усилителя ретранслятора из-за появления интермодуляционных помех. Кроме того, необходимо обеспечить высокую стабильность частоты и мощности сигнала, излучаемого каждой ЗС.

2) Доступ с временным разделением (МДВР) – Метод МДВР нашел применение в связи с реализацией цифровых методов передачи. При этом методе каждой ЗС для излучения сигналов выделяется определенный, периодически повторяемый временной интервал. Интервалы излучения всех станций взаимно синхронизованы, в силу чего перекрытие их не происходит. В каждый момент времени через ретранслятор проходит сигнал только одной станции и отсутствует нелинейное взаимодействие сигналов разных ЗС в усилителе ретранслятора.

3) Доступ с кодовым разделением (МДКР) – Метод кодового разделения основан на одновременной передаче в полосе частот ретранслятора сигналов нескольких станций, модулированных информационным сигналом и кодовым сигналом - длинной псевдошумовой последовательностью. На приеме информация выделяется путем умножения принятого сигнала на копию псевдошумовой последовательности. Надежное разделение достигается благодаря ортогональности кодовых сигналов отдельных ЗС.

Какие существуют методы построения цифровых коммутационных полей?

Коммутационное поле решает задачи соединения двух или нескольких источников между собой. На первых этапах внедрения телефонной техники эту роль играли электромеханические устройства на базе электромагнитных элементов. Эти базовые элементы определили названия для первых коммутационных систем:

- декадно-шаговая система Автоматических Телефонных Станций (АТС);
- координатная система АТС (АТС-К) или усовершенствованная АТС-К (АТС-КУ).

Однозвенное коммутационное поле:

Для наиболее простого типа коммутационного поля — полnodоступного коммутационного поля — характерно, что каждый источник, включенный в его вход, может быть соединен с источником, включенным в выход.

Такой тип коммутационного поля применялся в станциях очень малой емкости (до 50 номеров и меньше). Но в последнее время прогресс элементной базы расширяет возможности его применения.

Какие существуют устройства управляющие станции S-2?

Alcatel 1000 System 12 является полностью цифровой телефонной станцией с распределенным управлением и состоит из ряда аппаратных модулей, в которые загружаются программные модули, обеспечивающие конкретные задачи станции.

В станцию могут включаться:

- линии индивидуальных ТА абонентов (аналоговые или ЦСИО);
- линии удаленных ТА абонентов;
- местные и междугородние таксофоны с переполюсовкой.

Выносные концентраторы, зависящие от базовой станции ALCATEL 1000 S12:

- выносной подблок терминалов (RTSU) — до 1024 аналоговых абонентов или 512 абонентов ISDN;
- выносной абонентский блок ISDN (IRSU) — от 16 до 488 абонентов ISDN или от 32 до 976 аналоговых абонентов.

Какими цепями генерируются команды свободного поиска?

Группа проектировщиков отвечает за передачу всех методов индексирования, которые должны, по ее мнению, применяться в базе данных (например, использование для определенной задачи хеш-кластера или индексирования внешнего ключа с целью устранения проблем блокировки). Кроме того, группа проектировщиков полностью отвечает за задание ограничений. Индексы и ограничения по ключам очень тесно связаны, и ограничения по ключам так же важны для целостности базы данных, как индексы — для производительности. Без ограничений по ключам может быть нарушена логическая структура данных.

В правильно спроектированной базе данных каждая таблица должна иметь первичный ключ, который служит для уникальной идентификации любой ее строки. В одних таблицах естественного кандидата на эту роль нет, поэтому для этой цели специально вводится новый столбец — суррогатный ключ. В других таблицах есть несколько возможных ключей (или ключей-кандидатов), из которых приходится выбирать один. Для всех возможных первичных ключей должно быть установлено ограничение UNIQUE, обеспечивающее их

уникальность в пределах таблицы. Таблица, играющая в отношении роль дочерней, для каждой связи имеет внешний ключ, соответствующий значению первичного ключа в родительской записи.

Какова информационная скорость ИКМ тракта?

По двум кабельным парам передаются сигналы 120 каналов 14 методом импульсно-кодовой модуляции с временным разделением каналов и скоростью передачи 8448 кбит/с с помощью посимвольного объединения. Аппаратура позволяет выполнять синхронное и асинхронное объединение (и разделение на приеме) четырех первичных цифровых потоков, передаваемых со скоростью 2048 кбит/с, во вторичный цифровой поток 8448 кбит/с.

Скорость передачи информации в линейном тракте, кбит/с ... $8448 (1 \pm 2) \cdot 10^{-5}$.

Какое предназначение коммутатора доступа DSN?

Сетевой коммутатор (жарг. свич от англ. switch — переключатель) — устройство, предназначенное для соединения нескольких узлов компьютерной сети в пределах одного или нескольких сегментов сети. Коммутатор работает на канальном (втором) уровне модели OSI. Коммутаторы были разработаны с использованием мостовых технологий и часто рассматриваются как много портовые мосты. Для соединения нескольких сетей на основе сетевого уровня служат маршрутизаторы (3 уровень OSI).

В отличие от концентратора (1 уровень OSI), который распространяет трафик от одного подключённого устройства ко всем остальным, коммутатор передаёт данные только непосредственно получателю (исключение составляет широкоэмитательный трафик всем узлам сети и трафик для устройств, для которых неизвестен исходящий порт коммутатора). Это повышает производительность и безопасность сети, избавляя остальные сегменты сети от необходимости (и возможности) обрабатывать данные, которые им не предназначались.

Какой уровень определяет ЗМТР?

Уровень 3 МТР определяет уровень сети сигнализации соответствующей нижней части сетевого уровня модели OSI и содержит функции и процедуры управления передачей информации между различными пунктами в сети сигнализации, которые являются общими для всех звеньев сигнализации и в тоже время не зависят от их функционирования в отдельности. Функции сети сигнализации делятся на две категории:

- Обработка сигнальных сообщений;
- Управление сетью сигнализации.

Какой является системой ОКС-7?

Система общеканальной сигнализации № 7 - это универсальная многофункциональная система межстанционной сигнализации, ориентированная на поддержку практически всех уже известных, а также будущих услуг связи. Система применяется на всех типах цифровых сетей – телефонных сетях общего пользования PSTN (Public Switched Telephone Network), цифровых сетях с интеграцией служб ISDN (Integrated Services Digital Network), подвижных сетях PLMN (Public Land Mobile Network). Она является базовой сетью сигнализации для сети сотовой подвижной связи стандарта GSM (Global System for Mobile communications) и при реализации концепции интеллектуальной сети IN (Intelligent Network).

КПВ-С какой частотой послышки вызова концентрируется сигнал контроля?

"Контроль послышки вызова" - информирует вызывающего абонента о свободности вызываемого абонента и послышке ему вызывного сигнала, желательно посылать синхронно с сигналом послышки вызова. Прерывистый синусоидальный сигнал частотой 425 +/- 3 Гц: импульс 1,0 +/- 0,1 с, пауза 4,0 +/- 0,4 с. Номинальный уровень в точке с нулевым относительным уровнем минус 10 дБ, допустимые изменения уровня от минус 15 дБ до минус 5 дБ,

Модуль FMM – в чем суть?

шум частотной модуляции мерцания (Flicker Frequency Modulation noise)

Невозможно модулировать шум с использованием сигнала шума, псевдослучайную двоичную последовательность с использованием сигнала двоичной псевдослучайной последовательности или сигнал произвольной формы с использованием сигнала произвольной формы.

Форма несущей при амплитудной или частотной модуляции: синусоидальная (по умолчанию), прямоугольная, пилообразная, импульсная, треугольная, шум, сигнал псевдослучайной двоичной последовательности или произвольная. В качестве сигнала несущей нельзя использовать сигнал постоянного тока.

Основные параметры цифрового сигнала?

Цифровой сигнал — сигнал данных, у которого каждый из представляющих параметров описывается функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений.

Сигналы представляют собой дискретные электрические или световые импульсы. Узкополосные системы (baseband) передают данные в виде цифрового сигнала одной частоты.

Дискретный цифровой сигнал сложнее передавать на большие расстояния, чем аналоговый сигнал. Использование в цифровых системах алгоритмов проверки и восстановления цифровой информации позволяет существенно увеличить надёжность передачи информации.

Из-за шумов и изменения параметров линий передачи он имеет флуктуации по амплитуде, фазе/частоте (джиттер), поляризации.

Важным свойством цифрового сигнала, определившим его доминирование в современных системах связи, является его способность к полной регенерации вплоть до некоторого порогового отношения сигнал/шум, в то время как аналоговый сигнал удаётся лишь усилить вместе с наложившимися на него шумами. Здесь же кроется и недостаток цифрового сигнала: если цифровой сигнал утопает в шумах, восстановить его невозможно (эффект крутой скалы (англ.)), в то время как человек (не машина) может усвоить информацию из сильно зашумлённого сигнала на аналоговом радиоприёмнике, хотя и с трудом. Если сравнивать сотовую связь аналогового формата (AMPS, NMT) с цифровой связью (GSM, CDMA), то при помехах на цифровой линии из разговора выпадают порой целые слова, а на аналоговой можно вести разговор, хотя и с помехами. Выход из данной ситуации - почаще регенерировать цифровой сигнал, вставляя регенераторы в разрыв линии связи, или уменьшать длину линии связи (например, уменьшать расстояние от сотового телефона до базовой станции (БС), что достигается более частым расположением БС на местности).

По каким каналам передается синхронность кадра?

Каналы передачи сигналов управления используются только в направлении с базовой станции на все мобильные станции. Они несут информацию, которая необходима мобильным станциям для работы в системе.

FCCN (Frequency Correction Channel) - канал подстройки частоты, который используется для синхронизации несущей в мобильной станции. По этому каналу передается немодулированная несущая с фиксированным частотным сдвигом относительно номинального значения частоты канала связи.

SCH (Synchronization Channel) - канал синхронизации, по которому передается информация на мобильную станцию о кадровой (временной) синхронизации.

По какой программе работает станция S-12?

К аналогичной идее инженерная мысль вернется при разработке полностью распределенного программного управления в цифровых АТС типов S12.

ПО Alcatel 1000 S12 включает прикладные программы, операционную систему и данные в виде базы данных. Alcatel 1000 S12 имеет полностью распределенную архитектуру с реально распределенной обработкой. Это достигается путем использования в центре системы DSN, окруженного независимыми модулями с микропроцессорным управлением. Соединения через DSN используются как для информации пользователей, так и для служебного обмена между модулями. Микропроцессоры загружены программами, которые известны как FMM и SSM. Они обеспечивают каждый модуль средствами для функционирования в соответствии с его назначением, которые включают обработчики сообщений обмена с другими модулями через DSN и средства доступа к операционной системе и системе управления базой данных.

Расшифровать обозначение ОКС

ОКС - общий канал сигнализации или Common Channel Signaling. ОКС-7 предоставляет универсальную структуру для организации сигнализации, сообщений, сетевого взаимодействия и технического обслуживания телефонной сети. Начиная с установки соединения, протокол работает для обмена пользовательской информацией, маршрутизации звонков, взаимодействия с [биллингом](#) и поддержки [интеллектуальных услуг](#).

Система сигнализации № 7, или ОКС-7 (общий канал сигнализации № 7, англ. Common Channel Signaling) — набор сигнальных телефонных протоколов, используемых для настройки большинства телефонных станций (PSTN и PLMN) по всему миру.

Расшифровать смысл системного адреса 1057

1-номер порта DSE, в который включен системный модуль.

0-номер порта 1GS, в который включен TSU AS.

5-определяет включение DSE 1GS в порты DSE 2 GS.

7-номер порта DSE 3 GS, в который включен DSE 2GS.

С какой скоростью ОКС-7 работает под цифровым каналом?

Стандартизованная на международном уровне система общеканальной сигнализации 7 (ОКС7) предназначена для обмена сигнальной информацией в цифровых сетях связи с цифровыми программно-управляемыми станциями. Она работает по цифровым каналам со скоростью 64 кбит/с., управляя установлением соединений, передавая информацию для технического обслуживания и эксплуатации и может быть использована для передачи других видов информации между станциями и специализированными центрами сетей электросвязи.

Сколько входящих портов имеет коммутатор доступа?

Коммутатор Доступа

Узел КД является оконечным устройством сети доступа оператора и предназначен для подключения клиентов к сети. В качестве КД предлагается использовать специализированный коммутатор с поддержкой инкапсуляции Ethernet пакетов клиентов в Ethernet пакеты операторской сети.

Для реализации кольцевых структур КД может быть укомплектован двумя магистральными портами Gigabit Ethernet. Клиенты могут подключаться к портам КД с использованием электрических интерфейсов 10/100/1000Base-T, а также оптических интерфейсов Gigabit Ethernet.

С целью устранения неконтролируемого взаимодействия между сетями корпоративных клиентов КД обеспечивает блокировку коммутации между портами подключения различных корпоративных клиентов.

Количество портов может быть от 1 до 48.

Сколько входящих портов имеет цифровой коммутатор 1-го звена?

Условие работы схемы без блокировок можно получить, исходя прежде всего из того, что соединение через трехзвенную коммутационную схему требует наличия коммутатора центрального звена, который имел бы свободную линию, связывающую его с соответствующим коммутатором первого звена, и свободную линию, связывающую его с соответствующим коммутатором третьего звена. Поскольку отдельные коммутаторы сами по себе являются неблокирующимися, то требуемый соединительный путь может быть установлен во всех случаях, когда будет найден коммутатор центрального звена с соответствующими свободными линиями. Отправным моментом при доказательстве этого положения является следующее обстоятельство: так как каждый коммутатор первого звена имеет p входов, то лишь $(p-1)$ из них могут быть заняты, если свободен вход, по которому поступает требование на установление соединения. Если k больше, чем $p-1$, то самое большее $(p-1)$ линия из линий, ведущих к коммутаторам центрального звена, может быть занята. Аналогично самое большее $(p-1)$ линия из линий, ведущих к коммутатору третьего звена, может быть занята, если свободен выход, с которым требуется установить соединение. Самый тяжелый случай с точки зрения возникновения блокировки (как показано на рис. 5.7) соответствует ситуации, при которой заняты все $(p-1)$ линии, ведущие от коммутатора первого звена к некоторому множеству коммутаторов центрального звена, а также все $(p-1)$ линии, ведущие от некоторого другого множества коммутаторов центрального звена к требуемому коммутатору третьего звена. Таким образом, оба указанных множества коммутаторов центрального звена оказываются недоступными для установления требуемого соединения. Однако, если имеется еще хотя бы один коммутатор центрального звена, то соответствующие входная и выходная линии будут обязательно свободны и, следовательно, этот коммутатор центрального звена может быть использован для установления данного соединения. Таким образом, если $k = (p-1) + (p-1) + 1 = 2p - 1$, то коммутационная схема является строго неблокирующейся. Подставляя это значение k в уравнение (5.1), получаем, что общее число точек коммутации в строго неблокирующейся трехзвенной коммутационной схеме

$$N_x = 2N(p-1) + (2p-1)(N/p)^2. \quad (5.2)$$

Сколько входящих портов имеет цифровой коммутатор 3-го звена?

Условие работы схемы без блокировок можно получить, исходя прежде всего из того, что соединение через трехзвенную коммутационную схему требует наличия коммутатора центрального звена, который имел бы свободную линию, связывающую его с соответствующим коммутатором первого звена, и свободную линию, связывающую его с соответствующим коммутатором третьего звена. Поскольку отдельные коммутаторы сами по себе являются неблокирующимися, то требуемый соединительный путь может быть установлен во всех случаях, когда будет найден коммутатор центрального звена с соответствующими свободными линиями. Отправным моментом при доказательстве этого положения является следующее обстоятельство: так как каждый коммутатор первого звена имеет p входов, то лишь $(p-1)$ из них могут быть заняты, если свободен вход, по которому поступает требование на установление соединения. Если k больше, чем $p-1$, то самое большее $(p-1)$ линия из линий, ведущих к коммутаторам центрального звена, может быть занята. Аналогично самое большее $(p-1)$ линия из линий, ведущих к коммутатору третьего звена, может быть занята, если свободен выход, с которым требуется установить соединение. Самый тяжелый случай с точки зрения возникновения блокировки (как показано на рис. 5.7) соответствует ситуации, при которой заняты все $(p-1)$ линии, ведущие от коммутатора первого звена к некоторому множеству коммутаторов центрального звена, а также все $(p-1)$ линии, ведущие от некоторого другого множества коммутаторов центрального звена к требуемому коммутатору третьего звена. Таким образом, оба указанных множества коммутаторов центрального звена оказываются недоступными для установления требуемого соединения. Однако, если имеется еще хотя бы один коммутатор центрального звена, то соответствующие входная и выходная линии будут обязательно свободны и, следовательно, этот коммутатор центрального звена может быть использован для установления

данного соединения. Таким образом, если $k = (n-1) + (n-1) + 1 = 2n - 1$, то коммутационная схема является строго неблокирующей. Подставляя это значение k в уравнение (5.1), получаем, что общее число точек коммутации в строго неблокирующей трехзвенной коммутационной схеме $N_k = 2N(n-1) + (2n-1)(N/n)^2$. (5.2)

Сколько информационных каналов в ИКМ?

ИКМ-30/32 (стандарт ITU-T G.703) 30 информационных и 2 служебных канала

Аппаратура ИКМ-30 предназначена для получения пучков соединительных линий между ГАТС, ГАТС и АМТС путем уплотнения 30-ю телефонными каналами пар низкочастотных кабелей типа Т и ТПП при одно и 2-кабельном вариантах работы.

Аппаратура может также использоваться в качестве каналообразующей для цифровых систем передачи более высоких порядков (ИКМ-120, ИКМ-480, ИКМ-1920 и др.)

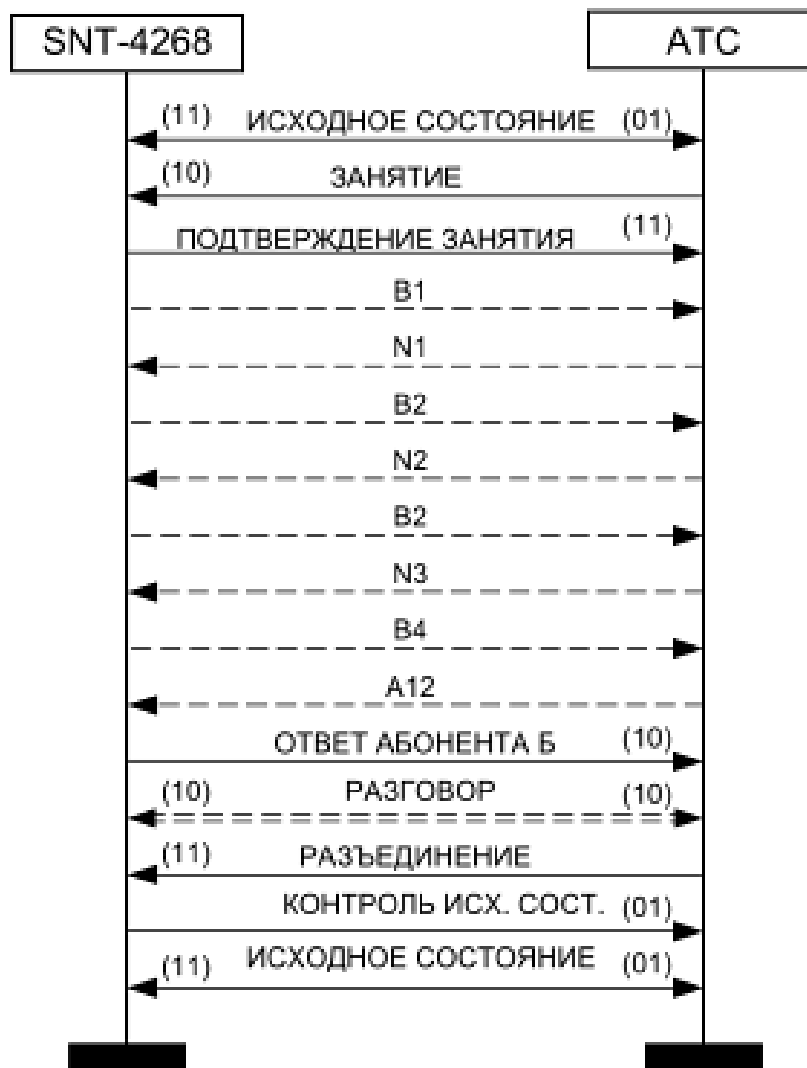
Сколько информационных каналов в ИКМ-тракте?

ИКМ-30/32 (стандарт ITU-T G.703) 30 информационных и 2 служебных канала

Аппаратура ИКМ-30 предназначена для получения пучков соединительных линий между ГАТС, ГАТС и АМТС путем уплотнения 30-ю телефонными каналами пар низкочастотных кабелей типа Т и ТПП при одно и 2-кабельном вариантах работы.

Аппаратура может также использоваться в качестве каналообразующей для цифровых систем передачи более высоких порядков (ИКМ-120, ИКМ-480, ИКМ-1920 и др.)

Сколько сервисных цепей участвуют в процессе образования соединительного пути двух абонентов при местном вызове?



Управляющие устройства станции S-2?

Alcatel 1000 System 12 является полностью цифровой телефонной станцией с распределенным управлением и состоит из ряда аппаратных модулей, в которые загружаются программные модули, обеспечивающие конкретные задачи станции.

В станцию могут включаться:

- линии индивидуальных ТА абонентов (аналоговые или ЦСИО);
- линии удаленных ТА абонентов;
- местные и междугородние таксофоны с переполюсовкой.

Выносные концентраторы, зависящие от базовой станции ALCATEL 1000 S12:

- выносной подблок терминалов (RTSU) — до 1024 аналоговых абонентов или 512 абонентов ISDN;
- выносной абонентский блок ISDN (IRSU) — от 16 до 488 абонентов ISDN или от 32 до 976 аналоговых абонентов.

Чему равна тактовая частота дискретизации?

Частота дискретизации сигнала в АЦП не кратна тактовой частоте сигнала и в оцифрованном файле может быть больше чем один сигнал (до 300).

Непрерывно меняющийся сигнал с ограниченной спектральной полосой подвергается оцифровке (то есть значения сигнала измеряются через интервал времени T — период дискретизации) и исходный сигнал может быть точно восстановлен из дискретных во времени значений путём интерполяции. Точность восстановления ограничена ошибкой квантования. Однако в соответствии с теоремой Котельникова — Шеннона точное восстановление возможно только если частота дискретизации выше, чем удвоенная максимальная частота в спектре сигнала.

Чему равна цифровая скорость основного канала ОЦС (DSO)?

ОЦС - окончание цифрового синхронного канала для организации основного цифрового канала со скоростью передачи 64 кбит/сек (ОЦК-64) в режиме противонаправленного и сонаправленного стыка.

Чтобы передать 8 бит с частотой 8000 Гц нужна скорость $8000 \times 8 = 64000$ бит/с — это будет Основной цифровой канал (ОЦК). 32 таких канала образуют поток E1.

Чему равна частота дискретизации по теореме Котельникова?

Частота дискретизации (или частота сэмпирования) - частота, с которой происходит оцифровка, хранение, обработка или конвертация сигнала из аналога в цифру. Частота дискретизации, согласно Теореме Котельникова, ограничивает максимальную частоту оцифрованного сигнала до половины своей величины.

Чем выше частота дискретизации, тем более качественной будет оцифровка. Как следует из теоремы Котельникова для того чтобы однозначно восстановить исходный сигнал, частота дискретизации должна превышать наибольшую необходимую частоту сигнала в два раза.

Чему равна частота импульсов при импульсной сигнализации АЛ?

Система сигнализации "Импульсный челнок" (МЧК "2 из 6", R1.5) применяется для передачи сигналов управления внутри полосы разговорного спектра. Данный тип сигнализации может использоваться на соединительных линиях городской телефонной сети (СЛ), заказно-соединительных линиях (ЗСЛ), а также на соединительных линиях междугородных (СЛМ). "Импульсный челнок" относится к управляющему (регистрационному) типу сигнализации, которая предназначена для обмена адресной информацией и другими сигналами управления между управляющими устройствами коммутируемой телефонной сети в процессе установления соединения. Для передачи управляющих сигналов используется 6 частот, которые находятся в полосе пропускания канала тональной частоты (ТЧ). Значения частот приведены в Табл. 1. Каждый сигнал представляет собой импульс из 2-х частот. Длительность двухчастотной посылки 40:60 мс, уровень сигнала в точке стыка с СЛ -7,3 дБм. Обеспечивается проверка принимаемого сигнала на четность - пропадание одной из частот или появление третьей фиксируется как ошибка с обязательным запросом повторить переданный сигнал.

Таблица 1. Перечень частот сигнализации "Импульсный челнок"

Обозначение	F0	F1	F2	F4	F7	F11
Частота (Гц)	700	900	1100	1300	1500	1700

Чему равно сопротивление изоляции абонентской линии?

Электрическое сопротивление изоляции между каждой жилой и остальными жилами, соединенными с заземленным экраном, пересчитанное на 1 км длины на постоянном токе, М Ом, не менее 1000.

Сопротивление изоляции между проводами и между любым проводом абонентской линии и землей должно быть не менее 20,0 Мом.

Сопротивление постоянному току шлейфа абонентской линии должно быть не более 1000 Ом.

Что входит в функцию демультиплексирования?

Мультиплексирование — образование из нескольких отдельных потоков общего агрегированного потока, который передается по одному физическому каналу связи. Другими словами, мультиплексирование — это способ разделения одного имеющегося физического канала между несколькими одновременно протекающими сеансами связи между абонентами сети.

Технология мультиплексирования должна позволять получателю такого суммарного потока выполнять обратную операцию — разделение (демультиплексирование) данных на слагаемые потоки.

Демультиплексирование — разделение суммарного агрегированного потока на несколько составляющих его потоков.

Что входит в функцию мультиплексирования?

Благодаря технологиям мультиплексирования одна и та же линия связи может передавать, например, несколько телефонных разговоров одновременно.

Принцип действия мультиплексора прост: поступающие по нескольким входящим низкоскоростным линиям сигналы передаются в отведенном для каждого из них частотном диапазоне или интервале времени по высокоскоростной исходящей линии. На противоположном конце высокоскоростной линии эти сигналы вычлняются, или демультиплексируются.

В соответствии со способом уплотнения технологии мультиплексирования можно разделить на две основные категории: мультиплексирование с разделением по частоте (Frequency Division Multiplexing, FDM) и мультиплексирование с разделением по времени (Time Division Multiplexing, TDM). При частотном мультиплексировании частотный спектр делится на логические каналы, причем каждый пользователь получает этот канал в свое распоряжение на время разговора. При временном мультиплексировании пользователям периодически выделяется вся полоса, но только на краткий период времени.

Что значит FXS?

FXS (foreign exchange station) — телефонный сигнальный интерфейс, в традиционных аналоговых телефонных сетях со стороны станции. Пример FXS-интерфейса — телефонный кабель, приходящий с АТС. FXS-порт генерирует тональный сигнал и напряжение сигнала вызова (звонка).

Шлюз FXS используется для подключения одной или более традиционных аналоговых мини-АТС к VOIP мини-АТС или провайдеру. Шлюз FXS необходим для соединения портов FXO (которые обычно соединяются с телефонной компанией) с Интернетом или VOIP мини-АТС.

Адаптер FXS используется для соединения аналогового телефона или факса с VOIP мини-АТС или провайдером VOIP услуг. Это необходимо для подключения порта FXO на телефонном/факс-аппарате к адаптеру.

Интерфейс FXS должен подключаться к интерфейсу с FXO. Устройство, которое подключается к FXS-интерфейсу, содержит FXO-интерфейс. Если соединить два устройства с FXO-интерфейсами между собой (например, два аналоговых телефона), то соединение работать не будет. Точно так же соединение работать не будет, если соединить два устройства с FXS-интерфейсами.

Что значит E&M?

стандарт аналоговой телефонной сигнализации. Существует две его разновидности (двухпроводная и четырехпроводная) и пять типов. Количество проводников, используемое для соединения, колеблется от четырех до шести.

Интерфейс E&M (Ear&Mouth или Earth&Magnet) используется для передачи аналоговых сигналов между городской и учрежденческой АТС или например маршрутизатором Cisco оснащённым модулем VIC2-2E/M. Существует две его разновидности (2-проводная и 4-проводная) и 5 типов этого интерфейса. Количество проводов, используемое для соединения колеблется от четырёх до шести.

Что значит FXO?

FXO (Foreign eXchange Office) — аналоговый интерфейс абонентских устройств телефонных станций. Устройства с таким интерфейсом подключаются к интерфейсу FXS. Так те же самые факсовые аппараты, телефоны, модемы реализуют интерфейс FXO. Существует такое простое правило — если есть провод, соединяющий два аналоговых устройства телефонии, то с одной стороны этого провода должен быть FXS (АТС), а с другой — FXO (телефон). Таким образом, шлюзы с интерфейсом FXO подключаются вместо телефона. С их помощью можно организовать связь с ТФОП или предоставить доступ к IP-телефонии, используя «внутренние» (более дешевые) линии мини-АТС. Так как шлюзы FXO фактически «эмулирует телефон», зачастую для них бывает необходима настройка «отбоя». Для того чтобы шлюз «клял трубку», нужно научить его понимать сигнал «занято» той мини-АТС, к которой он подключен.

Что значит INAP?

INAP (англ. Intelligent Network Application Part) — Прикладная Часть Интеллектуальной сети, часть Общеканальной Системы Сигнализации № 7. Она обычно базируется на ресурсах подсистемы средств транзакций (TCAP) и предназначена для передачи сообщений интеллектуальной сети (IN).

Сетевые функции IN могут быть реализованы в различных элементах сети:

Функции коммутации услуг (SSF) - сосредоточены в узле коммутации услуг (SSP)

Функции управления услугами (SCF) - в узле управления услугами (SCP)

Функции данных для услуг (SDF) - в узле данных для услуг (SDP)

Так как все функции IN могут быть разделены между собой как логически, так и физически, их взаимодействие осуществляется по специальному протоколу системы ОКС-7 - INAP.

При использовании INAP в качестве интерфейса между географически разделенными функциональным блоком управления услугами SCF и функциональным блоком базы данных для услуг SDF протокол INAP использует прикладную подсистему средств транзакций TCAP, которая, в свою очередь, использует услуги подсистемы управления сигнальными соединениями (SCCP), не ориентированные на соединение, и услуги подсистемы переноса сообщений (MTP).

Что значит NSP?

Network Service Part

NSP – это объединение двух уровней - MTP SCCP

NSP обеспечивает адресацию и маршрутизацию сообщений и сервис управления для других частей 4 уровня. Стек протоколов ОКС-7 отталкивается от [модели OSI](#) и имеет только четыре уровня. Уровни совпадают с уровнями OSI 1 (физический), 2 (канальный) и 3 (сетевой). Уровень 4 ОКС-7 соответствует уровню 7 OSI. Уровни называются [MTP](#).

MTP описывает транспортные протоколы, включая сетевые интерфейсы, обмен данными, обработка сообщений и маршрутизация их на верхний уровень. SCCP — это подуровень из других протоколов 4 уровня, и вместе с MTP 3 может быть назван Network Service Part (NSP). NSP обеспечивает адресацию и маршрутизацию сообщений и сервис управления для других частей 4 уровня.

Что значит TUP?

Telephone User Part (TUP) - протокол, который описывает предоставление услуг традиционной телефонии в сети ОКС-7. TUP относится к 4 уровню стека протоколов ОКС-7 и, как таковой, не предусматривает возможностей ISDN. В настоящее время TUP в значительной степени был заменен протоколом ISUP. Тем не менее, он все еще используется в некоторых частях мира (например, в Китае).

Подсистема Пользователя Телефонии (TUP)

TUP — это система сигнализации точка-точка для обслуживания вызовов. В некоторых странах (например, в Китае, Бразилии), TUP используется, для поддержания и отказа от основной установки вызова. TUP применяется только в аналоговых цепях. Во многих странах ISUP заменила TUP при управлении вызовами.

Что обеспечивает сетевой уровень модели ВОС?

Сетевой уровень (англ. network layer) модели предназначен для определения пути передачи данных. Отвечает за трансляцию логических адресов и имён в физические, определение кратчайших маршрутов, коммутацию и маршрутизацию, отслеживание неполадок и «заторов» в сети.

Протоколы сетевого уровня маршрутизируют данные от источника к получателю. Работающие на этом уровне устройства (маршрутизаторы) условно называют устройствами третьего уровня (по номеру уровня в модели OSI).

Протоколы сетевого уровня: IP/IPv4/IPv6 (Internet Protocol), IPX (Internetwork Packet Exchange, протокол межсетевого обмена), X.25 (частично этот протокол реализован на уровне 2), CLNP (сетевой протокол без организации соединений), IPsec (Internet Protocol Security). Протоколы маршрутизации — RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First).

Что обозначает DSE?

Dialogue Service Elements- сервисный элемент диалога, который относится к протоколу дополнительных услуг на уровне приложений модели OSI.

Мультиплексоры «голос - данные» предназначены для совмещения в рамках одной территориальной сети компьютерного и голосового трафиков. Так как рассматриваемая глобальная сеть передает данные в виде пакетов, то мультиплексоры «голос - данные», работающие на сети данного типа, упаковывают голосовую информацию в кадры или пакеты территориальной сети и передают их ближайшему коммутатору точно так же, как и любой конечный узел глобальной сети, то есть мост или маршрутизатор.

Что обозначает DSN?

Имя источника данных (DSN) - это логическое имя, которое используется ODBC (Open Database Connectivity), чтобы обращаться к диску и другой информации, необходимой для доступа к данным. Это имя используется службами IIS для подключения к источнику данных ODBC, например к базе данных Microsoft SQL Server. Установить это имя можно при помощи средства ODBC в панели управления.

При использовании элемента имени источника данных ODBC для хранения на внешнем носителе значений строк подключения упростите информацию, которая требуется в строке подключения. При этом изменения,

сделанные в источнике данных, полностью прозрачны для кода. В этой статье объясняется, как создать системное имя источника данных в операционной системе Windows XP.

Что обозначает FMM?

Частотная модуляция (ЧМ, FM ([англ.](#) Frequency modulation)) — вид аналоговой [модуляции](#), при котором информационный сигнал управляет [частотой несущего колебания](#). По сравнению с [амплитудной модуляцией](#) здесь [амплитуда](#) остаётся постоянной.

Частотная модуляция применяется для высококачественной передачи [звукового \(низкочастотного\)](#) сигнала в радиовещании (в диапазоне [УКВ](#)), для звукового сопровождения телевизионных программ, передачи сигналов цветности в телевизионном стандарте [SECAM](#), [видеозаписи](#) на магнитную ленту, музыкальных [синтезаторах](#).

Высокое качество кодирования аудиосигнала обусловлено тем, что в радиовещании при ЧМ применяется большая (по сравнению с шириной [спектра](#) сигнала АМ) [девиация](#) несущего сигнала, а в приёмной аппаратуре используют ограничитель амплитуды радиосигнала для устранения импульсных помех. Такая модуляция называется широкополосной ЧМ. В радиосвязи применяется узкополосная ЧМ с небольшой девиацией частоты несущей.

Что обозначает Message Transfer Part?

Подсистема переноса сообщений, часть Общекаанальной Системы Сигнализации № 7. МТР отвечает за гарантированную доставку сообщений в сети ОКС7.

Подсистема МТР формирует и предоставляет услуги переноса сигнальной информации в виде сигнальных сообщений от пункта-отправителя через сеть ОКС к пункту-адресату. Пользователи услуг МТР — это вышестоящие подсистемы, которые, в свою очередь, предоставляют свои услуги либо подсистемам, расположенным выше, либо непосредственно пользователям системы ОКС7, которыми являются разнообразные прикладные процессы узлов сети связи.

При этом, от подсистемы МТР требуется:

Обеспечить перенос сообщений без потерь

Обеспечить перенос сообщений без искажения содержания

Обеспечить перенос сообщений без нарушения последовательности передачи

Обеспечить перенос без дублирования сообщений

Что обозначает N в аббревиатуре каналов 3N/2?

N - количество абонентов.

Современные системы Dolby Digital предоставляют шесть каналов объёмного цифрового звука. Левый, центральный и правый фронтальные каналы позволяют определить позицию источника звука на экране. Отдельные «разделённые» левый и правый задние боковые каналы усиливают ощущение присутствия, создавая объём. А дополнительный низкочастотный канал добавляет накал действию на экране.

Что обозначает NA?

Системный Адрес (NA – Network Address). Каждый СЕ имеет Системный Адрес (NA – Network Address) который определяет точку подключения СЕ в DSN. Системный Адрес имеет 16 разрядов в двоичном коде или 4 символа в шестнадцатеричном коде, представленном в виде ZYXW

Что обозначает SSM?

Режим системного управления ([англ.](#) System Management Mode, SMM) — режим исполнения на [процессорах x86/x86-64](#), при котором приостанавливается исполнение другого кода (включая [операционные системы](#) и [гипервизор](#)), и запускается специальная [программа](#), хранящаяся в [SMRAM](#) в наиболее привилегированном режиме.

Технология SMM была впервые реализована в микропроцессоре [Intel 386 SL](#). Изначально SMM работал только на специальных процессорах (SL), но в [1992 году](#) была внедрена в [80486](#) и [Intel Pentium](#). [AMD](#) реализовала технологию в Enhanced [Am486 \(1994\)](#). Все более современные x86/x86-64 процессоры поддерживают её.

Что обозначает TLSI?

TLS ([англ.](#) Transport Layer Security) — безопасность транспортного уровня, как и его предшественник SSL ([англ.](#) Secure Sockets Layer — уровень защищённых сокетов) — [криптографические](#) протоколы, обеспечивающие защищённую передачу данных между узлами в сети [Интернет^{\[1\]}](#). TLS и SSL используют [асимметричную криптографию](#) для аутентификации, [симметричное шифрование](#) для конфиденциальности и [коды аутентичности сообщений](#) для сохранения целостности сообщений.

Данный протокол широко используется в приложениях, работающих с сетью [Интернет](#), таких как [веб-браузеры](#), [работа с электронной почтой](#), [обмен мгновенными сообщениями](#) и [IP-телефония \(VoIP\)](#)

TLS-протокол основан на спецификации протокола [SSL](#) версии 3.0, разработанной компанией [Netscape Communications](#)^[2]. Сейчас развитием стандарта TLS занимается [IETF](#). Последнее обновление протокола было в [RFC 5246](#) (Август 2008) и [RFC 6176](#) (Март 2011).

Что обозначает ZYXW?

Каждый терминальный и системный модуль в DNS имеет свой уникальный идентификационный 13-битовый адрес ZYXW, иначе называемый сетевым адресом. Сетевой адрес указывает на место включения модуля в DNS и используется при выборе соединительного тракта. Сетевые адреса показывают взаимосвязи отдельных элементов цифрового коммутационного поля.

Координата W определяет номер (адрес) порта DSE AS, в который включен терминальный (порты 0-7) или системный (порты 12-15) модуль. Для записи координаты W требуется 4 бита.

Координата X определяет меньший (0 - 3) номер порта 1GS, в который включен TSU AS. Меньший номер порта указывается потому, что каждый TSU включен в 1GS в два порта: X и X+4. Номер большего порта вычисляется как X+4. Кроме того, координата X указывает на номер TSU AS. Для записи координаты X требуется 2 бита.

Координата Y определяет включение DSE 1GS в порты DSE 2GS. Эта координата связывает номер секции AS, номер DSE 1GS и номер порта DSE 2GS. Координата Y может принимать значения 0-7, для записи которых требуется 3 бита.

Координата Z определяет номер порта (0 - 15) DSE 3GS, в который включен DSE 2GS. Кроме того, эта координата указывает на номер секции 1,2GS. Для записи координаты Z требуется 4 бита.

Что обозначает аббревиатура в системе DSN?

DSN— цифровое коммутационное поле (ЦКП), состоит из нескольких ступеней искания (звеньев) и плоскостей. Максимальный вариант комплектации предусматривает наличие четырех пространственно-временных звеньев и четырех плоскостей. Выбор комплектации поля зависит от емкости станции и величины нагрузки: нагрузка влияет на число плоскостей, а емкость — на число звеньев. Коммутационное поле выполняет команды процессоров для установления соединения между абонентскими и соединительными линиями, для передачи речи и данных, и для передачи сообщений между процессорами.

Что обозначает аббревиатура МКС10*20*3?

МКС — система единиц измерения, в которой основными единицами являются единица длины метр, единица массы килограмм и единица времени секунда. МКС вошла в качестве составной части в Международную систему единиц (СИ) и в настоящее время самостоятельного значения не имеет[1].

В СССР МКС использовалась в качестве преимущественной для механических величин в соответствии с ГОСТом 7664—55 «Механические единицы», позже заменённым ГОСТом 7664—61. Применялась также в акустике в качестве основной системы в соответствии с ГОСТом 8849—58 «Акустические единицы».

Развитием системы МКС стали системы МКСА и МКСК.

Что обозначает ACE?

дополнительный элемент управления (ACE) обеспечивает дополнительную вычислительную мощность для выполнения ряда функций (например, анализ префикса, централизованное хранение данных, выбор тракта и т.д.). Любой модуль может использовать централизованно хранимое ПО. Часто, в зависимости от нагрузки, ACE используются в режиме разделения нагрузки. Когда ACE выходит из строя, в запасной ACE загружается корректное ПО;

Что обозначает плата MCL(A)?

Файлы MCL имеют Файлы настроек, который преимущественно ассоциирован с Windows Media Center Application Link (Microsoft Corporation).

Файлы MCL также ассоциированы с Macro Command Language, MultiEdit Macro Library, Multimedia Manager Collection File, MUSHclient World Information File, MCell Cellular Automaton Ffile (Mirek Wojtowicz (Mirosław Wójtowicz)), VectorWorks Template (Nemetschek) и FileViewPro.

Иные типы файлов также могут использовать расширение файла MCL. Если вам известны любые другие форматы файлов, использующие расширение файла MCL, [свяжитесь с нами](#), чтобы мы смогли соответствующим образом обновить нашу информацию.

Что обозначает понятие сверхцикл?

Поток Е1 (2048 Кбит/с) — это первичный канал плезиохронной цифровой иерархии (PDH). Базовыми характеристиками его физического уровня являются алгоритм кодирования сигнала и форма импульса. В литературе, как правило, указывают два алгоритма кодирования — AMI (Alternate Mark Inversion) и HDB3 (High Density Bipolar 3), на практике же в подавляющем большинстве случаев используется последний. Нарушения линейного кодирования вызывают появление так называемых кодовых ошибок, однако этот параметр является второстепенным. Кодовая ошибка не всегда приводит к битовой, а именно частота битовых ошибок (bit error rate — BER) и есть важнейшая характеристика систем цифровой передачи. Помимо

определения алгоритма кодирования, некоторые тестеры (см. таблицу) наглядно покажут вам, соответствует ли реальная форма импульса той маске, что определена в рекомендации МСЭ-Т G.703.

Структура потока E1 определяется на канальном уровне. Как известно, этот поток формируется путем временного мультиплексирования 32 каналов 64 Кбит/с. При этом так называемый цикл (frame) E1 образуется из 32 восьмибитовых тайм-слотов, номеруемых от 0 до 31. Нулевой тайм-слот применяется для служебных целей: передачи сигнала цикловой синхронизации (FAS — Frame Alignment Signal) или сигнала NFAS (Not contain Frame Alignment Signal), сообщений об ошибках и аварийных сигналов (рис. 1). Если при этом все остальные тайм-слоты отводятся под пользовательскую информацию, то такую структуру потока называют цикловой (FAS) или ИКМ-31. Системы ИКМ-31 используются для передачи данных, а также в некоторых приложениях ISDN.

Если помимо нулевого тайм-слота под служебные цели отводится и 16-й — в нем передаются сигналы внутриканальной телефонной сигнализации (A, B, C, D) и сверхцикловой синхронизации (MFAS — MultiFrame Alignment Signal), — то такая структура называется сверхцикловой (MFAS) или ИКМ-30. 16 циклов составляют сверхцикл, в течение которого передается сигнализация для всех 30 разговорных каналов (рис. 2). Системы ИКМ-30 применяются в классических телефонных сетях.

Кроме ИКМ-30 и ИКМ-31 существует еще один тип потока E1, который характеризуется отсутствием вообще какой бы то ни было структуры, т. е. разделения на каналы. Неструктурированный поток E1, как правило, используют в сетях передачи данных.

Что обозначает TCE?

Transcoding Equipment - оборудование транскодера. Для каждого канала трафика TCE адаптирует различные скорости передачи, используемые на радиостороне при сеансах передачи речи и данных, к стандартизированной скорости передачи 64 кбит/с на сетевой стороне системы. Кроме того, TCE приводит в соответствие друг с другом различные алгоритмы кодировки речи, используемые в фиксированной части системы и на радиоинтерфейсе.

Что обозначают устройства регистры, маркеры?

При установлении соединения в координатных системах АТС регистр направляет в маркеры информацию о номере вызванного абонента, а маркер посылает в регистр управляющие сигналы.

Передача информации в пределах станции может осуществляться многопроводным способом по специальным проводам между регистрами и маркерами или по проводам разговорного тракта. Последний способ является более простым и может быть использован также при межстанционной связи для передачи информации из абонентского регистра непосредственно в маркеры встречной станции без применения входящих регистров. В отечественных координатных системах, например АТСК и К-100/2000, используется именно этот способ установления соединения.

Информация из регистра может выдаваться сразу обо всех знаках номера — «пакетом» либо осуществляться по системе «челнока». В последнем случае информация о каждом знаке выдается регистром только по команде из маркера.

Что означает «шлейф» линии?

Понятие "шлейф" в проводной связи сильно отличается от такого же слова используемого в радиотехнике. В описаниях электронных схем шлейф это плоский кабель или гибкая лента с проводниками. В общении связистов понятие шлейф, как правило, обозначает последовательное сопротивление двух жил пары кабеля или кабельных участков. Вероятно упрощено от официального "Электрическое сопротивление шлейфа жил (проводников)" → ОСТ 45.01-98

Что означает аббревиатура QoS?

Этим термином в области компьютерных сетей называют вероятность того, что сеть связи соответствует заданному соглашению о трафике, или же, в ряде случаев, неформальное обозначение вероятности прохождения пакета между двумя точками сети.

Для большинства случаев качество связи определяется четырьмя параметрами:

Полоса пропускания (Bandwidth), описывает номинальную пропускную способность среды передачи информации, определяет ширину канала. Измеряется в bit/s (bps), kbit/s (Kbps), Mbit/s (Mbps), Gbit/s (Gbps).

Задержка при передаче пакета (Delay), измеряется в миллисекундах.

Колебания (дрожание) задержки при передаче пакетов — джиттер.

Потеря пакетов (Packet loss). Определяет количество пакетов, потерянных в сети во время передачи.

Что означает ИКМ преобразование?

Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ, англ. Pulse Code Modulation, PCM) используется для оцифровки аналоговых сигналов. Практически все виды аналоговых данных (видео, голос, музыка, данные телеметрии, виртуальные миры) допускают применение ИКМ.

Модуляция

Чтобы получить на входе канала связи (передающий конец) ИКМ-сигнал из аналогового, мгновенное значение аналогового сигнала измеряется аналого-цифровым преобразователем (АЦП) через равные промежутки времени. Количество оцифрованных значений в секунду (или скорость оцифровки, частота дискретизации) должно быть не ниже 2-кратной максимальной частоты в спектре аналогового сигнала (по теореме Котельникова). Мгновенное измеренное значение аналогового сигнала округляется до ближайшего уровня из множества заранее определённых значений. Этот процесс называется квантованием. Количество уровней всегда берётся кратным степени двойки, например, $2^3 = 8$, $2^4 = 16$, $2^5 = 32$, $2^6 = 64$ и т. д. Номер уровня может быть соответственно представлен 3, 4, 5, 6 и т. д. битами. Таким образом, на выходе модулятора получается набор битов (0 и 1).

Обычно процесс ИКМ выполняется одной интегральной схемой, называемой аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Демодуляция

На приёмном конце канала связи демодулятор преобразует последовательность битов в импульсы собственным генератором с тем же уровнем квантования, который использовал модулятор. Далее эти импульсы используются для восстановления аналогового сигнала в ЦАП. В состав ЦАП входят декодирующее устройство, которое производит преобразования полученных кодовых комбинаций в квантованную последовательность отсчётов, а также сглаживающий фильтр, который восстанавливает переданный аналоговый сигнал по квантованным значениям

Что означает понятие SoftSwitch?

гибкий программный коммутатор, один из основных элементов сети связи следующего поколения NGN.

Softswitch — это устройство управления сетью NGN, призванное разделить функции управления соединениями от функций коммутации, способное обслуживать большое число абонентов и взаимодействовать с серверами приложений, поддерживая открытые стандарты.

SoftSwitch является носителем интеллектуальных возможностей IP-сети, он координирует управление обслуживанием вызовов, сигнализацию и функции, обеспечивающие установление соединения через одну или несколько сетей.

Что означает понятие терминал?

В системах связи терминал — оконечное устройство для приёма и передачи данных.

Терминал (англ. terminal — «конечный») — конечная часть некой системы, которая обеспечивает связь системы с внешней средой.

Компьютерный терминал — устройство ввода-вывода, рабочее место на многопользовательских ЭВМ, монитор с клавиатурой. См. также: консоль, терминальный сервер, тонкий клиент, эмулятор терминала, telnet. В системах связи терминал — оконечное устройство для приёма и передачи данных[1].

В мобильных сетях терминал — абонентский телефон (в противовес коммутационному оборудованию сети).

Что означает системный адрес?

компьютерная распределённая система для получения информации о доменах. Чаще всего используется для получения IP-адреса по имени хоста (компьютера или устройства), получения информации о маршрутизации почты, обслуживающих узлах для протоколов в домене (SRV-запись).

Распределённая база данных DNS поддерживается с помощью иерархии DNS-серверов, взаимодействующих по определённому протоколу.

Основой DNS является представление об иерархической структуре доменного имени и зонах. Каждый сервер, отвечающий за имя, может делегировать ответственность за дальнейшую часть домена другому серверу (с административной точки зрения — другой организации или человеку), что позволяет возложить ответственность за актуальность информации на серверы различных организаций (людей), отвечающих только за «свою» часть доменного имени.

Что означает фрейм?

Кадр (frame) - в модели OSI - блок данных, передаваемый на канальном уровне. Кадры создаются и используются на канальном уровне. На физическом уровне кадры преобразуются в последовательность сигналов и передаются через канал. Формат кадра зависит от сетевой топологии.

Направляемые по каналу кадры подразделяются:

- на информационные кадры, которые переносят данные; и

- управляющие кадры, обеспечивают передачу информации, связанной с управлением сетью.

Preamble — последовательность бит, по сути, не являющаяся частью ETH заголовка определяющая начало Ethernet фрейма.

DA (Destination Address) – MAC адрес назначения, может быть юникастом, мультикастом, бродкастом.

SA (Source Address) – MAC адрес отправителя. Всегда юникаст.

E-TYPE (EtherType) – Идентифицирует L3 протокол (к примеру 0x0800 – IPv4, 0x86DD – IPv6, 0x8100-указывает что фрейм тегирован заголовком 802.1q, и т.д. Список всех EtherType — standards.ieee.org/develop/regauth/ethertype/eth.txt)

Payload – L3 пакет размером от 46 до 1500 байт

FCS (Frame Check Sequences) – 4 байтное значение CRC используемое для выявления ошибок передачи. Вычисляется отправляющей стороной, и помещается в поле FCS. Принимающая сторона вычисляет данное значение самостоятельно и сравнивает с полученным.

Данный формат был создан в сотрудничестве 3-х компаний – DEC, Intel и Xerox. В связи с этим, стандарт также носит название DIX Ethernet standard. Данная версия стандарта была опубликована в 1982г (первая версия, Ethernet I – в 1980г. Различия в версиях небольшие, формат в целом остался неизменным). В 1997г. году данный стандарт был добавлен IEEE к стандарту 802.3, и на данный момент, подавляющее большинство пакетов в Ethernet сетях инкапсулированы согласно этого стандарта.

Что определяет 2МТР уровень?

Уровень МТР2 содержит функции формирования сигнального звена между двумя смежными сигнальными точками сети ОКС7. Он реализует весь набор процедур по передаче сигнальных сообщений по данному звену. Функции второго уровня определяют структуру информации в сигнальном звене, и процедуры обнаружения и исправления ошибок.

Уровень звена сигнализации (МТР2) вместе со звеном передачи данных образуют *звено сигнализации*, задача которого обеспечить достоверную передачу сигнальных сообщений между двумя смежными пунктами сигнализации. При этом функции уровня звена сигнализации превращают потенциально нестабильный физический канал сигнализации в надежный и контролируемый логический.

Уровень звена сигнализации выполняет следующие функции:

- Инициализация звена сигнализации;
- Определение границ сигнальных единиц и их первичное кодирование/декодирование;
- Управление потоком;
- Индикация перегрузок для МТР3;
- Обработка отказа управляющего процессора;
- Обнаружение ошибок;
- Коррекция ошибок;
- Мониторинг ошибок

Что определяет DTMF?

Dual Tone Multi-Frequency (DTMF) сигналы (также известный как тон вызова) используется для набора телефонных номеров по телефонным линиям. Эти сигналы рекомендованных для кнопочных телефонов, международных телеграфов и телефонов консультативного комитета. Имейте в виду, что DTMF сигналы, генерируемые телефонной кнопочной клавиатурой отличаются от много-частотных (MF) тонов произведённых телефонной сетью при передаче информации. Вы также можете использовать генератор DTMF для генерации MF тонов.

Что определяет IMP уровень?

IMP ([англ.](#) Interface Message Processor) — специализированный мини-компьютер, использовавшийся в создании подсети [ARPANET](#). Эти компьютеры соединялись линиями связи, передающими информацию со скоростью 56 Кбит/с. Для повышения надежности каждый IMP должен был как минимум с двумя другими IMP. Подсеть должна была быть дейтаграммной, чтобы в случае если какие-либо линии и IMP разрушатся, сообщения могли бы автоматически выбрать альтернативный путь.

Что определяет точка отражения?

Любое изменение в однородной структуре приводит к изменению в индуктивности и/или ёмкости, а также в проводимости изоляции G в этой точке и следовательно к изменению в импедансе Z. Эта точка отражения с изменением в характеристическом импедансе отражает часть входящего импульса обратно. Если отражена только часть импульса, то остающийся сигнал движется к следующей точке отражения и возвращается к прибору. Часть отраженного импульсного напряжения определяется как коэффициент отражения Γ и выражена в процентах. Используются следующие переменные:

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

Γ - коэффициент отражения

R_f - сопротивления повреждения

Z - характеристический импеданс кабеля

То есть, в случае параллельных неоднородностей, отраженный импульс изменяет свою полярность.

Что относится к информационным сигналам?

Таким образом, информационным сигналом может быть любой физический процесс, параметры которого способны изменяться в зависимости от передаваемой информации. Этот процесс изменения параметров носителя принято называть модуляцией, а сами параметры информационными. В отличие от сообщения, прием сигнала после его генерации не является обязательным.

При прохождении сигнала по физической среде на него воздействуют различные дестабилизирующие факторы, в результате чего возникают шумы и помехи самой различной природы. При регистрации сигнала основной задачей является выделение из общего сигнала полезной составляющей и максимальное подавление шумов и помех.

Что относится к линейным сигналам?

К линейным сигналам относятся сигналы ответа станции, контроля посылки вызова абоненту и занятость соединительных линий или самого абонента. Обычно эти сигналы передаются переменным током частотой 450 Гц и отличаются друг от друга продолжительностью посылок и интервалов между ними. Сигналы, передаваемые абонентам или телефонистке для информации о процессе установления соединения или отбоя, являются акустическими.

Что относится к сигналам управления?

К сигналам управления относятся электрические сигналы, передаваемые между управляющими устройствами узлов и станций в процессе установления соединения, как в прямом, так и в обратном направлении. Состав сигналов управления должен соответствовать рекомендациям ЕАСС в части систем сигнализации на внутризоновой и междугородной сетях.

Сигналы управления должны передаваться многочастотным самопроверяющим кодом "2 из 6"

Сигналы управления должны передаваться:

на междугородной сети методом "импульсный пакет";

на внутризоновой сети:

- а) по заказно-соединительным линиям для передачи информации о категории и номере вызывающего абонента от АТС с АОН методом "безынтервальный пакет" (сменно-качественный код);
- б) по заказно-соединительным линиям для передачи информации о номере вызываемого абонента и категории и номере вызывающего абонента от АТС с промрегістром и с АОН методом "импульсный пакет";
- в) по соединительным линиям для передачи номерной информации методом "импульсный челнок".

Кроме того, сигналы управления на внутризоновой сети могут передаваться декадным способом.

Что относится к функциям звена сигнализации?

Уровень звена сигнализации (МТР2) вместе со звеном передачи данных образуют звено сигнализации, задача которого обеспечить достоверную передачу сигнальных сообщений между двумя смежными пунктами сигнализации. При этом функции уровня звена сигнализации превращают потенциально нестабильный физический канал сигнализации в надежный и контролируемый логический.

Уровень звена сигнализации выполняет следующие функции:

- Инициализация звена сигнализации;
- Определение границ сигнальных единиц и их первичное кодирование/декодирование;
- Управление потоком;
- Индикация перегрузок для МТР3;
- Обработка отказа управляющего процессора;
- Обнаружение ошибок;
- Коррекция ошибок;
- Мониторинг ошибок.

Что относится к цифровой коммутации?

Различаются два принципа электронной (цифровой) коммутации: временная и пространственная. Цифровая коммутация указывает на то, что коммутируются потоки с импульсно-кодовой или другой, но цифровой, модуляцией. На ранних стадиях разработки электронных АТС использовалась коммутация сигналов с амплитудно-импульсной модуляцией. Но она не получила распространения из-за недостатков, связанных с чувствительностью к искажениям и помехам.

Что передает система ОКС -7?

Для обмена информацией между функциональными элементами на интерфейсах А, В, С, D, E, F, G принята система общеканальной сигнализации №7 (ОКС-7 или SS7).

ОКС-7 является специализированной сетью передачи данных с коммутацией пакетов переменной длины (до 274 байтов). Пакеты называют сигнальными единицами.

В системе использован принцип передачи управляющей информации по общему каналу сигнализации, отсюда ее сокращенное название по-русски - ОКС7. В первом случае (CAS) сигнальная информация передается либо непосредственно по разговорному каналу (внутриканальная сигнализация) либо по каналу, физически привязанному к нему. Во втором случае (CCS) сигнализация полностью отделена от разговорного тракта, и передача сигнальной информации осуществляется по специально выделенному высокоскоростному каналу, общему для пучка разговорных каналов.

Что содержит структура любого модуля станции S-12?

Терминальный элемент управления (ТСЕ), обеспечивает логику управления и память для терминальных комплектов, имеется в каждом модуле и использует идентичное оборудование. Дополнительная мощность процессоров предоставляется дополнительными элементами модуля предоставляющими интерфейс и управление (АСЕ). Модули (АСЕ) этого типа необходимы для дополнительной поддержки ПО. Цифровое коммутационное поле (ДСН) представляет собой совокупность идентичных коммутационных элементов, каждый из которых содержит логику и память, необходимые для управления полем.

Что является сигнальной единицей?

Сигнальная единица

1. Сообщение, передаваемое по общему каналу сигнализации телефонной сети, характеризующееся определенным размером и структурой, и имеющее признаки начала и конца

Базовыми элементами звена сигнализации являются сигнальные единицы СЕ (Signal Unit) – блоки данных переменной длины в которых передаются любые другие сообщения ОКС7. Используется три типа сигнальных единиц:

- Значащие сигнальные единицы MSU (Message signal unit) – содержат данные подсистем пользователей или управляющую информацию МТР3;
- Сигнальные единицы состояния звена LSSU (Link status signal unit) – содержат управляющую информацию уровня звена сигнализации;
- Заполняющие сигнальные единицы FISU (Fill-in signal unit) – генерируются звеном сигнализации, когда нет других сигнальных сообщений. FISU предназначены для контроля за работоспособностью звена сигнализации, так что дефектные звенья могут быть быстро обнаружены и отключены, если сетевой трафик не очень большой.

ТПЭВ

1) Векторы электромагнитного поля

Электромагнитное поле представляет собой совокупность переменных во времени взаимосвязанных и влияющих друг на друга электрического и магнитного полей. Электромагнитное поле проявляется в виде силы, действующей на электрические заряды. Электрическое поле оказывает силовое воздействие как на неподвижные, так и на движущиеся заряды. Математической моделью электрического поля в вакууме служит $F(r) = qE(r)$. В системе СИ – В/м. Для описания электрического поля в материальной среде, требуется ввести еще вектор электрической индукции D ($D = \epsilon E$) D измеряется в кулонах на Кл/м², а диэлектрическая проницаемость – в Ф/м. Величина ϵ_0 определена экспериментально и равна $\epsilon_0 = 10^{-9}/36\pi$ Ф/м = 8,842*10⁻¹² Ф/м.

Магнитное поле взаимодействует только с движущимися зарядами. В вакууме магнитное поле описывается вектором магнитной индукции B , который определяется по силе Лоренца F_L , действующей на заряд q , движущийся со скоростью V ; $F_L = qE + q(V, B)$

Вектор магнитной индукции B измеряется в Вб/м². Для описания магнитного поля в материальной среде дополнительно вводится вектор H , который называется напряженностью магнитного поля. В вакууме векторы B и H связаны соотношением $B = \mu H$ где μ – магнитная постоянная (магнитная проницаемость) вакуума.

Вектор H имеет размерность - А/м, а величина – генри на метр Гн/м. Численное значение $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (в минус 7) Гн/м.

2) Виды световодов и конструкция световодов Изобретение когерентных лазерных источников света положило начало разработкам оптических линий связи, где переносчиком сообщений являются световые волны. Простейший световод - это диэлектрический волновод. Представляет собой тонкое волокно цилиндрической формы, состоит из сердечника с показателем преломления $n_2 = \sqrt{\epsilon_2}$ оболочки с показателем преломления $n_1 = \sqrt{\epsilon_1}$ и внешнего покрытия. По сердечнику передается электромагнитная энергия в виде световой волны. Оболочка предназначена для создания лучших условий отражения на границе сердечник - оболочка и уменьшения излучения энергии в окружающее пространство.

В зависимости от характера изменения n различают два типа световодов: • *ступенчатые* которые имеют постоянное по радиусу значение показателя преломления • *градиентные*, в которых показатель преломления плавно изменяется от центра к краю сердечника. В световоде могут существовать три вида. Это достигается

при выполнении условий полного внутреннего отражения на границе раздела двух сред: 1) переход лучей осуществляется из среды с большей оптической плотностью в среду с меньшей плотностью, то есть $n_1 > n_2$ 2) угол падения φ_n больше некоторого угла полного внутреннего отражения θ_{BO} , определяемого из соотношения: $\sin \theta_{BO} = n_2 / n_1$.

3) Волноводы сложной формы

Сложная форма поперечного сечения существенно усложняет граничные условия. Более того, сечение профилирующей щели может меняться по ширине головки в соответствии с профилем изделия. Для сложных форм поперечных сечений радиус кривизны нейтрального слоя может быть определен приближенно путем замены интегрирования по численным суммированием. В руслах со сложной формой поперечного сечения при неравномерном движении распределение скоростей нередко отклоняется от обычного. Зависимость деформации E . Для полости со сложной формой поперечного сечения за d следует принимать диаметр круга равновеликого по площади наибольшему поперечному сечению. Указанное ограничение вызвано тем, что по мере дальнейшего уменьшения толщины дна резко растет деформирующая сила. Распространение электромагнитных волн в волноводах сложной формы поперечного сечения, содержащих поперечно намагниченную ферритовую пластину. Исследования поведения магнитных волн в волноведущих структурах со сложной формой поперечного сечения показали, что в таких структурах также возможно выделение отдельных магнитных волн и даже целых групп собственных волн магнитного типа, имеющих нужную зависимость поперечного собственного числа от относительных размеров сечения. Полученные формулы для определения z громоздки, особенно в случае сложной формы поперечного сечения и двойного армирования. Это объясняется неравномерным распределением номинальных напряжений, характером нагружения и сложной формой поперечного сечения рельса. Задачи моделирования круговых колец встречаются при исследовании частот колебаний вращающихся кольцевых рам со сложной формой поперечных сечений, применяемых в энергомашиностроении и приборостроении.

4) Волны в диэлектриках и проводниках

Волны в диэлектриках

В диэлектриках $\tan \delta \ll 1$, поэтому можно приближенно положить $\sqrt{1 + \tan^2 \delta} = 1 + 0,5 \tan^2 \delta$. Применяя дважды это

$$\beta \approx \omega \sqrt{\epsilon \mu} \left(1 + \frac{1}{8} \tan^2 \delta \right).$$

приближенное равенство к выражению получаем

$$\alpha^* = \frac{\omega}{2} \sqrt{\epsilon \mu} \tan \delta = \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}.$$

Из полученных результатов следует, что параметры волны (распространяющейся в реальном диэлектрике, мало отличаются от ее параметров в среде без потерь с теми же ϵ и μ . **Волны в проводниках**

В проводниках (например, в металлах) $\tan \delta \gg 1$. Поэтому в выражениях для α и β можно пренебречь единицей по сравнению с $\tan \delta$. В результате получим

$$\alpha = \beta = \sqrt{\mu \sigma \omega / 2} = \sqrt{\pi f \mu \sigma}.$$

$$v_\Phi = v_s = \sqrt{\frac{2\omega}{\mu \sigma}} = 2 \sqrt{\frac{\pi f}{\mu \sigma}}.$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} = \frac{2\sqrt{\pi}}{\sqrt{f \mu \sigma}}.$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{\mu \omega}{\sigma}} e^{i\pi/4} = (1+i) \sqrt{\frac{\mu \omega}{2\sigma}}.$$

5) Волны в коаксиальной линии

В коаксиальных линиях возможно существование волн T , E и H .

Поперечными, или волнами типа T , называются волны, у которых в направлении распространения энергии отсутствуют составляющие векторов E и H , то есть эти векторы лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения энергии.

Электрическими, или волнами типа E , называются волны, у которых вектор E имеет и поперечные и продольную составляющие, а вектор H - только поперечные.

Магнитными, или волнами типа H , называются волны, у которых вектор H имеет и поперечные и продольную составляющие, а вектор E - только поперечные.

6) Волны в полосковой линии

Полосковая линия — [линия передачи СВЧ](#), представляет собой [радиоволновод](#) для передачи [электромагнитных волн](#) в воздушной или иной [диэлектрической](#) среде вдоль двух или нескольких [проводников](#), имеющих форму тонких полосок и пластин. К [полосковым линиям передачи](#) относятся несимметричная и симметричная полосковые линии, щелевая и копланарная линии. Они применяются в диапазонах дециметровых, сантиметровых и длинноволновой части миллиметровых волн. Основной волной несимметричной и симметричной полосковых линий является T -волна. В щелевой и копланарной линиях основной является H -волна.

7. Второе уравнение Максвелла

Второе уравнение Максвелла представляет собой обобщение закона полного тока.

Количественной мерой магнитного действия переменного электрического поля является ток смещения.

Током смещения сквозь произвольную замкнутую поверхность S называется физическая величина, равная

$$I_{см} = \int_S \vec{j}_{см} d\vec{S} = \int_S \frac{d\vec{D}}{dt} d\vec{S} = \frac{d\Phi_e}{dt}$$
 где D –

поток вектора плотности тока смещения сквозь эту поверхность

вектор электрического смещения.

Токи смещения проходят по тем участкам цепи переменного тока, где отсутствуют проводники. В

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

диэлектрике вектор электрического смещения равен

где P – вектор поляризованности.

Второе уравнение Максвелла *в интегральной форме* имеет вид

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = I_{макро} + I_{см} \quad \oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \text{rot } \vec{H} d\vec{S}$$

По теореме Стокса

вследствие чего *в дифференциальном виде* второе уравнение Максвелла имеет вид

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j} + \frac{d\vec{D}}{dt}$$

Для областей поля, где нет макротоков

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt} \quad \text{rot } \vec{H} = \frac{d\vec{D}}{dt}$$

8. Входное сопротивление. Диаграмма направленности. Коэффициент направленного действия

Входное сопротивление. Определяется напряжением и током на входных клеммах антенны:

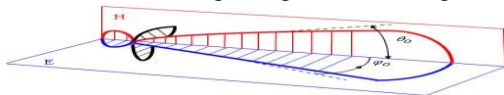
$$\dot{Z}_{ВХ} = \dot{U}_{ВХ} / \dot{I}_{ВХ} = R_{ВХ} + jX_{ВХ}.$$

Для создания в фидере режима бегущей волны необходимо, чтобы это сопротивление было чисто активным и равным волновому сопротивлению фидера. Направленность антенны. Это способность антенны излучать электромагнитные волны в определенных направлениях. Об этом свойстве антенны судят по характеристике направленности, показывающей зависимость интенсивности излучаемого антенной поля от направления на точку наблюдения – $F(\varphi, \theta)$ где углы φ и θ определяют точку наблюдения. Графическое представление этой характеристики называют диаграммой направленности (ДН) антенны. Пространственная ДН является



поверхностью объема и может иметь несколько максимумов.

Характеристики направленности антенн, излучающих линейно поляризованные волны, рассматривают практически в двух взаимно перпендикулярных сечениях, лежащих в плоскостях электрического E и магнитного H векторов, проходящих через максимум ДН



Излучаемая мощность – мощность электромагнитных волн, излучаемых антенной в свободное пространство,

эту мощность вычисляют через активное сопротивление излучения P_{Σ} : $P_{\Sigma} = I^2 R_{\Sigma}$,

Коэффициентом полезного действия антенны называют отношение излучаемой мощности P_{Σ} к подводимой

$$P_A: \quad \eta = P_{\Sigma} / P_A = R_{\Sigma} / (R_{\Sigma} + R_{пот}),$$

Рабочий диапазон антенны – это область частот (или длин волн), в пределах которого параметры антенны не выходят из заданных пределов. Диапазон антенны определяют относительно средней частоты или коэффициентом перекрытия диапазона

9. Геометрическая оптика — раздел оптики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах и принципы построения изображений при прохождении света в оптических системах без учёта его волновых свойств.

Краеугольным приближением геометрической оптики является понятие светового луча. В этом определении подразумевается, что направление потока лучистой энергии (ход светового луча) не зависит от поперечных размеров пучка света.

В силу того, что свет представляет собой волновое явление, имеет место интерференция, в результате которой ограниченный пучок света распространяется не в каком-то одном направлении, а имеет конечное угловое распределение т.е имеет место дифракция. Однако в тех случаях, когда характерные поперечные размеры

пучков света достаточно велики по сравнению с длиной волны, можно пренебречь расходимостью пучка света и считать, что он распространяется в одном единственном направлении: вдоль светового луча.

10. Геометрическая теория дифракции

Геометрическая теория дифракции рассматривается как наиболее эффективный метод асимптотического решения задач дифракции на телах сложной конфигурации. Метод предложен Кельверан и является обобщающим и развитием метода геометрической оптики. Геометрическая теория дифракции базируется на том предположении, что энергия распространяется вдоль лучей. Но в отличие от метода геометрической, помимо падающего, отраженного и преломляющего лучей вводят понятие дифрагированных лучей. В случае идеально проводящих тел дифрагированные лучи возникают при падении луча на ребро или острую вершину на поверхности тела, а так же при распространении луча по касательной к плавно изогнутой поверхности тела. Если падающий луч падает на ребро, то возникает система дифрагированных лучей.

Если падающий луч попадает на ребро, то возникает система дифрагированных лучей, образующих как бы поверхность конуса вращения с вершиной в точке соприкосновения падающего луча с ребром и осью, совпадающей с касательной к поверхности ребра в точке дифракции. В тех случаях, когда падающий луч перпендикулярен касательной к ребру, коническая поверхность разворачивается в плоскость.

Если падающий луч падает на острие вершины рассеивающего тела, то в этом случае дифрагированные лучи расходятся во все стороны как от точечного источника.

11) Граничные условия для электрического и магнитного поля

Граничные условия для электромагнитного поля — это условия, связывающие значения напряженностей и индукций магнитного и электрического полей по разные стороны от поверхностей, характеризующихся определенной поверхностной плотностью электрического заряда и/или электрического тока.

Приведенные ниже граничные условия следуют из теоремы Гаусса.

Для нормальных составляющих электрической индукции: $D_{2n} - D_{1n} = 4\pi\sigma$

Для тангенциальных (касательных) составляющих напряженности электрического поля:

$E_{2t} - E_{1t} = 0$ Для нормальных составляющих магнитной индукции: $B_{2n} - B_{1n} = 0$

Для тангенциальных (касательных) составляющих напряженности магнитного поля:

$$[nH_2] - [nH_1] = \frac{4\pi}{c}j$$

где j — это линейная плотность тока, n — нормаль к поверхности, а σ — поверхностная плотность заряда

12. Графическое изображение сред и потенциальные и вихревые поля

Векторные поля могут быть двух типов – потенциальные (безвихревые) и вихревые. Силовые линии потенциального поля всегда начинаются и кончаются на источниках, а силовые линии вихревого поля представляют собой замкнутые линии. Электростатическое поле является потенциальным, а переменное электрическое поле представляет собой совокупность потенциального поля электрических зарядов и вихревого поля индукции. Магнитное поле всегда вихревое, так как в природе отсутствуют магнитные заряды. Изменяющееся в некоторой области пространства магнитное поле порождает в той же области электрическое поле, напряженность которого пропорциональна скорости изменения напряженности магнитного поля (описывается вторым уравнением Максвелла). Это уравнение обобщает закон электромагнитной индукции. По теории Максвелла ЭДС (электродвижущая сила) будет индуцироваться не только в проводящем, но и в любом контуре, охватывающем некоторую поверхность, не содержащую каких-либо проводников. Изменяющееся во времени электрическое поле эквивалентно действию электрического тока, то есть магнитное поле может возникать за счет как тока проводимости, так и тока смещения (ток смещения возникает между пластинами конденсатора и представляет собой упорядоченное движение электрических зарядов). Математическая запись этого утверждения – это первое уравнение Максвелла – обобщенный закон полного тока.

13) Дифракция плоской волны на круговом цилиндре

Введем цилиндрическую систему координат r, φ, z , ось Z которой совпадает с осью цилиндра, а угол φ отсчитывается от оси X , противоположной направлению распространения волны.

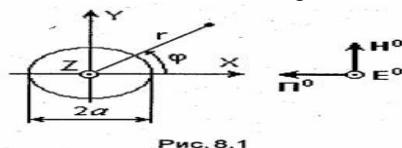


Рис. 8.1

При решении задачи можно ограничиться рассмотрением двух типов поляризации падающей волны относительно оси цилиндра:

а) вектор E^0 параллелен оси Z , б) вектор H^0 параллелен оси Z .

$$(E_m^0 = z_0 E_m^0(r, \varphi)):$$

Напряженность электрического поля падающей волны имеет только z -ю составляющую

Рассматриваемая задача является двумерной (отсутствует зависимость от переменной z), поэтому уравнение для напряженности вторичного электрического поля, которая также будет иметь лишь z -ю составляющую ($\vec{E}_t = z0 \vec{E}(r, \varphi)$), принимает вид

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \vec{E}}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial \varphi^2} + k^2 \vec{E} = 0; \quad r \geq a; \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi. \quad (8.3)$$

Функция E на поверхности S должна удовлетворять граничному условию которое в рассматриваемом случае принимает вид $\vec{E}(a, \varphi) = -E_0 \exp(ika \cos \varphi)$,

Для решения задачи применим метод Фурье. Представим функцию

$$\vec{E}(r, \varphi) = R(r) \Phi(\varphi).$$

$$\Phi(\varphi) = A \sin m\varphi + B \cos m\varphi,$$

Решение уравнения имеет вид

где A и B - произвольные постоянные, а также, постоянная $A = 0$ и $\Phi(\varphi) = B \cos m\varphi$. На

рисунке ($r \gg a, r \gg \lambda$) показана зависимость модуля комплексной амплитуды напряженности вторичного электрического поля E_t в дальней зоне в зависимости от угла φ при постоянном значении переменной r . Пунктирная кривая соответствует данным, рассчитанным на основе геометрической оптики. Как видно из графиков, в результате дифракции появляется вторичное поле с четко выраженным максимумом в направлении $\varphi = 180^\circ$.

Решение задачи в принципе пригодно для цилиндра любого радиуса. Однако при больших значениях параметра ka , т.е. если диаметр цилиндра велик по сравнению с длиной волны ($ka = 2\pi a/\lambda$), ряд сходится медленно и решение становится неудобным для анализа. Поэтому в случае $k \gg 1$ обычно стремятся получить более простые (но достаточно точные для практических целей) асимптотические формулы.

Изложенный строгий метод решения задачи дифракции называют методом Фурье. Однако такое решение удастся получить лишь для тел простейшей конфигурации (например, круговой и эллиптический цилиндры, полуплоскость, клин, бесконечно протяженная бесконечно тонкая полоса конечной ширины, сфера, круговой конус, эллипсоид вращения, бесконечно тонкий диск и др.)

14. Закон Ома в дифференциальной форме

Соппротивление R зависит как от материала, по которому течёт ток, так и от геометрических размеров проводника. Полезно переписать закон Ома в так называемой дифференциальной форме, в которой зависимость от геометрических размеров исчезает, и тогда закон Ома описывает исключительно электропроводящие свойства материала. Для изотропных материалов имеем: $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ где \vec{j} - вектор плотности тока, σ — удельная проводимость, \vec{E} — вектор напряжённости электрического поля.

Все величины, входящие в это уравнение, являются функциями координат и, в общем случае, времени. Если материал анизотропен, то направления векторов плотности тока и напряжённости могут не совпадать. В этом случае удельная проводимость является тензором ранга 2. Раздел физики, изучающий течение электрического тока в различных средах, называется электродинамикой сплошных сред.

15) Классификация сред

Наиболее простой средой с точки зрения эффектов, сопровождающих распространение электромагнитных волн, является вакуум. Вакуум представляет собой единственную среду распространения электромагнитных волн, в которой нет дисперсии и потерь, а скорость распространения электромагнитных волн не зависит от частоты. Волновое число k определяет пространственную периодичность (длину волны) электромагнитной волны частоты ω в направлении своего распространения: $k = 2\pi/\lambda = \omega/c$

В диэлектриках, не являющихся проводниками электричества, при постоянных электрических и магнитных полях проводимостью можно пренебречь. При малых частотах электромагнитного поля значение диэлектрической и магнитной проницаемости можно считать не зависящими от частоты и равными статическим значениям, имеющим место для постоянных полей. В этом случае пространственная и временная периодичности электромагнитной волны имеют качественно такой же характер связи, как и в вакууме. Количественное отличие касается зависимости величины фазовой скорости распространения волны от оптической плотности среды $n = \sqrt{\epsilon\mu}$ в результате которой длина волны λ_{φ} электромагнитной волны в среде оказывается в n раз меньше волны λ в вакууме: $\lambda_{\varphi} = \lambda/n$

Для **неферромагнитных материалов** их электродинамические свойства определяются исключительно проводимостью вещества. Как показывает опыт, проводимость металлов во всем диапазоне электромагнитных волн радиочастотного диапазона вплоть до миллиметровых волн сохраняет своё значение, имеющее место для статических полей (при постоянном токе). В оптическом диапазоне, начиная с инфракрасного диапазона, электродинамические свойства имеют более сложный характер в зависимости от частоты электромагнитных волн.

Специальные магнитные материалы - **ферриты**, приготовленные на основе порошковой технологии из ферромагнетиков, сохраняют большие значения магнитной проницаемости, характерные для обычных ферромагнетиков для статических полей, и для радиочастот, вплоть до сверхвысокочастотного диапазона электромагнитных волн.

Интересными электродинамическими особенностями обладает **плазма**. Для не слишком интенсивных электромагнитных полей в первом приближении плазму можно считать средой с магнитной проницаемостью $\mu = 1$ и диэлектрической проницаемостью $\epsilon_c(\omega)$ которая может быть вычисляемой по формуле: $\epsilon_c(\omega) = 1 - (\omega/\omega_p)^2$

16.Классификация направляемых волн. Общая теория волн Т,Е,Н и HE типов.

В волноводе могут существовать различные типы волн, отличающиеся структурой силовых линий, эти типы волн называются *модами* волновода. Для нахождения выражений, описывающих векторы поля E и H в волноводе, необходимо решить систему уравнений Максвелла с учетом геометрии конструкции. Полученная конкретная структура поля указывается индексами m и n , то есть волны обозначаются как H_{mn} , E_{mn} , HE_{mn} , EH_{mn} . Число m равно числу полуволн изменения интенсивности поля, укладываемых вдоль широкой стенки волновода a , число n - числу полуволн изменения интенсивности поля, укладываемых вдоль узкой стенки волновода b . Для круглого волновода индекс m характеризует число волн поля по периметру, а n - полуволн по диаметру.

Распространение электромагнитных волн в волноводах. Одно-волновой режим работы волновода будет существовать в том случае, если рабочая длина волны будет меньше критической длины волны для основного типа и больше критических волн для всех других типов волн. Волновое сопротивление волновода зависит от длины волны, типа волн, материала заполнения волновода. Для волны типа H : $Z_B^H = Z_B / \sqrt{1 - (\lambda/\lambda_{KP})^2}$. Для волны типа E : $Z_B^E = Z_B \sqrt{1 - (\lambda/\lambda_{KP})^2}$.

распространяются под некоторым углом к оси, многократно отражаясь от противоположных стенок. Для каждого типа волны существует единственный угол падения θ , под которым волна должна падать на стенку,

чтобы распространяться по волноводу. Для волны H_{10} : $\cos \theta = \lambda/2a$.

Из этой формулы следует, что с увеличением длины волны угол падения уменьшается, энергия передается за счет лучей, падающих на стенки волновода более отвесно

17.Классификация электромагнитных явлений

Приведенная система постулатов и теорем описывает электромагнитное поле и указывает на единство рассматриваемых электромагнитных явлений. В частном случае, когда в рассматриваемой области пространства отсутствуют токи, а векторы D и B не зависят от времени

$\left[\frac{\partial}{\partial t} = 0 \text{ и } \delta = 0 \right]$, система уравнений распадается на две независимые системы:

а) электростатического поля

$$\oint_l \mathbf{E} d\mathbf{l} = 0; \quad \oint_S \mathbf{D} d\mathbf{S} = q; \quad \mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E},$$

б) магнитостатического поля

$$\oint_l \mathbf{H} d\mathbf{l} = 0; \quad \oint_S \mathbf{B} d\mathbf{S} = 0; \quad \mathbf{B} = \mu \mathbf{H}.$$

Таким образом, электрические и магнитные явления при указанных условиях взаимно независимы.

При наличии постоянного тока и неизменности во времени векторов

\mathbf{D} и \mathbf{B} $\left(\frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} = 0 \text{ и } \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0 \right)$ необходимо учитывать существование полей

как в пространстве, окружающем проводник с током, так и в самом проводнике. При этом рассматривают:

а) электрическое поле в диэлектрике, окружающем проводник с током, которое с учетом того, что $\frac{\partial}{\partial t} = 0$ и $\delta = 0$, описывается уравнениями:

$$\oint_l \mathbf{E} d\mathbf{l} = 0; \quad \oint_S \mathbf{D} d\mathbf{S} = 0; \quad \mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E};$$

б) электрическое поле в проводнике, которое с учетом того, что все величины постоянны, описывается уравнениями:

$$\oint_l \mathbf{E} d\mathbf{l} = 0; \quad \oint_S \delta d\mathbf{S} = 0; \quad \delta = \gamma \mathbf{E};$$

в) магнитное поле, которое образуется в проводнике и окружающем его пространстве при прохождении тока по проводнику и описывается уравнениями:

$$\oint_l \mathbf{H} d\mathbf{l} = i; \quad \oint_S \mathbf{B} d\mathbf{S} = 0; \quad \mathbf{B} = \mu \mathbf{H}.$$

Следующим шагом является переход к квазистационарным, то есть медленно меняющимся, явлениям. По своему строению квазистационарные поля близки к статическим. При этом следует учесть, что в проводящей среде можно пренебречь током электрического смещения по сравнению с током проводимости и уравнение (1.2) записать в виде

$$\oint_l \mathbf{H} d\mathbf{l} = i_{\text{пр}}.$$

В диэлектрике (скажем, в конденсаторе), наоборот, необходимо учитывать только ток электрического смещения и уравнение (1.2) запишется как

$$\oint_l \mathbf{H} d\mathbf{l} = \frac{\partial}{\partial t} \int_S \mathbf{D} d\mathbf{S}.$$

18) Круглый волновод

§ 14.4. Фазовая скорость, длина волны в волноводе, критическая длина волны. Волны основных типов в круглом волноводе

Для круглого волновода справедливы выведенные ранее выражения (13.60), (13.61), (13.63).

Общим для критической длины волны является выражение (12.43). В случае волн электрического типа $g = g_{mn} = \eta_{mn}/r_0$ и критическая длина волны

$$\lambda_{\text{кр}}(E_{mn}) = \frac{2\pi r_0}{\eta_{mn}} = \frac{6,28 \cdot r_0}{\eta_{mn}}. \quad (14.58)$$

В случае волн магнитного типа $g = g_{mn} = \mu_{mn}/r_0$ и критическая длина волны

$$\lambda_{\text{кр}}(H_{mn}) = \frac{2\pi r_0}{\mu_{mn}} = \frac{6,28 r_0}{\mu_{mn}}. \quad (14.59)$$

Основной волне соответствует наибольшее значение критической длины волны и, следовательно, наименьшие значения η_{mn} и μ_{mn} .

Из табл. 14.1 и 14.2 следует, что наименьшими значениями η_{mn} и μ_{mn} являются: $\eta_{01} = 2,405$ и $\mu_{11} = 1,840$.

Таким образом, в случае волн электрического типа основной является волна типа E_{01} с критической длиной волны

$$\lambda_{\text{кр}}(E_{01}) = \frac{6,28 r_0}{2,405} = 2,61 r_0, \quad (14.60)$$

а в случае волн магнитного типа — волна типа H_{11} с критической длиной волны

$$\lambda_{\text{кр}}(H_{11}) = \frac{6,28 r_0}{1,84} = 3,41 r_0. \quad (14.61)$$

Видно, что критическая длина волны основной волны магнитного типа больше критической длины волны основной волны электрического типа.

§ 14.5. Условия существования волн различных типов в круглом волноводе

Определим критические длины волн для колебаний, ближайших к основным волнам электрического и магнитного типов.

Из табл. 14.1 следует, что ближайшим к η_{01} числом является $\eta_{11} = 3,832$. Этому числу соответствует волна типа E_{11} с критической длиной волны

$$\lambda_{\text{кр}}(E_{11}) = \frac{6,28 r_0}{3,832} = 1,64 r_0. \quad (14.62)$$

Из табл. 14.2 видно, что ближайшим к μ_{11} числом является $\mu_{21} = 3,054$. Этому числу соответствует волна типа H_{21} с критической длиной волны

$$\lambda_{\text{кр}}(H_{21}) = \frac{6,28 r_0}{3,054} = 2,05 r_0. \quad (14.63)$$

167

Лемма Лоренца. Теорема взаимности

(теорема взаимности) устанавливает перекрёстную связь между двумя источниками и создаваемыми ими полями в местах расположения источников для одной и той же линейной системы (среды). Закон выполняется для разнообразных систем (механич., электрич., акустич., магнитных и др.), описываемых широким классом линейных дифф. и разностных уравнений. Впервые закон взаимности был сформулирован нем. учёным Г. Гельмгольцем, а затем обобщён англ. физиком Дж. У. Рэлеем и голл. физиком Х. Лоренцем. Согласно закону, если металлическое тело, несущее пост. электр. заряд Q_1 , создаёт на втором изолированном металлич. теле потенциал j_{12} , то, если придать второму телу заряд Q_2 , создаваемый им потенциал на свободном от заряда

первом теле j_{21} будет равен: $j_{21} = j_{12} Q_2 / Q_1$. Для двух электрических диполей с моментами $\mathcal{P}_1, \mathcal{P}_2$ и создаваемых ими в диэлектрике электрических полей E_{12}, E_{21} В. п. выражается соотношением:

$$\mathcal{P}_1 E_{21} = \mathcal{P}_2 E_{12}$$

Формула справедлива и для полей, гармонически изменяющихся во времени, если только под \mathcal{P} и E подразумевать их комплексные амплитуды. В общем случае источников электромагнитного поля, задаваемых через плотности перем. токов j_1 и j_2 , В. п. записывается в интегральной форме:

$$\int_V j_1 E_{21} dV_1 = \int_V j_2 E_{12} dV_2$$

Соотношения несправедливы для гиротропных сред (плазма, ферриты), однако ими можно пользоваться, если источники задавать в разных средах, отличающихся направлением внеш. магн. поля.

Закон Взаимности позволяет обобщить закон Кирхгофа излучения о связи излучат. и поглощат. способностей на произвольные электродинамич. системы. Из Закона следует, в частности, совпадение диаграмм направленности антенны в режимах передачи и приёма.

20) Линейные и апертурные антенны. Антенная решетка

Линейные антенны (проволочные или вибраторные) представляют собой тонкий (по сравнению с длиной волны) проводник, в котором возбужден высокочастотный электрический ток. К таким антеннам относятся:

- симметричные антенны - симметричный вибратор, V-образная (угловая) антенна, ромбическая антенна;
- несимметричные антенны - вертикальный штырь (несимметричный вибратор), T-образная, Г-образная и другие антенны.

Эти антенны используются в широком диапазоне волн, но обладают слабой направленностью.

Более высокими направленными свойствами обладают *апертурные* антенны, характерная особенность которых в том, что в них можно выделить некоторую ограниченную поверхность – *апертуру* или раскрыв антенны, через которую проходит весь поток излучаемой мощности. К этому классу антенн относятся:

- открытый конец волновода;
- зеркальные антенны;
- рупорно-параболические
- линзовые и другие типы антенн.

Антенная решетка состоит из большого числа однотипных излучателей, определенным образом расположенных в пространстве и возбуждаемых от одного генератора или нескольких когерентных. Многоканальность устройства обеспечивает возможность управления амплитудами и фазами отдельных элементов решетки, а в результате – управления *ДН* всей системы. На базе антенных решеток строятся системы с пространственно-временной обработкой сигналов, что расширяет функциональные возможности антенно-фидерных устройств. Такие решетки практически можно использовать в любом диапазоне волн.

21. Линия поверхностной волны представляет собой одиночный металлический провод, покрытый высокочастотной изоляцией (полиэтиленом). Линия поверхностной волны предназначена главным образом для устройства телевизионных ответвлений от магистральных кабельных и радиорелейных линий небольшой протяженности (до 100 км). Особенностью ЛПВ является то, что с ростом частоты уменьшается внешнее поле. Линия поверхностной волны состоит из стандартизированного биметаллического провода диаметром 4 мм, покрытого снаружи полиэтиленом толщиной 3 мм. Общий диаметр провода равен 10 мм. Провод ЛПВ обычно подвешивается на опорах воздушной линии с помощью капроновых нитей (2.19). Для передачи по ЛПВ используется диапазон частот 200–300 МГц. Длина усилительного участка составляет 10^4 – 20^4 км. Основным достоинством ЛПВ является простота отпления. Линии поверхностной волны предназначаются для устройства ответвлений от кабельных и радиорелейных магистралей на ограниченные расстояния (50–100 км).

22. Магнитные волны: Магнитная волна - процесс распространения магнитного поля в пространстве. Магнитная волна представляет собой процесс последовательного, взаимосвязанного изменения векторов напряжённости магнитного поля, направленного перпендикулярно лучу распространения волны. Существование магнитных волн было теоретически предсказано великим английским физиком Дж. Максвеллом в 1864 году. Максвелл проанализировал все известные к тому времени законы электродинамики и сделал попытку применить их к изменяющимся во времени магнитному полю. Аналогично электромагнитным отражаются тройкой взаимно ортогональных векторов 1) Вектор электро-магнитной индукции ($B = \text{rot} A$) 2) С- вектор скорости распространения, равный по величине скорости света. Поперечность заключается в ортогональности векторов A и B по направления распространения волны.

23. Мощность переносимая электромагнитной волной по линии передач.

Средний за период поток энергии через элементарную площадку dS , расположенную в поперечном сечении S_{\perp} линии передачи, равен $dP_{cp} = \text{Re} \Pi_z dS$, где

$$\underline{P}_z = \frac{1}{2}(\mathbf{z}_0[\dot{\mathbf{E}}_0^0, \dot{\mathbf{H}}_0^0]) = -\frac{1}{2}(\dot{\mathbf{E}}_0^0[\mathbf{z}_0, \dot{\mathbf{H}}_0^0]).$$

Перепишем соотношение для комплексно сопряженных векторов и подставим, раскрывая получающееся при этом двойное векторное произведение по формуле, приходим к равенству

$$\operatorname{Re} \underline{P}_z = \frac{|\dot{\mathbf{E}}_0^0|^2}{2Z_c} = \frac{E_0^2}{2Z_c} |\dot{\mathbf{e}}_0^0|^2,$$

где E_0 - максимальное значение напряженности электрического поля в линии передачи. Таким образом, средний за период поток энергии P_{cp} через поперечное сечение линии передачи или, что то же самое, средняя мощность, переносимая волной по линии передачи, определяется выражением

$$P_{cp} = \operatorname{Re} \int_{S_1} \underline{P}_z dS = \frac{1}{2Z_c} \int_{S_1} |\dot{\mathbf{E}}_0^0|^2 dS = \frac{E_0^2}{2Z_c} \int_{S_1} |\dot{\mathbf{e}}_0^0|^2 dS.$$

24. Нормальная поляризация Нормальная поляризация — это поляризация света, для которой напряжённость электрического поля электромагнитной волны перпендикулярна плоскости падения. В важном частном случае нормального падения света исчезает разница в коэффициентах отражения и

$$R_s = \left| \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right|^2,$$

прохождения для p - и s -поляризованных волн. Для нормального падения

$$T_s = \frac{4n_1n_2}{(n_2 + n_1)^2}.$$

25. Параллельная поляризация. Параллельная поляризация - поляризация света, для которой вектор напряжённости электрического поля лежит в плоскости падения. В этом случае вектор лежит в плоскости распространения, а вектор перпендикулярен ей и параллелен границе раздела, т. е. плоскость поляризации волны параллельна плоскости ее падения.

26. Первое Максвелла уравнения является обобщением на переменные поля эмпирического [Ампера закона](#) о возбуждении магнитного поля электрическими токами. Максвелл высказал гипотезу, что магнитное поле порождается не только токами, текущими в проводниках, но и переменными электрическими полями в диэлектриках или вакууме. Величина, пропорциональная скорости изменения электрического поля во времени, была названа Максвеллом током смещения. Ток смещения возбуждает магнитное поле по тому же закону, что и ток проводимости (позднее это было подтверждено экспериментально). Полный ток, равный сумме тока проводимости и тока смещения, всегда является замкнутым. Первое Максвелла уравнения имеет вид:

$$\oint_L H dl = \frac{4\pi}{c} \int_S \left(j_n + \frac{1}{4\pi} \frac{\partial D_n}{\partial t} \right) ds$$

то есть циркуляция вектора напряжённости магнитного поля вдоль замкнутого контура L (сумма скалярных произведений вектора H в данной точке контура на бесконечно малый отрезок dl контура) определяется полным током через произвольную поверхность S , ограниченную данным контуром. Здесь j_n — проекция плотности тока проводимости j на нормаль к бесконечно малой площадке ds ,

$$\frac{1}{4\pi} \frac{\partial D_n}{\partial t}$$

являющейся частью поверхности S , $\frac{1}{4\pi} \frac{\partial D_n}{\partial t}$ — проекция плотности тока смещения на ту же нормаль, а $c = 3 \times 10^{10}$ см/сек — постоянная, равная скорости распространения электромагнитных взаимодействий в вакууме.

27. Передача энергии по Коаксиальным линиям. Передача энергии линейная — физическая характеристика качества ионизирующего излучения; величина ионизационных потерь энергии на единице пути в веществе. ЛПЭ определяется как отношение полной энергии dE , переданной веществу частицей вследствие столкновений на пути dl , к длине этого пути: $L = dE / dl$. Для незаряженных частиц ЛПЭ не применяется, но используются значения ЛПЭ их вторичных заряженных частиц, образующихся в веществе. Измеряют в эВ/нм. Значения ЛПЭ варьируются от 0.2 для высокоэнергетических фотонов до 104 эВ/нм для осколков деления ядер урана. Линия передачи энергии работает на основном типе колебания - не имеет критической частоты. Структура поля волны ТЕМ в поперечном сечении приведена на графическом



изображении где сплошными линиями показаны силовые линии электрического, а пунктирными - магнитного полей.

Для получения малого погонного затухания размеры сечения проводников коаксиала следует выбирать наибольшими, иначе будут наблюдаться потери.

28. Передача энергии по круглому волноводу При передаче энергии выгодно использовать круглый волновод на волне H_{01} , отличающейся малым затуханием. Основная трудность использования волн H_{01} в круглом волноводe связана с тем, что эта волна не является низшим типом колебаний. При передаче энергии на волне H_{01} могут возбуждаться волны H_{11} , E_{02} , E_{11} , H_{21} . Поэтому любые неоднородности: изгибы, скрутки, несовпадение и овальность сечений и т. д. приводят к преобразованию типов волн и связанному с этим искажению сигналов и увеличению потерь энергии, что определяет повышенные требования к точности изготовления волноводов и устройств на их основе.

29. Плоские волны в однородной изотропной среде без потерь Будем рассматривать свободные (существующие без сторонних источников) гармонические колебания электромагнитного поля в однородной изотропной среде без потерь. В этом случае для определения характеристик электромагнитного поля удобно воспользоваться однородными уравнениями Гельмгольца относительно векторов электромагнитного поля.

$$\nabla^2 \vec{E} + k^2 \vec{E} = 0 \quad \nabla^2 \vec{H} + k^2 \vec{H} = 0 \quad k = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$$

Векторные уравнения можно записать в виде системы из трех скалярных уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} + k^2 E_x &= 0 \\ \frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_y}{\partial z^2} + k^2 E_y &= 0 \\ \frac{\partial^2 E_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_z}{\partial z^2} + k^2 E_z &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial^2 H_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2} + k^2 H_x &= 0 \\ \frac{\partial^2 H_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2} + k^2 H_y &= 0 \\ \frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} + k^2 H_z &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Наиболее просто уравнения и их решения выглядят в случае плоских электромагнитных волн. Под плоскими волнами подразумевают электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль линейной координаты, в каждый фиксированный момент времени неизменны в плоскости, перпендикулярной направлению распространения. Будем полагать, что волна, распространяется

$$\vec{\Pi}_{\text{cp}} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left[\vec{E} \vec{H}^* \right] = \vec{I}_z \Pi_{\text{cp}}$$

вдоль оси Z, т.е. вектор Пойнтинга:

30. Плоские волны в однородной изотропной среде с проводимостью отличной от 0

В среде с проводимостью отличной от нуля энергия электромагнитной волны частично расходуется на возбуждение и поддержание токов проводимости, т.е. волна в процессе распространения затухает. В общем случае наряду с джоулевыми потерями в среде могут присутствовать также диэлектрические и магнитные

потери. В этом случае: $\nabla^2 \vec{E} + \gamma^2 \vec{E} = 0 \quad \nabla^2 \vec{H} + \gamma^2 \vec{H} = 0 \quad \gamma = \omega \sqrt{\mu_0 \tilde{\epsilon}_0}$ В этом случае решения по форме совпадают с решениями, полученными в предыдущем параграфе

$\vec{E}_m = \vec{E}_0 e^{-j\gamma z} \quad \vec{H} = \vec{H}_0 e^{-j\gamma z}$ Перейдем для уяснения физического смысла к мгновенным значениям:

$$E(t) = \vec{I}_x E_0 e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta z + \varphi) = \vec{I}_x E_m(z) \cos(\omega t - \beta z + \varphi)$$

$$\frac{E_x(z)}{E_x(z+l)} = e^{-\alpha l}$$

Степень убывания амплитуды: $E_{x(z+l)}$ - характеризует ослабление волны.

29/30. Плоские волны в однородной изотропной среде с проводимостью, отличной от нуля

Свойства плоской волны в однородной изотропной среде. Исследуем основные свойства плоской волны, распространяющейся в безграничной однородной изотропной среде. Источники, создающие волну, находятся за пределами рассматриваемой области. Поэтому векторы \vec{E} и \vec{H} удовлетворяют однородным уравнениям Гельмгольца и соответственно. Предположим, что поле не зависит от координат x и y. Тогда уравнения и принимают вид

$$(d^2 \dot{\mathbf{E}}_m / dz^2) + \underline{k}^2 \dot{\mathbf{E}}_m = 0, \quad (d^2 \dot{\mathbf{H}}_m / dz^2) + \underline{k}^2 \dot{\mathbf{H}}_m = 0, \quad (6.3)$$

где $\underline{k} = \omega \sqrt{\varepsilon \mu}$. Решая уравнение для вектора $\dot{\mathbf{E}}_m$, получаем

$$\dot{\mathbf{E}}_m = \dot{\mathbf{E}}_0 \exp(-i \underline{k} z) + \dot{\mathbf{E}}_1 \exp(i \underline{k} z), \quad (6.4)$$

где $\dot{\mathbf{E}}_0$ и $\dot{\mathbf{E}}_1$ – некоторые векторные, в общем случае комплексные, постоянные.

Для анализа формулы (6.4) необходимо в параметре \underline{k} отделить действительную и мнимую части. Ограничимся рассмотрением случая, когда потери в среде обусловлены только ее проводимостью, т.е. будем считать, что $\mu = \mu$, а $\varepsilon = \varepsilon (1 - i \operatorname{tg} \delta)$, где $\operatorname{tg} \delta = \sigma / (\omega \varepsilon)$ – тангенс угла электрических потерь. Полагая $\underline{k} = \operatorname{Re} \underline{k} + i \operatorname{Im} \underline{k}$, получаем $\operatorname{Re} \underline{k} + i \operatorname{Im} \underline{k} = \omega \sqrt{\varepsilon \mu (1 - i \operatorname{tg} \delta)}$.

Из (6.5) видно, что $\operatorname{Re} \underline{k}$ и $\operatorname{Im} \underline{k}$ должны иметь разные знаки, т.е. возможны равенства $\underline{k} = \beta - i \alpha$ и $\underline{k} = -\beta + i \alpha$. Следовательно, входящие в (6.4) функции $\exp(-i \underline{k} z)$ и $\exp(i \underline{k} z)$ могут быть записаны одним из двух способов: 1) $\exp(-\alpha z) \exp(-i \beta z)$ и 2) $\exp(\alpha z) \exp(i \beta z)$. Рассмотрим волну 1). В момент $t = t_0$ в точке $z = z_0$ фаза напряженности электрического поля, соответствующего этой волне, равна $\psi_0 = \omega t_0 - \beta z_0$. В момент $t = t_0 + \Delta t$ в точке $z = z_0 + \Delta z$ фаза той же функции равна $\psi = \omega t_0 + \omega \Delta t - \beta z_0 - \beta \Delta z$. Полагая $\psi = \psi_0$, приходим к соотношению $\omega \Delta t = \beta \Delta z$. Как видно, положительным приращениям Δt соответствуют положительные приращения Δz . Следовательно, волна типа 1) распространяется в положительном направлении оси Z.

Возводя в квадрат обе части последнего равенства и разделяя затем вещественную и мнимую части, приходим к системе двух алгебраических уравнений относительно $\operatorname{Re} \underline{k}$ и $\operatorname{Im} \underline{k}$:

$$(\operatorname{Re} \underline{k})^2 - (\operatorname{Im} \underline{k})^2 = \omega^2 \varepsilon \mu; \quad 2(\operatorname{Re} \underline{k})(\operatorname{Im} \underline{k}) = -\omega^2 \varepsilon \mu \operatorname{tg} \delta. \quad (6.5)$$

Из (6.5) следует, что

$$(\operatorname{Re} \underline{k})^2 = \frac{\omega^2 \varepsilon \mu}{2} (1 \pm \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}). \quad (6.6)$$

Так как $(\operatorname{Re} \underline{k})^2$ не может быть отрицательной величиной, то в формуле (6.6) нужно выбрать знак "+". Вводя обозначение

$$\beta = \omega \sqrt{\frac{\varepsilon \mu}{2} (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} + 1)}, \quad (6.7)$$

получаем $\operatorname{Re} \underline{k} = \pm \beta$. Отметим, что β больше величины k в среде без потерь с теми же значениями ε и μ . Аналогично, обозначая

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{\varepsilon \mu}{2} (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} - 1)}, \quad (6.8)$$

получаем $\operatorname{Im} \underline{k} = \pm \alpha$.

31 Поверхностное сопротивление проводника Сопротивление проводника постоянному току определяется по известной формуле $r_0 = \rho l / S$. Это сопротивление можно также определить, зная величину постоянного тока I_0 и мощность P_0 : $r_0 = P_0 / I_0^2$

Оказывается, что в цепи переменного тока сопротивление r того же проводника больше сопротивления постоянному току: $r > r_0$. Это сопротивление r в отличие от сопротивления постоянному току r_0 и носит название активного сопротивления. Увеличение сопротивления проводника объясняется тем, что при переменном токе плотность тока не одинакова в различных точках поперечного сечения проводника. У поверхности проводника плотность тока получается больше, чем при постоянном токе, а в центре меньше. Коэффициент пропорциональности Z_s принято называть поверхностным сопротивлением проводника.

$$Z_s = \underline{Z}_s = \frac{1+i}{\sigma_2 \Delta^*}.$$

$$R_s = 1/(\sigma_2 \Delta^*).$$

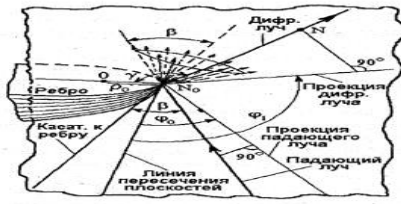
Активная часть поверхностного сопротивления Из этого выражения следует, что проводник, заполняющий все полупространство, имеет в результате поверхностного эффекта такое же сопротивление, как и слой проводника толщиной Δ^0 без учета поверхностного эффекта (отсюда и термин "глубина проникновения").

32. Поле Дифракционных лучей, возникающих на ребре. Пусть появление дифракционных лучей вызвано

падением какого-либо луча на ребро идеально проводящего тела. Комплексная амплитуда напряженности электрического поля дифракционного луча в точке N выражается через ее значение в некоторой точке N_0 . Однако в рассматриваемом случае в точке дифракции N_0 один из главных радиусов кривизны (например, ρ_2) обращается в нуль ($\rho_2 \rightarrow 0$ при $N''_0 \rightarrow N_0$): ребро является особой линией (каустикой)

$$\dot{\mathbf{E}}_m^{\text{диф}}(N)$$

для дифракционных лучей. Поэтому, устремляя в выражении для $\vec{E}_m^{диф}(N)$ точку N_0 к N_0 , получаем



Аналогично записывается выражение для $\vec{H}_{m||}^{диф}$. Коэффициенты дифракции определяются путем

сравнения выражения и аналогичного выражения для $\vec{H}_{m||}^{диф}$ записанных для случая прямолинейного ребра, с асимптотическими выражениями для тех же составляющих векторов поля, вытекающими из строгого решения задачи дифракции плоской электромагнитной волны на идеально проводящем клине. Келлером были получены следующие формулы:

$$\frac{D_E}{D_H} = \frac{\sin(\pi/n) \exp(-i\pi/4)}{n \sin \beta \sqrt{2\pi k}} \left\{ \left(\cos \frac{\pi}{n} - \cos \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{n} \right)^{-1} \mp \left(\cos \frac{\pi}{n} - \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_0}{n} \right)^{-1} \right\}, \quad (8.45)$$

где $n = (2\pi - \Omega)/\pi$, $\Omega = \angle$ угол эквивалентного клина а φ_0 и φ_1 - соответственно углы между проекциями падающего и дифракционного лучей на плоскость, перпендикулярную к ребру тела в точке дифракции N_0 , и линией пересечения этой плоскости с плоскостью, касательной к освещенной стороне поверхности тела в точке N_0 . Формулы не позволяют рассчитать поле вблизи границы "свет-тень": при $\varphi_1 = \pi \pm \varphi_0$ правая часть формулы (8.45) обращается в бесконечность. В дальнейшем были получены также выражения для коэффициентов дифракции, непрерывные на границе "свет-тень" (см., например, [23]).

33) Полная система граничных условий

При рассмотрении ЭМ поля в двух различных граничащих средах полная система уравнений Максвелла должна быть дополнена граничными условиями. Граничные условия – соотношения между величинами векторов E, D, B и H ЭМ поля в разных средах на поверхности раздела сред. Для получения граничных условий используются уравнения Максвелла в интегральной форме на границе раздела двух сред (σ и μ), в интегральной форме, так как параметры сред разрывные, и операция дифференцирования в таких точках не определена. Пусть поверхность S является границей раздела двух изотропных сред, характеризующихся параметрами: $E_1, D_1, B_1, \mu_1, \epsilon_1$ и $\mu_2, \epsilon_2, H_2, D_2, B_2, \mu_2, \epsilon_2$ – векторы ЭМ поля в первой среде, $E_2, D_2, B_2, H_2, D_2, B_2, \mu_2, \epsilon_2$ – векторы ЭМ поля во второй среде. На границе раздела сред S имеется поверхностный ток j_s , и протекает поверхностный ток j_s с поверхностной плотностью j_s . Выберем произвольную точку O на поверхности S . Проведем из точки N , где $n \rightarrow O$ три взаимно перпендикулярных единичных вектора n, τ, ν вектор единичной нормали, направленный из второй среды в первую; произвольный единичный вектор, тангенциальный (касательный) к поверхности S ; N – тангенциальный к поверхности S единичный вектор. Векторы n, τ, ν перпендикулярны к плоскости, в которой лежат векторы n . Полная система граничных условий в произвольной точке O на поверхности S раздела двух изотропных сред

34) Полная система уравнений Максвелла

Полная система уравнений Максвелла включает четыре уравнения

$$1. \quad \text{rot } \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt} \quad 2. \quad \text{rot } \vec{H} = \vec{j} + \frac{d\vec{D}}{dt} \quad 3. \quad \text{div } \vec{D} = \rho \quad 4. \quad \text{div } \vec{B} = 0$$

Из первых двух уравнений следует, что переменные *электрическое и магнитное поля* неразрывно связаны друг с другом, образуя единое *электромагнитное поле*. Разные знаки в правых частях первых двух уравнений обеспечивают *устойчивость* электромагнитного поля. *Уравнения Максвелла в дифференциальной форме* предполагают, что *все величины в пространстве и времени изменяются непрерывно*. Если же существуют поверхности разрыва (где свойства среды меняются скачком), то более общей является система интегральных уравнений. Для стационарных электрического и магнитного полей

$$\frac{dD}{dt} = \frac{dB}{dt} = 0$$

и, следовательно, эти поля существуют независимо друг от друга и описываются соответственно уравнениями электростатики

$$\text{rot } E = 0 \quad \text{div } D = \rho \quad \text{и магнитостатики} \quad \text{rot } H = j \quad \text{div } B = 0$$

Систему уравнений Максвелла необходимо дополнить "*материальными уравнениями*", которые характеризуют электрические и магнитные свойства среды

$$D = \varepsilon_0 \varepsilon E \quad B = \mu_0 \mu H \quad j = \gamma E \quad \text{а также граничными условиями} \quad D_{1n} - D_{2n} = \sigma \quad E_{1\tau} = E_{2\tau}$$

$$B_{1n} = B_{2n} \quad H_{1\tau} - H_{2\tau} = j_N^{nov}$$

где σ – поверхностная плотность свободных зарядов, а j_N^{nov} – вектор линейной плотности поверхностного тока проводимости

35 Полное отражение от границы раздела 2х сред

Рассмотрим важный частный случай граничных условий на поверхности раздела двух сред, одной из которых является идеальный проводник, а другой – диэлектрик. Необходимость учета таких граничных условий возникает всякий раз, когда изучается распределение векторов ЭМ поля вблизи поверхности металлических тел, которые можно считать идеально проводящими. Плотность тока j должна быть ограниченной величиной.

Поэтому напряженность $\infty = \sigma E$. Для идеального проводника $\sigma = \infty$ j электрического поля E внутри идеального проводника должна быть равна 0, получим, $E = 0$. Полагая во втором уравнении Максвелла $E = 0$, т. е. индукция магнитного поля B не зависит от времени, $\frac{dB}{dt} = 0$. Последнее возможно только для магнитоэлектростатического поля и стационарного электромагнитного поля

36. Поляризация волн — явление нарушения симметрии распределения возмущений в поперечной волне относительно направления её распространения. В продольной волне поляризация возникнуть не может, так как возмущения в этом типе волн всегда совпадают с направлением распространения. Поперечная волна характеризуется двумя направлениями: волновым вектором и вектором амплитуды, всегда перпендикулярным к волновому вектору. Так что в трёхмерном пространстве имеется ещё одна степень свободы — вращение вокруг волнового вектора. Причиной возникновения поляризации волн может быть: несимметричная генерация волн в источнике возмущения; анизотропность среды распространения волн; преломление и отражение на границе двух сред. Основными являются два вида поляризации:

линейная — колебания возмущения происходит в какой-то одной плоскости. В таком случае говорят о «плоско-поляризованной волне»;

круговая — конец вектора амплитуды описывает окружность в плоскости колебаний. В зависимости от направления вращения вектора может быть правой или левой.

На основе этих двух или только круговой можно сформировать и другие, более сложные виды поляризации. Например, эллиптическая. В общем случае, круговая поляризация — вещь теоретическая, на практике же говорят об эллиптической поляризации — с левым или правым направлением вращения.

Поляризация описывается Фигурами Лиссажу и соответствует сложению поперечных колебаний равной частоты.

37) Понятие проводников и диэлектриков в свете уравнений максвелла

В телах, со свойствами проводника, содержится достаточное количество свободных электрических зарядов, которые способны перемещаться под действием электрического поля. Попросту говоря, эти тела способны проводить электрический ток. К проводникам относятся металлы, растворы солей и кислот, тела людей и животных.

Диэлектриками называются тела, не содержащие в себе свободные электрические заряды, то есть не способные проводить ток. К таким телам относятся пластик, резина, воздух, стекло, бумага и др. Иначе эти тела называют изоляторами.

Интересно например, что вода в чистом виде (дистиллированная) является диэлектриком, а с примесями солей (обычная водопроводная или морская) — проводником.

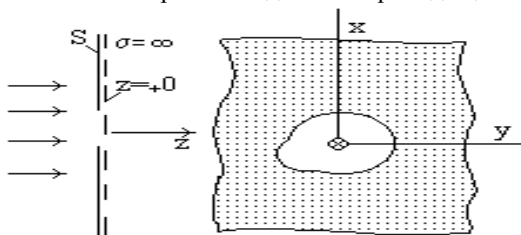
Интересно, что в XVII веке все тела разделялись по другому признаку — на способные электризоваться при их натирании и тела не способные к этому. И лишь в начале XVIII века английским физиком Стефаном Греем было установлено, что есть тела способные проводить электрический ток. В 1729 году он установил явление электропроводности тел.

38) Электромагнитные волны Электромагнитное излучение (электромагнитные волны) — распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля (то есть, взаимодействующих друг с другом электрического и магнитного полей). Среди электромагнитных полей вообще, порожденных электрическими зарядами и их движением, принято относить собственно к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников — движущихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием.

Электромагнитное излучение подразделяется на: радиоволны (начиная со сверхдлинных), инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение и жесткое (гамма-излучение). Электромагнитное излучение способно распространяться практически во всех средах. В вакууме (пространстве, свободном от вещества и тел, поглощающих или испускающих электромагнитные волны) электромагнитное излучение распространяется без затуханий на сколь угодно большие расстояния, но в ряде случаев достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом (несколько изменяя при этом свое поведение).

39) Потери энергии в проводнике Электрические сети представляют собой преобразовательные и распределительные системы, соединённые между собой силовыми проводами и кабелями. От места производства электрической энергии конечный потребитель находится, как правило, на весьма удалённом расстоянии (сотни и тысячи километров). На всём этом промежутке электросети располагаются множество систем трансформации и разветвления, которые состоят из специальных коммутационных устройств и проводников. Как мы знаем, электрический ток, текущий в твердых проводниках представляет собой упорядоченное перемещение электронов, которые при своем движении встречают множество преград в кристаллической структуре вещества. После того как летящий электрон натывается на преграду ему приходится отдать часть своей внутренней энергии на преодоление препятствия. Отданная энергия преобразуется в энергию тепла, что безвозвратно рассеивается в окружающей среде. Посредством этого явления происходит потеря электроэнергии в сетях. Учитывая вышесказанное можно сделать простой вывод — чем больше электронов пройдёт сквозь проводник, тем больше будет потеряно электроэнергии с бесполезно выделяемым теплом. Что бы это явление снизить (а, следовательно, уменьшить потерю электроэнергии в сетях) широко используют способ передачи электрической энергии на расстояние, при котором по средствам преобразования снижают силу тока и повышают напряжение (это относится к переменным электросетям). При передаче высокого напряжения и малой силы тока нам удаётся рационально использовать электрическую систему, в результате чего потеря электроэнергии в сетях сводится к минимуму. Но это не единственная причина потери. На длинном пути перемещения электрической энергии стоят множество коммутационных устройств. Каждое такое устройство имеет электрические силовые контакты, которые хоть и сделаны надёжно, но всё же они имеют большее сопротивление по сравнению с однородным проводником. Со временем эти контакты стареют и изнашиваются, а это приводит к ухудшению электрической проводимости, и опять же — дополнительная потеря электроэнергии в сети.

40) Приближение Гюйгенса Кирхгофа Поле в любой точке пространства внешнего по отношению к объёму V может быть однозначно определено по известным тангенциальным составляющим \vec{E} и \vec{H} на поверхности S . В качестве поверхности S в задачах дифракции удобно взять поверхность дифрагированного тела. Если на этой поверхности известны точные значения E_t и H_t , то используя принцип эквивалентности на поверхности S можно определить эквивалентные источники вторичного поля и далее, используя традиционный алгоритм, вычислить поле в заданной точке. Рассмотрим два характерных примера. Рассмотрим дифракцию плоской волны на отверстии в идеально проводящей плоскости.



Уравнение плоской волны, падающей на этот экран
 $l \gg \lambda$

$$\vec{E} = \vec{1}_x E_0 e^{-jkz} \quad \vec{H} = \vec{1}_y \frac{E_0}{Z_c} e^{-jkz}$$

Поверхность интегрирования расположим с тыльной стороны поверхности S . Она оказывается совпадающей с отверстием, а вне отверстия совпадает с теневой частью металлического экрана. При выполнении условия $l \gg \lambda$ можно пренебречь затеканием поверхностных токов на теневую часть плоскости. Кроме того, если размеры отверстия $\gg \lambda$, то поле в отверстии можно считать совпадающим с полем падающей плоской волны при $Z=0$.

В дальнейшем задача сводится к следующему. Площадь отверстия разбиваем на элементарные площадки с известным распределением электромагнитного поля (элементы Гюйгенса). В этом случае поле за отверстием можно найти как суперпозицию полей, возбуждаемых отдельными элементами Гюйгенса. Рассмотренные методы решения дифракционных задач называются приближением **Гюйгенса-Кирхгофа**. Метод является принципиально приближенным, тем не менее, он позволяет получить удовлетворительные результаты в максимуме интенсивности поля. Приближение Гюйгенса-Кирхгофа называется методом физической оптики.

41. Приближенные импедансные граничные условия (ИГУ)

Приближенные импедансные граничные условия стали широко изучаться в предложенных работах А. Н. Щукина и М. А. Леонтовича. М. А. Леонтовичем были в общем виде сформулированы ИГУ на поверхности тел с комплексными диэлектрической ϵ и магнитной μ проницаемостями

$$[\mathbf{n}, \mathbf{E}] = Z [\mathbf{n}, [\mathbf{n}, \mathbf{H}]], \quad Z = Z_0 \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$

где \mathbf{n} – внешняя нормаль к поверхности тела, \mathbf{E} и \mathbf{H} – компоненты электрического и магнитного полей во внешней области, Z – импеданс среды. В работе [2], где принята гауссова система единиц, $Z_0=1$. При использовании международной системы единиц $Z_0=120 \cdot \pi$ Ом, а ϵ и μ – относительные проницаемости среды. Представление (1) основано на допущении, что волна распространяется в среде с потерями по законам геометрической оптики.

42. Принцип Гюйгенса-Френеля

Принцип Гюйгенса - Френеля — основной постулат волновой теории, описывающий и объясняющий механизм распространения волн, в частности, световых. Понятие о дифракции электромагнитных волн и её видах.

Благодаря дифракции света возникают волны, отражённые от освещаемых объектов, и становится возможным их визуализацию. Дифракция световых волн определяет качество оптических приборов, в частности их разрешающую способность.

Рассмотрим математическую формулировку *принципа Гюйгенса - Френеля* применительно к гармоническим электромагнитным волнам с произвольно поляризованными колебаниями вектора напряжённости электрического поля волны \vec{E} . В соответствии с принципом Гюйгенса - Френеля в точке наблюдения P комплексная амплитуда вектора напряжённости электрического поля $\vec{E}(P)$ гармонической электромагнитной волны может быть вычислена по формуле:

$$\vec{E}(P) = \int_S \frac{e^{ikR}}{R} \tilde{K} \vec{E}(S) dS,$$

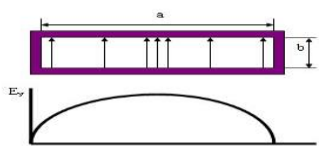
1) $\vec{E}(S)$ - распределение комплексных амплитуд вектора напряжённости электрического поля источника O

на произвольной замкнутой поверхности S , охватывающей источник O ; 2) $\frac{e^{ikR}}{R}$ - комплексная амплитуда вторичных источников сферических волн на поверхности S ; Большое значение для решения задач дифракции с помощью принципа Гюйгенса-Френеля имели оптические исследования *Кирхгофа*. Кирхгоф предложил простой способ решения задач дифракции на основе выражения, дополнив его правилами преобразования волновых фронтов на граничных поверхностях неоднородностей. В качестве характерных неоднородностей далее рассмотрим следующие две: непрозрачный, плоский экран, содержащий отверстие произвольной формы, непрозрачная, плоская пластинка произвольной формы.

43. Прямоугольный волновод — металлический волновод прямоугольной формы, способный поддерживать распространяющиеся вдоль него волны. Особенность волновода в том, что в нем существует нижний предел пропускаемых частот, то есть волны ниже определенной частоты затухают и не могут в нем распространяться. Основные преимущества прямоугольного волновода являются: достаточно большая мощность передаваемого сигнала; почти полное отсутствие потерь на излучение энергии в окружающую среду.

44) Режимы работы волновода. Направляемые электромагнитные волны. Критическая длина волны

Режим работы волновода сильно отличается от режима работы двухпроводной линии с согласованной нагрузкой. В волноводе, кроме бегущей волны, распространяющейся в направлении оси, существуют и стоячие волны в поперечном сечении. Эти волны образуются за счет энергии, ответвляющейся от бегущей вдоль оси волны в металлический изолятор. Картина силовых линий в волноводе имеет вид



Густота силовых линий характеризует напряженность (интенсивность поля). Если изменить рабочую длину волны так, что размер широкой стенки волновода станет меньше $\lambda/2$ то передача энергии по волноводу прекратится, то есть существует определенная длина волны – *критическая*, при превышении которой распространение энергии вдоль волновода невозможно. Для передачи энергии по

$$\lambda_p < \lambda_{кр}.$$

волноводу необходимо, чтобы рабочая длина волны была меньше критической:

$$\lambda_{кр} = 2a.$$

Для прямоугольного волновода:

45. Симметричные и несимметричные вибраторы

Сложные антенны состоят из простейших вибраторов. Различают симметричные и несимметричные вибраторы. *Симметричные вибраторы* представляют собой симметричные системы проводников, к смежным концам которых подводится фидер. *Несимметричные вибраторы* – это системы проводников, расположенных над проводящей поверхностью, соединенных с фидером, второй вывод которого соединяется с проводящей поверхностью (например, заземлением, противовесом или корпусом объекта). *Заземление* представляет собой проводник или группу проводников, которые обеспечивают соединение земли с одним из выводов выхода радиопередатчика (входа радиоприемника), ко второму выводу которого подключается антенна. *Противовесом* называют проводник или группу проводников, изолированных от земли, подсоединяемых к одному из выводов выхода радиопередатчика (входа радиоприемника), ко второму выводу которого подключается антенна.

Симметричный вибратор. Простейший симметричный вибратор состоит из двух одинаковых цилиндрических проводников, между которыми включается линия, соединяющая вибратор с генератором (передатчиком или приемником). Симметричный вибратор (рисунок 21) можно рассматривать как двухпроводную линию, разомкнутую на конце.

Но в отличие от обыкновенной линии, которая является неизлучаемой системой, симметричный вибратор излучает электромагнитные волны. Уравнения для распределения напряжения и тока вдоль симметричного

$$U_x = U_{\Pi} \cos kx;$$

$$I_x = I_{\Pi} \sin kx,$$

вибратора в точках, отстоящих на расстояние от ее концов имеют вид:

46) Скорость распространения энергии. Групповая скорость

Групповая скорость — это величина, характеризующая скорость распространения «группы волн» - то есть более или менее хорошо локализованной квазимонохроматической волны (волны с достаточно узким спектром). Обычно интерпретируется как скорость перемещения максимума амплитудной оглибающей квазимонохроматического волнового пакета. В случае рассмотрения распространения волн в пространстве размерностью больше единицы подразумевается как правило волновой пакет близкий по форме к плоской волне.

Групповая скорость во многих важных случаях определяет скорость переноса энергии и информации квазисинусоидальной волной (хотя это утверждение в общем случае требует серьезных уточнений и оговорок). Групповая скорость определяется динамикой физической системы, в которой распространяется волна (конкретной среды, конкретного поля итп). В большинстве случаев подразумевается линейность этой системы (точно или приближенно). Для одномерных волн групповая скорость вычисляется из закона

дисперсии: $v_{gr} = d\omega/dk$, где ω — угловая частота, k — волновое число.

Групповая скорость волн в пространстве (например, трехмерном или двумерном) определяется градиентом частоты по волновому вектору \vec{k} :

$$\vec{v}_{gr} = \nabla_{\vec{k}} \omega$$

или (для трехмерного пространства): $(v_{gr})_x = \partial\omega/\partial k_x$, $(v_{gr})_y = \partial\omega/\partial k_y$, $(v_{gr})_z = \partial\omega/\partial k_z$.

Скорость распространения энергии в передающей линии с опорным листом диэлектрика определяется посредством короткого замыкания отрезка передающей линии и изменения частоты до тех пор, пока не будет наблюдаться минимальное показание на измерителе отношения для четырех длин волн короткозамкнутой цепи.

47) Типы волн и основные параметры световодов

Для заданного световода в пределах апертурного угла из всей совокупности световых лучей только ограниченное число лучей может образовывать направляемые волны определенного типа, которые называют *волноводными модами*. Физически это явление объясняется интерференцией волн (то есть существующие в световоде моды могут или складываться по фазе или гасить друг друга). В световоде круглого сечения, как и в круглом волноводе, могут существовать смешанные волны типа *HE* или *EH*. Основной волной является волна типа *HE₁₁*. Каждая мода обладает характерной для нее структурой электромагнитного поля, фазовой и групповой скоростями.

В зависимости от числа распространяющихся на рабочей частоте волн (мод) световоды разделяют на *одномодовые* и *многомодовые*. Число мод зависит от соотношения между диаметром сердечника d и длиной рабочей волны λ . При $d \approx \lambda_p$ в поперечном сечении сердечника укладывается лишь одна волна (одномодовый режим), при $d > \lambda_p$ - многомодовый режим.

Одномодовые световоды имеют электрические характеристики лучше многомодовых. Для многомодовых световодов диаметр сердечника равен 50 мкм, а диаметр оболочки – 125 мкм. Диаметр сердечника

одномодового световода выбирают из условия распространения только основной моды. Это выполняется,

если нормированная рабочая частота $V = \pi dA/\lambda_p$, К электрическим параметрам световодов относятся критическая частота и длина волны, ослабление, дисперсия сигнала. Световод, как и волновод, является фильтром высоких частот.

48) Третье уравнение Максвелла

Третье и четвертое уравнения Максвелла представляют собой обобщения теоремы Остроградского-Гаусса для электрического и магнитного полей

В интегральной форме эти уравнения имеют вид

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q_{своб} \quad \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

где величина свободных зарядов, охватываемых замкнутой поверхностью S выражается через объемную плотность заряда

$$q_{своб} = \int_V \rho dV$$

По теореме Гаусса из векторного анализа

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \text{div } \vec{D} dV \quad \oint_S \vec{B} d\vec{S} = \int_V \text{div } \vec{B} dV$$

где дивергенция вектора определяется выражением

$$\text{div } \vec{D} = \frac{dD_x}{dx} + \frac{dD_y}{dy} + \frac{dD_z}{dz} \quad \text{div } \vec{B} = \frac{dB_x}{dx} + \frac{dB_y}{dy} + \frac{dB_z}{dz}$$

В дифференциальной форме третье и четвертое уравнения Максвелла имеют вид

$$\text{div } \vec{D} = \rho \quad \text{div } \vec{B} = 0$$

где $\rho = \frac{dq_{своб}}{dV}$ – объемная плотность свободных зарядов в рассматриваемой точке поля.

49) Уравнение непрерывности

Рассмотрим примеры уравнений непрерывности, которые выражают одинаковую идею непрерывного изменения некоторой величины. Уравнения непрерывности — (сильная) локальная форма законов сохранения. В электродинамике уравнение непрерывности выводится из уравнений Максвелла. Оно утверждает, что дивергенция плотности тока равна изменению плотности заряда со знаком минус,

$$\text{div } \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}.$$

Закон Ампера гласит

$$\text{div rot } \vec{H} = \text{div } \vec{j} + \frac{\partial}{\partial t} \text{div } \vec{D}$$

Взяв дивергенцию от обеих частей выражения, получим

$$\text{div } \vec{j} + \frac{\partial}{\partial t} \text{div } \vec{D} = 0$$

дивергенция ротора равняется нулю, таким образом

$$\text{div } \vec{D} = \rho.$$

По теореме Гаусса

Подставляя это выражение в предыдущее уравнение, получаем искомое **уравнение непрерывности.**

50. Условие полного прохождения волны во вторую среду (угол Брюстера)

Для ЭМВ с параллельной поляризацией существует угол падения, именуемый углом Д. Брюстера, при котором отраженная волна отсутствует, а значит, ЭМВ полностью переходит во вторую среду. Рассмотрим немагнитные диэлектрики () с малыми потерями ($a \ll b$), исключив тривиальный случай равенства параметров сред

Из формул вытекает, что для перпендикулярной поляризации угол полного прохождения между разнородными диэлектриками не существует, и всегда больше нуля.

Если ЭМВ с произвольной поляризацией направлена на диэлектрическую пластину под углом, отраженный луч имеет только перпендикулярную поляризацию, так как параллельно поляризованная компонента полностью проходит через пластину

Диэлектрические пластины и шайбы, служащие для герметизации и крепления в различных устройствах СВЧ, часто ставят под углом Брюстера. В этом случае в определенном диапазоне частот они полностью прозрачны для проходящих волн.

Аналогичным образом поступают, если необходимо обеспечить минимальный уровень отраженной волны при падении ЭМВ из воздуха на вещество с волновым сопротивлением, существенно отличающимся от волнового сопротивления воздуха.

51). Фронт волны

Фронт волны. Поверхность равных фаз называется *фронтом волны*. Если характер изменений, происходящих в электромагнитной волне, описывается функцией, $\sin(\omega t - \beta x)$ то величина $\beta x = \text{const}$ определяет фазу волны в пространстве. Согласно принципу Гюйгенса каждую точку фронта волны можно рассматривать как источник новой сферической волны, то есть поле в точке приема определяется суммой полей, создаваемых источниками, расположенными на всем фронте (рисунок 4).

Однако существенное влияние на поле в точке М оказывает не весь фронт, а только его часть.

$$O_1 M = OM + \lambda/2,$$

$$O_2 M = OM + 2\lambda/2,$$

.....

$$O_n M = OM + n\lambda/2.$$

При этом сдвиг фаз между полями, созданными соседними зонами в точке М, составляет суммарное поле в точке М равно:

$$E = E_1 - E_2 + E_3 - E_4 + E_5 - \dots + (-1)^n E_n + \dots,$$

где n - номер зоны.

Амплитуда поля, создаваемого каждой зоной, уменьшается по мере увеличения ее номера. Первая зона представляет собой круг, зоны высших порядков – кольцевые области (рисунок 4). Уменьшение поля с увеличением n вызывается тем, что зоны с большим номером находятся на большем расстоянии от точки приема. Практически, суммарное поле в точке приема приближенно равно полю, создаваемому половиной первой зоны Френеля:

$$E \approx E_1 / 2.$$

52. Частота и период волны. Волновое число. Вектор Пойнтинга

Для гармонических электромагнитных волн изменение E и H происходит по гармоническому закону, то есть в гармонической электромагнитной волне закон изменения напряженностей электрического и магнитного полей определяется функцией типа $\sin \theta$, где θ - угол или фаза волны. Величины напряженностей E и H будут повторяться через промежуток времени T (период), за который фаза изменится на 2π . Чем короче период, тем быстрее изменяется фаза. Скорость изменения напряженностей E и H во времени называется циклической частотой f (Гц):

$$f = 1/T. \text{ Если } f=1\text{ Гц, то за 1 секунду фаза изменится на } 2\pi. \text{ Для произвольного } f \text{ в течение секунды фаза изменится на } \omega = 2\pi f \text{ (} \omega - \text{угловая частота, рад/с).}$$

Длина электромагнитной волны λ – это расстояние, на котором фаза волнового процесса изменяется в пространстве на 2π :

$$\lambda = V_{\Phi} / f = c_0 / f.$$

Волновое число. Величина k , характеризующая скорость изменения процесса в пространстве, называется волновым числом:

$$k = 2\pi / \lambda.$$

В направляющих системах волновое число называют коэффициентом фазы и обозначают 2β

(единица измерения – м^{-1}). Фазовая скорость определяется как: $V_{\Phi} = \omega / \beta$.

Вектор Пойнтинга. Существование электромагнитной волны возможно лишь тогда, когда векторы напряженностей E и H взаимно перпендикулярны. Волновой процесс описывается функциями:

$$E = E_m \sin(\omega t - \beta x);$$

$$H = H_m \sin(\omega t - \beta x).$$

53. Четвертое уравнение Максвелла

Третье и четвертое уравнения Максвелла представляют собой обобщения теоремы Остроградского-Гаусса для электрического и магнитного полей

В интегральной форме эти уравнения имеют вид

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q_{\text{своб}}^{\text{охв}} \quad \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

где величина свободных зарядов, охватываемых замкнутой поверхностью S выражается через объемную плотность заряда

$$q_{\text{своб}}^{\text{охв}} = \int_V \rho dV$$

По теореме Гаусса из векторного анализа

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \text{div } \vec{D} dV \quad \oint_S \vec{B} d\vec{S} = \int_V \text{div } \vec{B} dV$$

где дивергенция вектора определяется выражением

$$\text{div } \vec{D} = \frac{dD_x}{dx} + \frac{dD_y}{dy} + \frac{dD_z}{dz} \quad \text{div } \vec{B} = \frac{dB_x}{dx} + \frac{dB_y}{dy} + \frac{dB_z}{dz}$$

В дифференциальной форме третье и четвертое уравнения Максвелла имеют вид

$$\text{div } \vec{D} = \rho \quad \text{div } \vec{B} = 0$$

где $\rho = \frac{dq_{\text{своб}}}{dV}$ – объемная плотность свободных зарядов в рассматриваемой точке поля.

54) Эквивалентные источники электромагнитного поля

Идеальный источник электро-магнитного поля является физической абстракцией, то есть подобное устройство не может существовать. Если допустить существование такого устройства, то ток I , протекающий через него, стремился бы к бесконечности при подключении нагрузки, [сопротивление](#) R_H которой стремится к нулю. Но при этом получается, что [мощность](#) источника ЭДС также стремится к бесконечности, так как $P = EI$. Но это невозможно, по той причине, что мощность любого источника энергии конечна. В реальности, любой источник напряжения обладает внутренним сопротивлением r , которое имеет обратную зависимость от мощности источника. Наличие внутреннего сопротивления отличает реальный источник напряжения от идеального. Следует отметить, что внутреннее сопротивление — это исключительно конструктивное свойство источника энергии. Эквивалентная схема реального источника напряжения представляет собой последовательное включение источника ЭДС - E (идеального источника напряжения) и внутреннего сопротивления - r .

55) Эквивалентный поверхностный ток

сами. Но от этой фикции легко освободиться, если представить себе магнитные полюсы замененными эквивалентными электрическими токами.

В случае мультиполей достаточно, например, исключить полюсы „нулевого порядка“, а полюсы „первого порядка“, т. е. „математические диполи“, рассматривать как элементарные токи. При этом скалярный потенциал мультиполя n -го порядка $\varphi^{(n)}$ можно заменить эквивалентным векторным потенциалом $\mathbf{A}^{(n)}$. Если $\varphi^{(n)}$ может быть представлен в виде $\varphi^{(n)} = (\mathbf{a}_n \nabla) \varphi^{(n-1)}$, где $\nabla^2 \varphi^{(n-1)} = 0$, то получается просто

$$\mathbf{A}^{(n)} = \mathbf{a}_n \times \nabla \varphi^{(n-1)}, \quad (22)$$

так как при этом

$$\operatorname{rot} \mathbf{A}^{(n)} = -\nabla \varphi^{(n)}$$

(ср. § 8, главы III).

Однако введение векторного потенциала вместо скалярного обычно нецелесообразно.

При рассмотрении магнитного поля, создаваемого внутренней (или внешней) системой токов снаружи (или внутри) некоторой замкнутой поверхности S , вместо эквивалентного поверхностного распределения „магнитных зарядов“, можно ввести эквивалентные „поверхностные токи“. Поверхностную плотность подобного тока можно определить таким же самым образом, как и плотность поверхностного заряда. Применим общую формулу

$$\oint \mathbf{n} \times \mathbf{H} dS = \int \operatorname{rot} \mathbf{H} dV = 4\pi \int \mathbf{j} dV$$

к бесконечно малому цилиндру, заключающему элемент dS рассматриваемой поверхности и имеющему основания, параллельные и равные этому элементу. Тогда в предельном случае цилиндра с исчезающе малой высотой получим.

$$4\pi \mathbf{k} = \mathbf{n} \times (\mathbf{H}' - \mathbf{H}). \quad (23)$$

При этом \mathbf{k} обозначает поверхностную плотность электрического тока (согласно соотношению $\int \mathbf{k} dS = \int \mathbf{j} dV$), а \mathbf{H}' и \mathbf{H} — напряженности магнитного поля с внешней и внутренней сторон элемента dS . Следует заметить, что соотношение между \mathbf{H}' и \mathbf{H} , лежащее в основе формулы (23), имеет совершенно иной характер, нежели соответствующее соотношение между электрическими напряженностями \mathbf{E}' и \mathbf{E} . Действительно, так как магнитное поле удовлетворяет во всем пространстве уравнению $\operatorname{div} \mathbf{H} = 0$, то внутреннее произведение

$$\mathbf{n} (\mathbf{H}' - \mathbf{H}) = 0, \quad (23a)$$

т. е. нормальная компонента магнитного поля при прохождении сквозь поверхность S не может испытывать скачка. Напротив, для

56) Электрические волны Электромагнитное излучение (электромагнитные волны) — распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля (то есть, взаимодействующих друг с другом электрического и магнитного полей). Среди электромагнитных полей вообще, порожденных электрическими зарядами и их движением, принято относить собственно к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников — движущихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием. Электромагнитное излучение подразделяется на радиоволны (начиная со сверхдлинных), инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение и Электромагнитное излучение способно распространяться практически во всех средах. В вакууме (пространстве, свободном от вещества и тел, поглощающих или испускающих электромагнитные волны) электромагнитное излучение распространяется без затуханий на сколь угодно большие расстояния, но в ряде случаев достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом (несколько изменяя при этом свое поведение).

57) Элементарный магнитный вибратор

Магнитные вибраторы (Электромагнитные вибраторы) находят повсеместное применение. Их преимущества используются во многих типах вибрационных машин. В большинстве случаев использования вибрационных питателей магнитные вибраторы являются лучшими системами, особенно если важна точность дозирования. Магнитные вибраторы дают возможность постоянно поддерживать и регулировать производительность вибропитателей в широком диапазоне 0-100% во время эксплуатации. Выход на полную мощность и остановка вибропитателей с магнитным вибратором осуществляется немедленно после включения/выключения. Преимущества магнитных вибраторов: 1) высокая производительность при небольших размерах 2) Большой срок службы 3) Прочная механическая конструкция без трущихся частей, пластинчатые рабочие пружины со специально обработанной поверхностью 4) Низкое потребление энергии и последние технические разработки. Неодинаковая плотность тока в проводе получается также из-за влияния токов в соседних проводах. Это явление называется эффектом близости. Рассматривая магнитное поле токов одного направления в двух параллельно расположенных проводах, легко показать, что те элементарные проводники, принадлежащие разным проводам, которые наиболее удалены друг от друга, сцеплены с наименьшим магнитным потоком, следовательно, плотность тока в них наибольшая. Если токи в

параллельных проводах имеют, разные направления, то можно показать, что большая плотность тока наблюдается в тех элементарных проводниках, принадлежащих разным проводам, которые наиболее сближены друг с другом.

58. Элементарный электрический вибратор. Под элементарным электрическим вибратором подразумевают проводник, длиной во много раз меньшей длины излучаемой волны λ , обтекаемый током высокой частоты с одинаковой амплитудой фазой на всей его длине. Его диаграмма направленности в плоскости, проходящей через ось, имеет вид восьмёрки. В плоскости, перпендикулярной оси, направленность излучения отсутствует, и диаграмма имеет форму круга. Примером практического выполнения элементарного вибратора является вибратор Герца.

59. Элемент Гюйгенса Элементом Гюйгенса называют элемент dS волновой поверхности бегущей волны, линейные размеры которого много меньше λ , который поэтому можно считать плоским и в пределах которого касательные составляющие E_τ и H_τ поля сохраняют постоянные значения. Совместим начало декартовой системы координат O с центром прямоугольного элемента Гюйгенса, стороны и площадь которого равны dx , dy и $dS = dxdy$, в пределах которого E_τ параллельна оси x , H_τ – оси y . При определении поля элемента Гюйгенса в полупространстве $z > 0$ можно, в соответствии с теоремой эквивалентности, заменить касательные составляющие E_τ , H_τ плотностями поверхностных эквивалентных токов $\vec{\delta}_{s,э}$, $\vec{\delta}_{s,м}$ и найти комплексные амплитуды эквивалентных сторонних

$$I_{cm} = \delta_{s,э} dy = \frac{E_x}{Z_c}$$

электрического и магнитного токов, которые на dS равны соответственно:

Для примера необходимо рассмотреть две составляющих напряжённости электрического поля:

$$E_\theta(t) = \frac{k}{4\pi R} E_{xm} dS \cdot \cos \varphi \cdot (1 + \cos \theta) \cdot \sin(\omega t - kR + \varphi_{x0})$$

$$E_\varphi(t) = -\frac{k}{4\pi R} E_{xm} dS \cdot \sin \varphi \cdot (1 + \cos \theta) \cdot \sin(\omega t - kR + \varphi_{x0})$$

В дальней зоне электромагнитному полю элемента Гюйгенса присущи все основные особенности поля излучения элементарных излучателей. Это поле представляет собой сферические бегущие волны, расходящиеся в полупространстве $z > 0$ от элемента Гюйгенса вдоль радиусов R в бесконечность со

скоростью $v = 1 / \sqrt{\epsilon_a \mu_a}$ и убывающие по амплитуде по закону $1/R$.

60. Явление Поверхностный эффект и эффект близости

Сопротивление проводника постоянному току определяется по известной формуле $r_0 = \rho l / S$.

Это сопротивление можно также определить, зная величину постоянного тока I_0 и мощность P_0 : $r_0 = P_0 / I_0^2$. Оказывается, что в цепи переменного тока сопротивление r того же проводника больше сопротивления постоянному току: $r > r_0$.

Это сопротивление r в отличие от сопротивления постоянному току r_0 и носит название активного сопротивления. Увеличение сопротивления проводника объясняется тем, что при переменном токе плотность тока не одинакова в различных точках поперечного сечения проводника. У поверхности проводника плотность тока получается больше, чем при постоянном токе, а в центре меньше.

При высокой частоте неравномерность проявляется так резко, что плотность тока в значительной центральной части сечения проводника практически равна нулю, ток проходит только в поверхностном слое, отчего это явление и получило название поверхностного эффекта.

Таким образом, поверхностный эффект приводит к уменьшению сечения проводника, по которому проходит ток (активного сечения), и, следовательно, к увеличению его сопротивления по сравнению с сопротивлением постоянному току.

Для объяснения причины возникновения поверхностного эффекта представим цилиндрический провод (рис. 1) состоящим из большего числа элементарных проводников одинакового сечения, прилегающих вплотную друг к другу и расположенных концентрическими слоями.

Сопротивления этих проводников постоянному току, найденные по формуле $\rho l / S$ будут одинаковы.

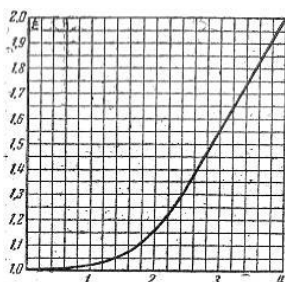


Рис. 2. График для определения коэффициента поверхностного эффекта.

При вычислении этого произведения следует выражать d в см, γ — в 1/ом-см, μ_0 — в гн/см и f — в гц.

Рассматривая магнитное поле токов одною направления в двух параллельно расположенных проводах, легко показать, что те элементарные проводники, принадлежащие разным проводам, которые наиболее удалены друг от друга, сцеплены с наименьшим магнитным потоком, следовательно, плотность тока в них наибольшая. Если токи в параллельных проводах имеют, разные направления, то можно показать, что большая плотность тока наблюдается в тех элементарных проводниках, принадлежащих разным проводам, которые наиболее сближены друг с другом.

ТТ

Анализ времени доставки сообщений в сетях с коммутацией каналов

Передача данных по сетям с коммутацией каналов осуществляется в три фазы - установление соединения, передача данных, разведение соединения. Для реализации этих процессов применяется система сигнализации. На рис. 4.1 показаны упрощенно сигнальные сообщения, которыми обмениваются абоненты и коммутационные узлы в процессе передачи.

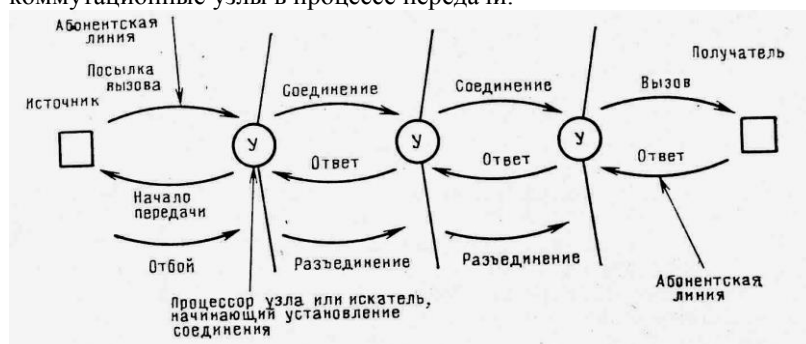


Рис. 4.1 Сигнализация в сети с коммутацией каналов.

Передача сигнализации может осуществляться как по специальному общему для всех коммутируемых каналов каналу сигнализации (ОКС), так и в полосе речевого сигнала, т.е. по тем же соединительным линиям, по которым передаются информационные сообщения. Рассмотрим сначала именно этот случай. Найдем время установления соединения, которое будет являться функцией нагрузки в сети, длины управляющих и информационных сообщений, интенсивности передачи сигнальных сообщений и данных (скорости передачи), а также числа каналов (соединительных линий) предоставленных для связи. Рассмотрим модель сети с коммутацией каналов в виде системы обслуживания, в которой вызовы ожидают освобождения каналов, а не блокируются. Отбросим на этом этапе проблему маршрутизации, предположив сеть полносвязной. На рис. 4.2 показана модель СМО, соответствующая сделанным предположениям. Два узла коммутации А и В связаны между собой N каналами (СЛ) с пропускной способностью C_L , бит/с. Пусть это также и скорость передачи по абонентскому шлейфу. С этой скоростью данные будут передаваться по каналу после установления соединения. Вызовы от абонентских устройств поступают на узел А и находятся в очереди пока не станет свободным хотя бы одна СЛ до узла В. На рис. 4.3 показаны все составляющие времени T_c — времени установления соединения от момента передачи сообщения запроса передачи до момента приема сообщения о начале передачи. Временем на соединение узла В и получателя пренебрегаем. Показанные отрезки времени требуются для передачи каждого из сигнальных сообщений, обработка в узлах А и В требует в каждом случае среднее время $M\langle T_p \rangle$. Среднее время ожидания в очереди в узле А до освобождения одного из N каналов обозначено $M\langle W \rangle$.

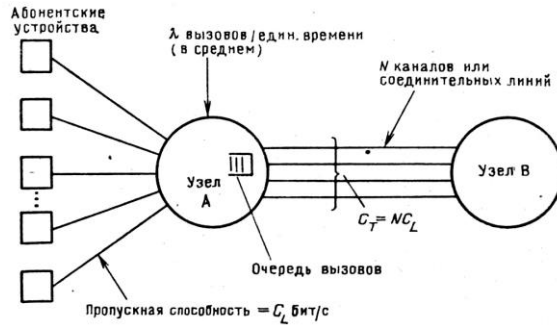


Рис. 4.2 Пара узлов в полносвязной сети с коммутацией каналов; модель системы обслуживания; сигнализация по разговорному каналу.

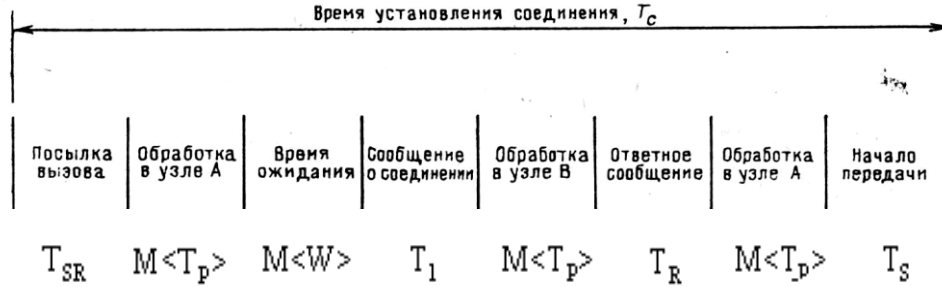


Рис. 4.3 Составляющие времени установления соединения.

Теперь примем для простоты, что каждое сигнальное сообщение имеет одну и ту же длину и требует времени передачи T_s . Время передачи сообщения о соединении примем равным T_l . При таком упрощении время соединения равно:

$$T_c = 3T_s + T_l + 3M\langle T_p \rangle + M\langle W \rangle$$

Для расчета среднего времени ожидания $M\langle W \rangle$ воспользуемся моделью системы обслуживания типа М/М/Ν с бесконечной длиной буфера и Ν серверами. Предположение о пуассоновском распределении потока вызовов является, как правило, адекватным в задачах со многими абонентами, допущение о показательном распределении времени обслуживания существенно более грубое, однако описание времени обслуживания статистикой общего вида сильно усложнит задачу.

Пусть интенсивность потока вызовов в узел А равна λ , а среднее значение времени обслуживания – $1/\mu$. Тогда можно использовать модель М/М/Ν со следующими характеристиками интенсивностей переходов

$$\lambda_n = \lambda,$$

$$\mu_n = n\mu; n < N,$$

$$\mu_n = N\mu; n \geq N.$$

Здесь n - состояние СМО, т.е. число установленных соединений, включая обслуживаемый вызов. Решение уравнений равновесия для данной системы было дано ранее. Введя параметр $\rho = \lambda/(\mu N)$, стационарные вероятности состояний определяются как

$$p_n = \frac{(N\rho)^n}{n!} p_0; n < N,$$

$$p_n = N^n \frac{\rho^n}{N!} p_0; n \geq N,$$

$$p_0 = \left[\sum_{n=0}^{N-1} \frac{(N\rho)^n}{n!} + \frac{1}{1-\rho} \frac{(N\rho)^N}{N!} \right]^{-1}.$$

Теперь можно определить все необходимые характеристики качества обслуживания. Найдем сначала вероятность того, что сообщение будет задержано в системе, т.е. заявка не найдет свободного сервера. Очевидно, что эта вероятность равна

$$P_w = \sum_{n=N}^{\infty} p_n = \frac{(\rho N)^N p_0}{(1-\rho)N!}.$$

Эта формула известна как С - формула Эрланга: $P_w = C(N, \rho N)$

$$C(m, \lambda / \mu) = \frac{\left(\frac{(A)^m}{m!} \right) \left(\frac{1}{1 - A/m} \right)}{\left[\sum_{k=0}^{m-1} \frac{(A)^k}{k!} + \left(\frac{(A)^m}{m!} \right) \left(\frac{1}{1 - A/m} \right) \right]}, \text{ где } A = \frac{\lambda}{\mu}$$

Вторым аргументом в С- формуле Эрланга используется полная нагрузка на пучок каналов, а не удельная нагрузка $\rho < 1$. Будем для определенности обозначать далее полную нагрузку $A = \rho N$. Эта нагрузка, конечно, также измеряется в Эрлангах.

Найдем среднее число сообщений, ожидающих обслуживание. Оно равно разности между средним числом сообщений в системе и средним числом сообщений, находящихся на обслуживании

$$M \langle m \rangle = \sum_{n=N+1}^{\infty} n p_n - N \sum_{n=N+1}^{\infty} p_n = \frac{\rho}{1 - \rho} C(N, A)$$

В качестве подтверждения правильности сделанного вывода можно найти значение среднего числа ожидающих сообщений для $N=1$. Оно получится в точности таким, как было выведено ранее для СМО типа М/М/1.

$$M \langle m \rangle = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$$

Теперь найдем среднее число сообщений, находящихся в системе $M \langle n \rangle$ и число сообщений, находящихся в обслуживании $M \langle s \rangle$. Вычисление показывает, что

$$M \langle n \rangle = M \langle m \rangle + M \langle s \rangle,$$

$$M \langle s \rangle = N \rho = A.$$

Пользуясь формулой Литтла теперь можно найти задержку в узле $M \langle T \rangle$ и среднее время ожидания для сообщения $M \langle W \rangle$:

$$M \langle T \rangle = \frac{M \langle n \rangle}{\lambda} = \frac{1}{\mu} + M \langle W \rangle,$$

$$M \langle W \rangle = \frac{M \langle m \rangle}{\lambda} = \frac{1}{\mu} \frac{C(N, A)}{(N - A)}.$$

Применение многоканальной системы резко снижает время ожидания обслуживания.

С другой стороны интересен вопрос о целесообразности разделения одного канала фиксированной пропускной способности на несколько менее производительных каналов.

Пусть имеется канал с пропускной способностью 9600 бит/с и нужно решить, стоит ли разделить его на 5 отдельных каналов по 1920 бит/с. Предположим, что $1/\mu = 10$ мс, т.е. сообщения имеют среднюю длину 192 бита. Средняя задержка при нагрузке $A=0.8$ при пяти каналах будет равна:

$$M \langle W \rangle = 10^{-2} C(5, 0.8) / (5 - 0.8) = 0,1 \text{ сек}$$

Если же использовать один канал со скоростью передачи 9600 бит/с, значение среднего времени ожидания будет равно:

$$M \langle W \rangle = 0,024 \text{ сек}$$

Что существенно меньше. Таким образом, канал с большей пропускной способностью предпочтительнее, чем составляющие его каналы с меньшей пропускной способностью для передачи некоторого заданного объема пакетов данных.

В случае передачи сообщений по сети с коммутацией каналов собственно время передачи данных T_M представляет собой только одну из составляющих и для определения величины среднего времени обслуживания $1/\mu$ необходимо учитывать все составляющие времени занятия канала. Обозначим далее среднее значение этого полного времени занятия канала

$$T_H = 1/\mu = 4T_s + T_I + 4M \langle T_P \rangle + T_M$$

Эта формула соответствует временной диаграмме занятия канала, изображенной на рис.4.4 в предположении, что все сигнальные сообщения имеют одну и ту же длительность T_s .

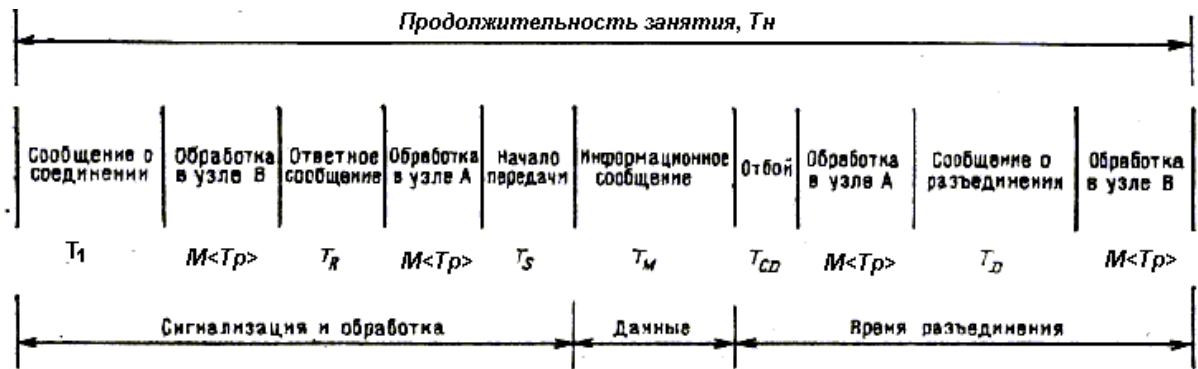


Рис. 4.4 Составляющие времени занятия; пример рис. 2.

С уже сделанной оговоркой о предположении экспоненциальности распределения этого времени (из формулы видно, что это сумма случайных величин), будем использовать полученное ранее соотношение для расчета среднего времени ожидания обслуживания

$$M\langle W \rangle = \frac{C(N, A)}{N - A} T_H,$$

$$A = \lambda T_H.$$

Введем величину, определяющую параметр удельного полезного использования канала $\rho_m = \lambda T_m / N$. Этот параметр отличается от обычного коэффициента использования $\rho = \lambda T_H / N$, который не различает время на передачу информационного сообщения и время на передачу сигнализационных сообщений.

Рассмотрим зависимость нормированного времени установления соединения в сети с коммутацией каналов T_c / T_m от параметра удельного полезного использования канала при различных длительностях передачи сигнальной информации. Примем для определенности время передачи сообщения о соединении $T_1 = 0.1 T_m$. Обозначим T_{sig} – время для передачи всех других сигнальных сообщений ($4T_s$). Пусть узел имеет $N=10$ исходящих каналов. На рисунке 4.5. приведены два графика, позволяющие проанализировать некоторые характерные черты сети с коммутацией каналов. Графики построены для двух случаев – когда время для передачи сигнальных сообщений T_{sig} различаются в десять раз. Как видно из графиков, такое различие приводит к разным предельным значениям параметра полезного использования канала от 0.67 до 0.88 при меньших в десять раз длительностях сигнальных пакетов. Также видно, что увеличение нагрузки на узел сначала медленно, а затем резко увеличивает время установление соединения, причем сокращение сигнальных сообщений в любом случае уменьшает это время.

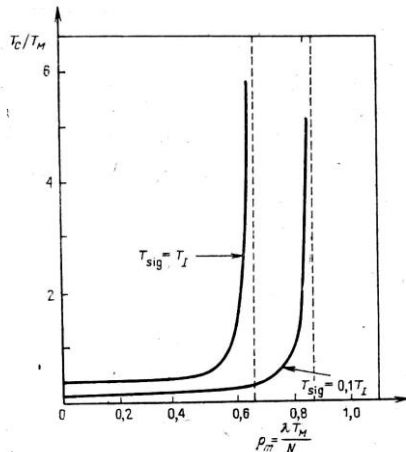


Рисунок 4.5. Нормированное время распределения соединения; $N = 10$ каналов $T_1 = 0.1 T_m$

Анализ времени доставки сообщений в сетях с коммутацией пакетов.

В сети с коммутацией пакетов каждый пакет доставляется индивидуальным маршрутом и передача пакета считается завершённой только после получения подтверждения о его приеме. Пропускная способность дуплексного канала между узлами равна $C_T = N C_L$ в каждом направлении, где величина C_L определяет максимальную скорость доступа к узлу от индивидуального абонента (пропускная способность абонентской линии). В этой сети принципиально отсутствуют расходы времени на установление соединения, однако в качестве накладных расходов выступает время на получение подтверждений о приеме пакета. Есть два способа передачи подтверждений. Первый состоит в передаче от узла В отдельных пакетов с информацией о подтверждении, а второй предполагает, что в информационные пакеты обратного направления встраиваются специальные поля битов подтверждения о приеме пакетов встречного направления.

Первый способ. Пусть каждый принятый пакет генерирует отдельное подтверждение фиксированной длины L_1 бит. Тем самым в каждом узле образуется поток пакетов переменной длины, состоящих из некоторого фиксированного поля длины L_1 и поля случайной длины со средним значением m_c . Такие пакеты поступают в очередь на входном узле и обслуживаются в порядке поступления. Очевидно, что здесь мы должны использовать модель СМО с произвольным распределением времени обслуживания в силу специфики структуры пакетов.

Найдем среднее значение времени обслуживания на один пакет. Поскольку весь выходной поток узла считывается в канал со скоростью C_T , можно записать, что время на передачу будет равно:

$$(L_1 + m_c) / C_T = t_h + t_m.$$

Первая составляющая представляет собой время на передачу «заголовков», а вторая составляющая – время на передачу собственно данных. Средняя длина подтверждений также равна t_h . Таким образом, среднее «эквивалентное» время обслуживания в системе M/G/1 следует принять равным

$$M\langle\tau\rangle = \frac{1}{2}(t_h + t_m) + \frac{1}{2}t_h.$$

Поскольку поступления двух типов входящих сообщений равновероятны, и обслуживание происходит в порядке поступления, можно считать, что коэффициент использования для данной системы будет определяться как

$$\rho = 2\lambda M\langle\tau\rangle = \lambda(t_m + 2t_h) = \rho_M(1 + 2t_h/t_m).$$

Здесь был введен параметр $\rho_M = \lambda t_m$ эффективный коэффициент использования передаваемых через канал битов. Его смысл полностью совпадает с введенным выше с тем же обозначением коэффициента для сети с коммутацией каналов. Таким образом, мы ввели для сети с коммутацией пакетов параметр сравнения, совпадающий с параметром сети, ориентированной на соединение.

Для СМО типа M/G/1 среднее время ожидания зависит от второго момента распределения времени обслуживания. Найдем

$$M\langle\tau^2\rangle = 0.5(t_h^2 + (t_m + t_h)^2 + t_m^2).$$

Выражение для среднего значения времени ожидания пакета в системе:

$$M\langle W\rangle = \frac{\lambda}{2} [t_h^2 + (t_m + t_h)^2 + t_m^2] / (1 - \rho),$$

$$M\langle W\rangle = \rho_M(t_m + t_h + t_h^2/t_m) / (1 - \rho).$$

В конечном счете общее время отклика от узла до узла складывается из только что полученного времени задержки в очереди в узле А и задержки в очереди подтверждений в узле В, а также среднего времени передачи пакета и времени передачи подтверждения. Искомое время равно

$$T_D = t_m + 2t_h + 2M\langle W\rangle.$$

Для сравнения полученной величины со временем соединения в сети с коммутацией каналов, нормируем эту величину на время передачи данных по абонентской линии. Вводя обозначение отношения длины управляющего пакета к длине информационного пакета $k = L_1/m_c = t_h/t_m$, получим

$$T_D/T_M = \frac{1}{N} \left[1 + 2k + \frac{2\rho_M(1 + k + k^2)}{1 - \rho_M(1 + 2k)} \right].$$

Второй способ. Можно показать, что в этом случае нормированное время отклика может рассчитываться по формуле

$$T_D/T_M = \frac{2}{N} \left[1 + k' + \frac{\rho_M(1 + k' + (k')^2/2)}{1 - \rho_M(1 + k')} \right],$$

$$k' = t_h'/t_m \geq k.$$

Для сети с коммутацией каналов величина задержки определяется временем соединения $T_C = M\langle W\rangle + T_1 + 3T_s$, где среднее время ожидания в очереди и время на передачу сигнализационных сообщений необходимо выразить через длины пакетов, пропускные способности и сопоставимую величину коэффициента эффективного использования ρ_M . Для сети с коммутацией пакетов и потоком подтверждений будем находить время ответа T_D , выраженное через те же самые величины.

$$T_D = \frac{1}{C_T} \left[m_c + 2L_I \frac{2\rho_M(m_c + L_I + L_I^2/m_c)}{1 - \rho_M(1 - \frac{2L_I}{m_c})} \right],$$

$$T_C = M\langle W \rangle + (L_I + 3L_S)/C_L,$$

$$M\langle W \rangle = \frac{C(N, A)T_H}{N - A},$$

$$T_H = \frac{1}{C_L}(m_c + L_I + 4L_S),$$

$$A = N\rho_M(1 + \frac{L_I + 4L_S}{m_c}).$$

Коммутация пакетов может дать меньшее время реакции в диапазонах малых длин сообщений (пакетов), тогда как коммутация каналов имеет преимущества при больших длинах сообщений. Каналы с большей пропускной способностью при коммутации пакетов тем эффективнее, чем меньше коэффициент полезного использования ρ_M . При увеличении длины сигнального сообщения характеристики сети с коммутацией каналов сильно ухудшаются (в том случае, если для передачи сигнальной информации используются те же каналы).

Анализ и оптимизация двухзвенных коммутационных систем

Здесь мы рассмотрим один специфический метод анализа, который применим при малом числе звеньев, но дает весьма точные результаты. Это комбинаторный **метод Якобеуса**. Покажем применение этого метода на примере **двухзвенной** коммутационной системы с полноступным включением ПЛ.

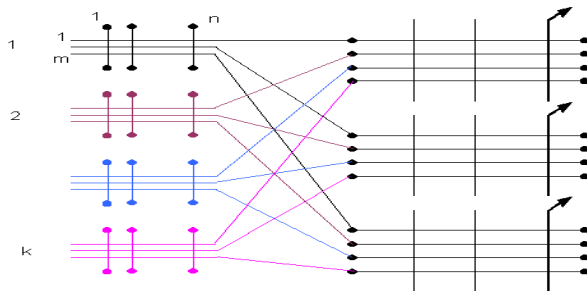


Рис. 2.2 Пример **двухзвенной** коммутационной системы с полноступным включением ПЛ.

Число выходов из каждого коммутатора звена в этой схеме для направления с номером j равно единице. Будем считать, что к рассматриваемому моменту вызов поступил на один из входов схемы. Например, на второй вход первого коммутатора. Установление соединения через схему заключается в использовании одной из свободных ПЛ и одного из свободных выходов требуемого направления, взаимно доступных друг - другу. Для обслуживания поступившего вызова могут быть использованы m ПЛ и m выходов требуемого направления, выделенных на рисунке жирными линиями. Блокировка наступит в **трех случаях**:

- 1) заняты все ПЛ, которые могут быть использованы для обслуживания,
- 2) заняты все выходы в требуемом направлении,
- 3) комбинация свободных ПЛ и свободных выходов требуемого направления не взаимно доступна.

Если вероятность занятия любых i из m промежуточных линий, принадлежащих коммутатору первого звена обозначить W_i , а вероятность занятия определенных $m-i$ выходов (соответствующих свободным ПЛ) обозначить через H_{m-i} , то в соответствии со сказанным вероятность блокировки схемы может быть записана как

$$p_B = \sum_{i=0}^m W_i H_{m-i}.$$

Метод Якобеуса предполагает, что события, определяемые этими вероятностями, независимы и могут быть заданы распределениями Эрланга или Бернулли.

При распределении Эрланга вероятность занятия i серверов в пучке из m серверов при интенсивности нагрузки на пучок равной A принимается равной

$$E_B(m, A) = \frac{\frac{A^i}{i!}}{\sum_{j=0}^m \frac{A^j}{j!}} = W_i$$

Вероятность занятия $m-i$ фиксированных серверов из m серверов в пучке, была нами рассчитана также ранее:

$$h_{m-i} = \frac{E_B(m, A)}{E_B(m - (m-i), A)} = \frac{E_B(m, A)}{E_B(i, A)} = H_{m-i}$$

Если использовать распределение Бернулли для задания вероятности любых i серверов из пучка из m устройств, то соответствующие вероятности могут быть определены как

$$W_i = C_m^i \rho^i (1-\rho)^{m-i},$$

$$H_{m-i} = \rho^{m-i}.$$

Здесь в качестве ρ используется средняя нагрузка на одну линию в пучке.

Использование в формуле для вероятности блокировки этих различных распределений требует дополнительных предположений.

Если коммутаторы первого уровня имеют равное число входов и выходов (схема без сжатия и расширения), то для ПЛ можно принять распределение Бернулли. Если для выходов двухзвенной схемы также принять распределение Бернулли, считая что число коммутаторов первого звена небольшое, то можно подсчитать вероятность блокировки схемы по формуле

$$p_B = \sum_{i=0}^m C_m^i b^i (1-b)^{m-i} c^{m-i} = (b + c - bc)^m$$

Здесь приняты обозначения: b – средняя интенсивность нагрузки обслуживаемой одной ПЛ, Эрл, c – средняя интенсивность нагрузки, обслуживаемой одним выходом рассматриваемого направления, Эрл.

Если число коммутаторов первого звена достаточно велико, тогда целесообразно для выходов данного направления принять распределение Эрланга. Тогда подстановка в формулу вероятности блокировки дает

$$p_B = \frac{\sum_{i=0}^m \frac{A^i / i!}{\sum_{j=0}^m \frac{A^j}{j!}} b^{m-i}}{\sum_{j=0}^m \frac{\rho^j}{j!}} = \frac{b^m}{\sum_{j=0}^m \frac{\rho^j}{j!}} \sum_{i=0}^m \frac{(A/b)^i}{i!} = \frac{E_B(m, A)}{E_B(m, A/b)}$$

Если для образования каждого направления в каждом коммутаторе второго звена отводится не один, а q выходов, то для модели Бернулли для выходов можно получить формулу

$$p_B = \left(b + c - bc^q \right)^m$$

$$p_B = \frac{E_B(mq, A)}{E_B(mq, A/b)}$$

Для модели Эрланга для выходов

При наличии сжатия в звене первого уровня можно считать пригодной модель Бернулли для первого звена и модель Эрланга для второго. Тогда вероятность блокировки может быть определена по формуле

$$p_B = b^m + \frac{E_B(mq, A)}{E_B(mq, A/b)}$$

В схемах с расширением, т.е. когда число выходов в коммутаторах первого звена превышает число входов, можно рассчитать вероятность блокировки по формуле

$$P_B = \frac{E_B(mq, A)}{E_B(nq, A/a)}$$

Здесь a обозначена средняя интенсивность нагрузки, обслуженной одним входом коммутатора первого звена. Таким образом, мы получили ряд формул для расчета вероятности блокировки двухзвенной системы коммутации.

Анализ и оптимизация трехзвенных коммутационных систем.

На практике в электронных системах часто используется трехзвенная схема коммутации, представленная на рис. 2.3.

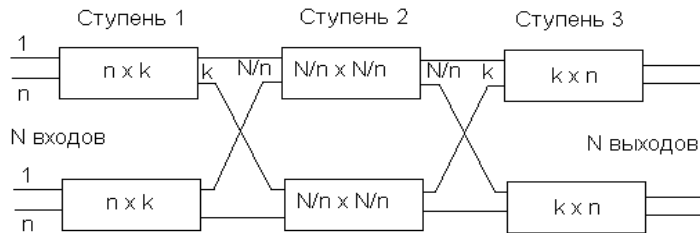


Рис. 2.3 Трехзвенная схема коммутации.

Схема содержит N/n входных и N/n выходных коммутаторов, образующих соответственно первую и третью ступени коммутации. Вторая ступень коммутации состоит из k квадратных коммутаторов с N/n входами и выходами. С помощью ПЛ каждый выход коммутатора первой ступени соединяется с разными коммутаторами второй ступени, так что подключаемый вход соответствует месту коммутатора первой ступени. Иначе говоря, выходы первого коммутатора первой ступени подключаются к первым входам коммутаторов второй ступени, выходы второго коммутатора – ко вторым входам всех коммутаторов второй ступени и так далее. Аналогично соединяются через ПЛ выходы коммутаторов второй ступени со входами коммутаторов третьей.

Если подсчитать число точек коммутации для этой схемы, то его можно выразить формулой

$$C = 2\left(\frac{N}{n}\right)nk + k\left(\frac{N}{n}\right)^2 = 2Nk + k\left(\frac{N}{n}\right)^2.$$

При надлежащем выборе параметров n и k сложность коммутационной схемы может быть существенно ниже, чем при однозвенном построении, когда число точек коммутации в точности равно $N \times N$.

Давая выигрыш в числе точек коммутации, многозвенная схема может, как было показано на примере двухзвенной структуры, привести к наличию блокировок. Для трехзвенной схемы условие неблокируемости было получено Ч.Клосом:

$$k = 2n - 1.$$

Вывод этого соотношения проводится из простых рассуждений в предположении занятости $n-1$ входов коммутаторов первой и третьей ступени. Поскольку при этом будут заняты $n-1$ коммутаторов второй ступени, то для установления n -го соединения необходим еще один коммутатор второй ступени. Отсюда

$$k = (n-1) + (n-1) + 1 = 2n - 1.$$

Число точек коммутации для неблокирующей трехзвенной схемы будет равно

$$C_{noblock} = 2N(2n - 1) + (2n - 1)\left(\frac{N}{n}\right)^2.$$

Число коммутаторов в первой и третьей ступени также можно выбрать. Попробуем минимизировать число точек коммутации, варьируя число входов n . Дифференцируя по n и решая уравнение, получим:

$$n_{opt} \approx \sqrt{N/2}$$

$$C_{opt} \approx 4\sqrt{2}N^{3/2}.$$

Очевидно, что это существенно меньше, чем $N \times N$ для однозвенной схемы. Например, при $N=100\,000$ для однозвенной схемы число точек коммутации составило бы фантастическое число 10^{10} . Для трехзвенной неблокирующей схемы оно составит около $1.7 \cdot 10^8$. Еще большей экономии в сложности схемы можно достигнуть, применяя многозвенные схемы с блокировкой, но на очень низком уровне.

Для анализа таких схем применяют метод Якобеуса и более простой метод вероятностных графов Ли. Рассмотрим пример такого анализа для рассмотренной выше трехзвенной схемы.

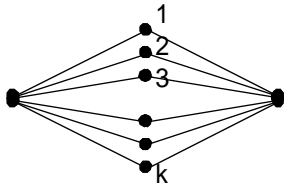


Рис. 2.4 Граф Ли для трехзвенной схемы коммутации.

На рис. 2.4 представлен вероятностный граф, который отражает две группы каналов, которые должны соединяться друг с другом. Блокировка может возникнуть, если $k < 2n-1$. Кроме того, будем считать, что в системе не используется концентрация, т.е. $k > n$ и блокировка входных или выходных коммутаторов исключена.

Предположим, что вероятность занятия входного канала равна значению параметра биномиального распределения, который, как показано было ранее, определяется через параметр входного потока и среднее время обслуживания

$$a = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$$

Предположим также, что нагрузка будет распределена равномерно между всеми коммутаторами промежуточного звена. Тогда вероятность занятия ПЛ будет равна

$$w = \frac{an}{k}$$

В соответствие с полученной выше формулой для графа Ли с параллельно-последовательной структурой можно записать:

$$P_B = [1 - (1 - w)^2]^k$$

Нужно сразу заметить, что эта вероятность не равна нулю даже при выполнении условия неблокируемости Класа. Это говорит о погрешности формул, получаемых с помощью графов Ли.

Анализ мостиковых сетей массового обслуживания с блокировками методом вероятностных графов Ли.

Бывают случаи, когда граф сети не сводится к параллельно-последовательным схемам. Например, мостиковый граф (рис. 1.32)

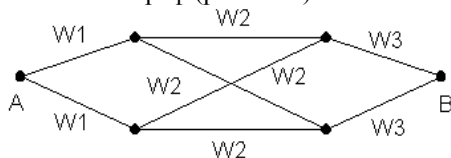


Рис. 1.32 Мостиковый граф.

Для такого графа можно получить вероятность блокировки пути АВ в виде

$$P_{B(AB)} = (1 - w_3) \left[w_1 + w_2^2 (1 - w_1) \right]^2 + 2w_3 (1 - w_3) \left[w_1 + w_2 (1 - w_1) \right]^2$$

Графы типа приведенных выше часто встречаются при анализе многозвенных коммутационных схем. Там они имеют более сложный вид, например как на рис. 1.33 и 1.34.

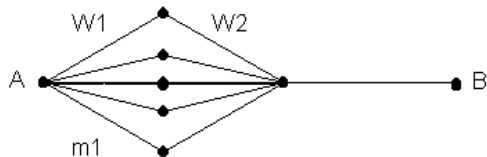


Рис. 1.33 Пример параллельно – последовательного графа.

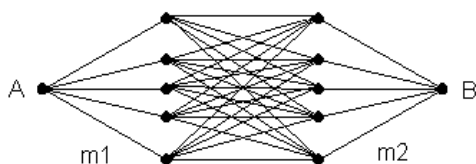


Рис. 1.34 Пример параллельно – последовательного графа.

Для этих графов можно получить явные выражения для вероятности блокировки пути АВ

$$(\text{для рис.1.33}) \Rightarrow p_{B(AB)} = 1 - \{1 - [1 - (1 - w_1)(1 - w_2)]^{m_1}\}(1 - w_3),$$

$$(\text{для рис.1.34}) \Rightarrow p_{B(AB)} = \sum_{k=1}^{m_2} C_{m_2}^k w_3^{m_2-k} (1 - w_3)^k [w_1 + w_2^k (1 - w_1)]^{m_1}.$$

Анализ параллельно-последовательных сетей массового обслуживания с блокировками методом вероятностных графов Ли

Метод Ли состоит в том, что вероятность блокировки пути между любыми вершинами графа может быть рассчитана как вероятность совместного занятия всех соединяющих эти вершины звеньев в предположении, что вероятности занятия каждого из звеньев независимы. Вероятность совместного занятия может быть рассчитана с помощью известных теорем теории вероятностей для сложных событий.

Обозначим вероятности занятия звеньев а, b, c соответственно w_a, w_b, w_c . Вероятности того, что звено свободно можно найти как $q_a = 1 - w_a; q_b = 1 - w_b; q_c = 1 - w_c$.

Вероятность блокировки пути АВ будет определяться как совместная вероятность занятости а и b: $w_a w_b$.

Вероятность свободности этого пути: $1 - w_a w_b$.

Общая вероятность свободности пути АС будет

$$(1 - w_a w_b) q_c = (1 - w_a w_b)(1 - w_c).$$

Тогда вероятность блокировки пути АС будет

$$p_B = 1 - (1 - w_c)(1 - w_a w_b).$$

Граф, рассмотренный здесь, относится к классу параллельно-последовательных. Для расчета вероятностей таких графов в общем случае применяются простые правила, сведенные ниже в таблицу:

Вероятность занятости (блокировки)	$w_i = 1 - q_i$
Вероятность свободности (неблокированности)	$q_i = 1 - w_i$
Параллельное включение звеньев	$w = w_1 w_2 w_i \dots w_n$
Последовательное включение звеньев	$q = q_1 q_2 q_i \dots q_n$

Анализ сетей массового обслуживания с N узлами (теорема Джексона)

Рассмотрим сеть (рис.1.28), содержащую N узлов, причем каждый i-й узел состоит из m_i серверов с показательным временем обслуживания с параметром μ_i , в каждый узел извне поступает пуассоновский поток заявок с интенсивностью γ_i . Покидая i-узел, заявка с вероятностью r_{ij} поступает в j узел.

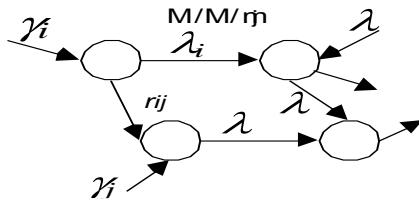


Рис. 1.28 Сеть, содержащая N узлов.

Обозначим λ_i полную интенсивность потока, поступающего в i-й узел, можно показать, что должно выполняться условие баланса

$$\lambda_i = \gamma_i + \sum_{j=1}^N \lambda_j r_{ji}, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Вероятность, того, что заявка после обслуживания в i-том узле вообще покинет сеть будет равна

$$1 - \sum_{j=1}^N r_{ji}.$$

Выполнение условия эргодичности марковской модели каждого узла будет обеспечено, если $\lambda_i < m_i \mu_i$.

Джексоном было доказано далеко не тривиальное утверждение, что каждый узел в сети ведет себя так, как если бы он был независимой СМО типа М/М/1 с входящим пуассоновским потоком λ_i . В общем случае полный входящий поток не является пуассоновским. Состояние сети с N узлами описывается вектором, (k_1, k_2, \dots, k_N) .

компонентами которого являются число заявок в каждом из узлов сети. Джексоны удалось доказать, что стационарная вероятность этого состояния разлагается в произведение безусловных распределений:

$$p(k_1, k_2, \dots, k_N) = p_1(k_1)p_2(k_2) \dots p_N(k_N)$$

Которые представляют собой стационарные вероятности для классической системы М/М/1. Этот удивительный результат называют теоремой Джексона.

Анализ сетей массового обслуживания с двумя узлами (теорема Бёрке).

$$D(s) = (1 - \rho)B(s) + \rho B(s) = (1 - \rho) \frac{\lambda}{(s + \lambda)} \frac{\mu}{(s + \mu)} + \rho \frac{\mu}{s + \mu},$$

$$D(s) = \frac{\lambda}{s + \lambda}.$$

Следовательно, плотность вероятности распределения промежутков времени между заявками, покидающими узел 1, является также случайной величиной с показательным законом распределения с тем же самым параметром. Это значит, что СМО типа М/М/1 превращает пуассоновский поток на входе в пуассоновский поток на выходе с тем же самым параметром. Этот результат называют **теоремой Бёрке**. Им было показано, что этот факт имеет место для всех СМО типа М/М/1. На основании этой теоремы можно исследовать многофазные последовательностные схемы.

Анализ систем с произвольным законом распределения времени обслуживания.

Здесь мы будем рассматривать системы массового обслуживания с немарковским распределением времени обслуживания. Для входных потоков марковость будет сохранена. В качестве типичной СМО рассмотрим М/Г/1.

Обозначим функцию распределения промежутков времени между последовательными поступлениями заявок на входе системы $A(t)$.

По определению марковского процесса

$$A(t) = 1 - e^{-\lambda t}; \quad t \geq 0$$

Значение λ определяет интенсивность потока заявок, среднее значения промежутка времени между требованиями $1/\lambda$, а дисперсия промежутка равна:

$$\sigma_a^2 = 1/\lambda^2$$

Обозначим функцию распределения времени обслуживания $B(x)$, а плотность распределения $b(x)$.

Рассмотрим теперь описание СМО с точки зрения ее состояния в момент t . Обозначим $N(t)$ число требований, присутствующих в системе в этот момент. Кроме того, необходимо знать время обслуживания, которое к данному моменту получило требование уже находящееся в сервере. Обозначим его $X_0(t)$. Таким образом, от однокомпонентного описания состояния СМО с марковским процессом обслуживания для произвольного закона обслуживания необходимо перейти к двухкомпонентному описанию. Кроме дискретной

составляющей $N(t)$, теперь нужно рассматривать пару $[N(t), X_0(t)]$

Где вторая компонента есть непрерывная функция. Для упрощения решения задачи будем рассматривать только специально выбранные моменты времени, для которых величина времени уже проведенного заявкой в сервере является величиной известной или еще лучше постоянной. Используемый здесь подход состоит в том, чтобы рассматривать исключительно моменты ухода заявок из системы и описывать состояние числом требований, остающихся в эти моменты в системе. На множестве точек на оси времени, определяемых этими моментами, построим вложенную марковскую цепь, как число требований, остающихся после ухода. Можно убедиться, что при этом получается полное описание состояний. Введем обозначения:

C_n – n -ое требование, поступающее в систему; τ_n – время поступления n -го требования, а $t_n = \tau_n - \tau_{n-1} = x_n$ – время обслуживания n -го требования.

Обозначим q_n – число требований, остающихся в системе в момент ухода требования C_n , а число требований, поступающих в систему за время обслуживания этого требования – v_n .

Найдем распределение вероятностей q_n , которое фактически зависит от времени. Предельное распределение, которое мы ранее называли p_k , есть не что иное как предел этого распределения при $n \rightarrow \infty$.

Марковская цепь описывается вероятностями перехода. Определим вероятности перехода за один шаг

$$p_{ij} = P[q_{n+1} = j | q_n = i]$$

Матрица переходов будет иметь вид:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \alpha_0 & \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \dots \\ \alpha_0 & \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \dots \\ 0 & \alpha_0 & \alpha_1 & \alpha_2 & \dots \\ 0 & 0 & \alpha_0 & \alpha_1 & \dots \end{bmatrix}; \alpha_k = P[v_{n+1} = k]$$

Например, j -элемент первой строки матрицы представляет собой вероятность того, что предыдущее требование, уходя, оставило систему пустой, а за время обслуживания требования C_{n+1} поступает ровно j новых требований и все они остаются в системе после ухода требования C_{n+1} . Точно так же в других строках элемент p_{ij} при $j > i-1$ представляет собой вероятность поступления точно $j-i+1$ требований за время обслуживания $n+1$ требования при условии, что n -ое требование, уходя, оставляет в системе точно i требований. Диаграмма вероятностей переходов приведена на рис 3.1.

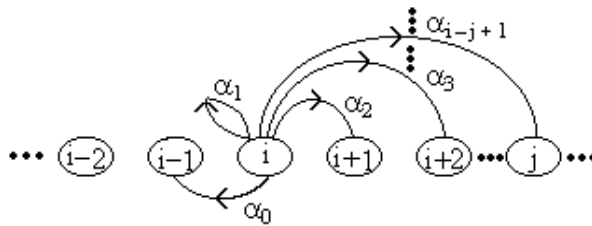


Рис. 3.1 Диаграмма вероятностей переходов для вложенной марковской цепи типа **M/G/1**.

Вычислим теперь значения α_k . Исходя из того, что входной поток пуассоновский и не зависит от состояния СМО, а также время обслуживания каждого требования также не зависит от состояния, отбросим индексы у обозначений соответствующих величин. По формуле полной вероятности будем иметь

$$\begin{aligned} \alpha_k &= P[v = k] = \int_0^\infty P[v = k, x < \bar{x} \leq x + dx] dx = \\ &= \int_0^\infty P[v = k | \bar{x} = x] b(x) dx = \int_0^\infty \frac{(\lambda x)^k}{k!} e^{-\lambda x} b(x) dx. \end{aligned}$$

Эта формула полностью представляет матрицу перехода.

Все значения α положительны, что означает достижимость и неприводимость рассматриваемой марковской

цепи. Введем обычное определение $\rho = \lambda \bar{x}$.

Если $\rho < 1$, марковская цепь будет эргодична. В этом предположении можно получить матричное уравнение для определения стационарных вероятностей p_k , т.е. вероятностей того, что уходящее требование оставляет

в СМО ровно k требований: $\mathbf{p} = \mathbf{p} \cdot \mathbf{P}$, где вектор $\mathbf{p} = [p_1, p_2, p_3, \dots]$.

Одной из наиболее важных характеристик СМО является значение средней длины очереди.

Для системы M/G/1 она дается формулой **Полячека-Хинчина**. Определим в пределе длину очереди как

$$\tilde{q} = \lim_{n \rightarrow \infty} q_n$$

Анализируя два случая ухода требования C_n когда система остается непустой (Рис. 3.2) и случай ухода требования, когда система остается пустой (Рис.3.3),

Получаем два соотношения, связывающие случайные величины, определяющие число требований:

$$\text{Для непустой} \quad q_{n+1} = q_n - 1 + v_{n+1}, \quad q_n > 0$$

$$\text{Для пустой} \quad q_{n+1} = v_{n+1}, \quad q_n = 0$$

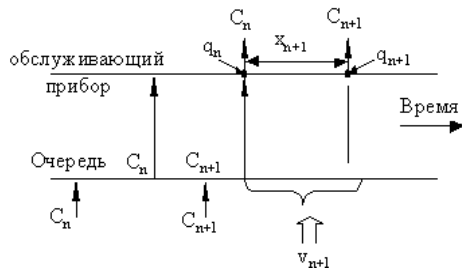


Рис. 3.2 Случай $q_n > 0$.

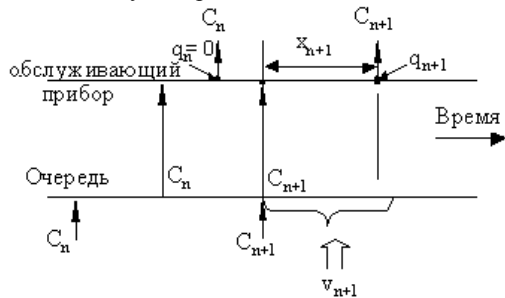


Рис. 3.3 Случай $q_n = 0$.

Если ввести ступенчатую дискретную функцию

$$\Delta_k = \begin{cases} 1, & k = 1, 2, 3, \dots, \\ 0, & k \leq 0, \end{cases}$$

то можно объединить эти соотношения в одно:

$$q_{n+1} = q_n - \Delta_{q_n} + v_{n+1}$$

Из этого уравнения получим искомое значение средней длины очереди следующим образом. Возведем в квадрат правую и левую часть, а затем определим математическое ожидание от правой и левой части.

$$\begin{aligned} M\langle q_{n+1}^2 \rangle &= M\langle q_n^2 \rangle + M\langle \Delta_{q_n}^2 \rangle + M\langle v_{n+1}^2 \rangle - \\ &- 2M\langle q_n \Delta_{q_n} \rangle + 2M\langle q_n v_{n+1} \rangle - 2M\langle \Delta_{q_n} v_{n+1} \rangle. \end{aligned}$$

Переходя к пределу при $n \rightarrow \infty$, можно получить

$$M\langle \tilde{q} \rangle = \rho + \frac{M\langle \tilde{v}^2 \rangle - M\langle \tilde{v} \rangle}{2(1 - \rho)}.$$

Здесь неизвестно только математическое ожидание от квадрата случайной величины, называемое вторым моментом распределения. Мы не будем вдаваться в тонкости вычисления этой величины, что могло бы быть полезно само по себе, и запишем сразу соотношение для числителя

$$M\langle \tilde{v}^2 \rangle - M\langle \tilde{v} \rangle = \lambda^2 \overline{x^2}$$

Теперь можно выписать окончательный результат для средней длины очереди в момент ухода обслуженного требования, выражающийся через известные величины – коэффициент использования ρ и второй момент

$$\overline{x^2} = \int_0^\infty x^2 b(x) dx$$

распределения времени обслуживания

Эта формула и получила название формулы **Полячека – Хинчина**

$$\bar{q} = \rho + \frac{\lambda^2 \overline{x^2}}{2(1 - \rho)}$$

В частном случае формула позволяет найти среднюю длину очереди и для показательного распределения времени обслуживания (система М/М/1) и для детерминированного времени обслуживания (система М/Д/1). В первом случае достаточно подставить значение второго момента для показательного распределения равное $1/\lambda^2$, а для второго случая положить второй момент равный нулю.

$$M / M / 1: \bar{q} = \rho + \frac{2\rho^2}{2(1-\rho)} = \frac{\rho}{1-\rho},$$

$$M / D / 1: \bar{q} = \frac{2\rho - \rho^2}{2(1-\rho)} = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}.$$

Как видно, уменьшение дисперсии времени обслуживания несколько снижает длину очереди.

Наконец, воспользовавшись формулой Литтла, которая справедлива и в рассматриваемом случае, получим значение среднего времени обслуживания в системе M/G/1.

Обозначим T – среднее время пребывания требования в системе. По формуле Литтла:

$$\lambda T = \bar{q} = \rho + \frac{\lambda^2 \bar{x}^2}{2(1-\rho)};$$

$$T = \bar{x} + \frac{\lambda \bar{x}^2}{2(1-\rho)}.$$

Таким образом, мы определили все важнейшие характеристики системы с произвольным распределением времени обслуживания в сервере.

Анализ систем типа M/M/1:∞.

Как было описано при классификации систем, это система с пуассоновским входным потоком заявок, экспоненциальным законом распределения времени обслуживания и одним сервером.

На рис. 1.10 приведена простейшая схема такой системы. Она содержит буфер, который может хранить очередь бесконечной длины, состояние которой может быть отождествлено с числом заявок, содержащихся в очереди в каждый момент времени.

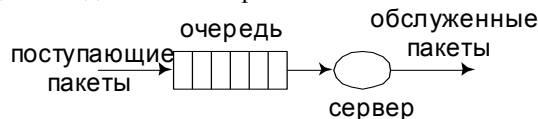


Рис. 1.10 СМО типа M/M/1.

Поскольку входной процесс ординарный, то в каждый момент времени k очереди может добавиться только одна заявка, поскольку сервер один, то в каждый момент времени может быть обслужена, то есть уйти из очереди только одна заявка. Таким образом, рассматриваемая СМО относится к процессу класса «гибели-размножения». Для анализа необходимо конкретизировать параметры системы. Распределение вероятностей входного потока и времени обслуживания позволяет полагать интенсивности вероятностей в модели постоянными.

$$\lambda_k = \lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots,$$

$$\mu_k = \mu = 1/\tau, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

Здесь τ – среднее время обслуживания в сервере.

На рис 1.11 приведена диаграмма интенсивностей переходов для рассматриваемой системы.

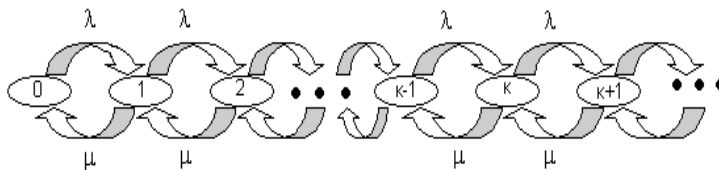


Рис. 1.11 Диаграмма интенсивности переходов для СМО типа M/M/1.

Полученное ранее общее решение позволяет сразу записать вероятность того, что в стационарном состоянии в очереди будет находиться k заявок

$$p_k = p_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{\mu} = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k; \quad k \geq 1.$$

Найдем начальное значение вероятности, учитывая сходимость соответствующего ряда

$$p_0 = 1 / \left[1 + \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \right] = \frac{1}{1 + \frac{\lambda/\mu}{1 - \lambda/\mu}} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \rho$$

Окончательно получаем формулу для вероятности длины очереди

$$p_k = (1 - \rho) \rho^k, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

На рис. 1.12 приведен график вероятностей того, что в очереди находится k заявок в установившемся режиме.

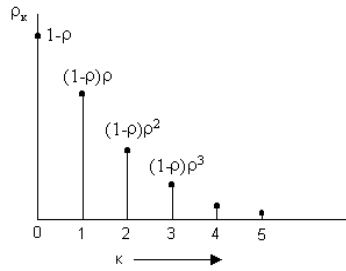


Рис. 1.12 Стационарные вероятности p_k для СМО типа M/M/1.

Теперь найдем наиболее интересные характеристики.

Важной характеристикой системы является **средняя длина очереди**. Зная вероятности каждого из возможных значений длины, найдем математическое ожидание:

$$\bar{N} = \sum_{k=0}^{\infty} k p_k = (1-\rho) \sum_{k=0}^{\infty} k \rho^k = \frac{\rho}{1-\rho}.$$

График средней длины очереди заявок в системе в зависимости от значения коэффициента использования или нагрузки показан на рис. 1.13.

$$\sigma_N^2 = \sum_{k=0}^{\infty} (k - \bar{N})^2 p_k = \frac{\rho}{(1-\rho)^2}.$$

Найдем теперь дисперсию длины очереди:

Для нахождения среднего значения времени пребывания в очереди воспользуемся формулой Литтла.

$$T = \frac{\bar{N}}{\lambda} = \left(\frac{\rho}{1-\rho} \right) \left(\frac{1}{\lambda} \right) = \frac{1/\mu}{1-\rho}.$$

На рис. 1.14 приведен график зависимости среднего времени пребывания в очереди в зависимости от коэффициента использования (нагрузки).

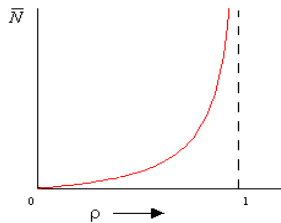


Рис. 1.13 Среднее число требований в системе типа M/M/1

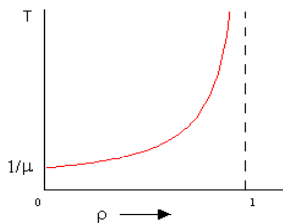


Рис. 1.14 Среднее время пребывания требования в системе типа M/M/1 как функция ρ

Рассматривая полученные результаты, нетрудно видеть, что при увеличении коэффициента использования, как длина очереди, так и время пребывания в ней неограниченно возрастают при приближении ρ к единице. Такой вид зависимости от коэффициента использования характерен для почти всех СМО.

Наконец найдем вероятность того, что в очереди будет находиться не менее чем k заявок и того, что в очереди менее k заявок.

$$P[\geq k] = \sum_{i=k}^{\infty} p_i = \sum_{i=k}^{\infty} (1-\rho) \rho^i = \rho^k,$$

$$P[< k] = 1 - \rho^k.$$

Вероятность занятия определенных фиксированных серверов.

Вероятность занятия одного фиксированного сервера тогда может быть задана величиной в точности равной $\eta = Y/m$. Для D фиксированных серверов эта вероятность будет очевидно η^D . Для схем НВ эта вероятность в точности равна ρ^D . Следовательно, приходим к соотношениям

$$\eta \rightarrow D \sqrt{p_B} \cdot \Delta y_m \rightarrow D \sqrt{p_B},$$

$$m = D + (Y - Y_D) / D \sqrt{p_B}.$$

Дисциплины обслуживания с приоритетами, зависящими от времени

На практике часто встречается задача назначения приоритетов в зависимости от времени поступления заявки. Например, для того, чтобы никакие требования не задерживались в системе очень долго, несмотря на общую

нагрузку, организуют дисциплину обслуживания, при которой чем дольше заявка находится в системе, тем ее приоритет становится выше.

Рассмотрим приоритетные функции, линейно зависящие от времени с крутизной нарастания, зависящей от номера класса, к которому принадлежит требование.

Предположим, что некоторое меченое требование поступает в момент τ и получает в момент t приоритет, определяемый значением приоритетной функции

$$q_p(t) = (t - \tau)b_p;$$

$$0 \leq b_1 \leq b_2 \leq b_3 \leq \dots \leq b_p.$$

Всякий раз, когда сервер готов к обслуживанию нового требования он выбирает из очереди требование с наивысшим мгновенным приоритетом - наибольшим значением приоритетной функции. Требования из класса с большим значением p наращивают приоритет с большей скоростью, чем требования из низшего приоритетного класса. На рисунке 7.3. показан пример того, как поступившее позже требование, но из высшего приоритетного класса, может получить обслуживание раньше, чем поступившее ранее требование из менее приоритетного класса. Это произойдет, если сервер освободится позже момента t_0 . При освобождении сервера до этого момента, обслуживание получит первое из поступивших требований.

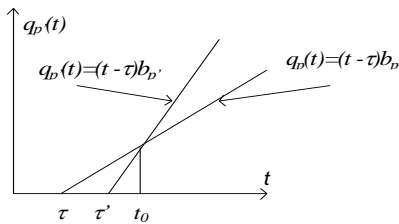


Рис.7.3. Взаимодействие между приоритетными функциями для СМО с приоритетами, зависящими от времени.

Исследуем эту систему при экспоненциальном распределении времени обслуживания.

Найдем среднее число требований, поступивших позже меченого, из классов с $p \geq i$, которые будут обслужены раньше меченого. Очевидно, что для таких требований скорость нарастания приоритетной функции меньше скорости нарастания приоритетной функции меченого требования и, следовательно число таких требований равно нулю. Теперь определим число таких требований для классов с большей, чем у меченого скоростью нарастания приоритетной функции $p < i$. Из рассмотрения рисунка 7.3. можно видеть, что задержка меченого требования в системе для этого случая $W_p = t_0 - \tau$ связана с интервалом времени на котором поступают заявки, опережающие меченое требование $V_i = \bar{n}_i - \tau$ соотношением

$$b_p W_p = b_i (W_p - V_i).$$

Отсюда получаем, что этот интервал равен

$$V_i = W_p \left(1 - \frac{b_p}{b_i}\right).$$

Следовательно, при интенсивности λ_i входящего потока для требований i -го класса находим среднее число «обгоняющих» требований

$$\bar{M}_{ip} = \lambda_i V_i = \lambda_i W_p \left(1 - \frac{b_p}{b_i}\right); \quad i > p.$$

Рассмотрим теперь меченое требование из класса p , поступающее в момент $\tau=0$ и находящееся в очереди в течение времени t_p .

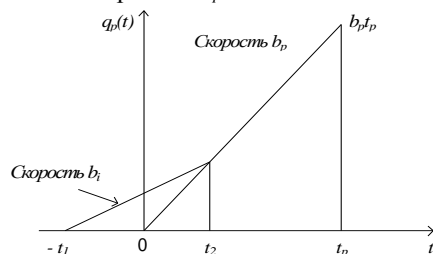


Рисунок 7.4. График приоритета $q_p(t)$, используемый для получения \bar{N}_{ip} .

На рисунке 7.4. показано, что значение функции приоритета этого требования к моменту поступления на сервер будет равно $b_p t_p$. При поступлении меченого требования оно застанет в очереди n_i требований из класса i . Одно из таких требований показанное на рисунке 7.4. поступило в момент $t = -t_1$. Определим теперь среднее число требований из класса i , которые поступают до нулевого значения момента времени, находятся в нулевой момент еще в очереди и получают обслуживание раньше меченого требования. Из рисунка 7.4.

можно видеть, что этому условию удовлетворяет требование из класса i , которое поступает в момент $-t_1$ и ожидает в очереди в течение времени

$$w_i = w_i(t_1), t_1 < w_i(t_i) \leq t_1 + t_2.$$

Из рассмотрения соотношений на рисунке видно, что

$$t_1 + t_2 = \left(\frac{b_p}{b_p - b_i} \right).$$

Тогда среднее число требований

$$\begin{aligned} \overline{N}_{ip} &= \int_0^\infty \lambda_i P \left\{ t < w_i(t) \leq \left(\frac{b_p}{b_p - b_i} \right) t \right\} dt = \\ &= \lambda_i \int_0^\infty [1 - P(w_i \leq t)] dt - \lambda_i \left[1 - \frac{b_i}{b_p} \right] \int_0^\infty [1 - P(w_i \leq y)] dy = \\ &= \lambda_i W_i - \lambda_i \left(1 - \frac{b_i}{b_p} \right) W_i = \lambda_i W_i \frac{b_i}{b_p}. \end{aligned}$$

$$\text{При } i > p \quad \overline{N}_{ip} = \lambda_i W_i.$$

Подставив вычисленные средние значения для «обгоняющих» требований получим систему линейных уравнений для величин задержки меченого требования

$$W_p \frac{W_0 + \sum_{i=p}^P \rho_i W_i + \sum_{i=1}^p \rho_i W_i \frac{b_i}{b_p}}{1 - \sum_{i=p+1}^P \rho_i \left(1 - \frac{b_p}{b_i} \right)}; \quad p = 1, 2, 3, \dots, P.$$

Производя преобразования, можно свести решение этой системы уравнений к рекурсивной форме

$$W_p = \frac{\frac{W_0}{1 - \rho} - \sum_{i=1}^{p-1} \rho_i W_i \left(1 - \frac{b_i}{b_p} \right)}{1 - \sum_{i=p+1}^P \rho_i \left(1 - \frac{b_p}{b_i} \right)}; \quad p = 1, 2, \dots, P.$$

Полученная формула представляет собой главный результат анализа дисциплины обслуживания с приоритетами, зависящими от времени. Типичная характеристика СМО с проанализированной дисциплиной обслуживания приведена на рисунке 7.5. Штриховая линия показывает характеристику для системы без приоритетов. Видно, что действие закона сохранения проявляется здесь в том, что хотя одна часть заявок, получившая высший приоритет будет иметь меньшее время ожидания, чем в системе без приоритетов с обслуживанием в порядке поступления, другая часть заявок при этом обязательно будет задержана на большее, чем в беспriorитетной системе время.

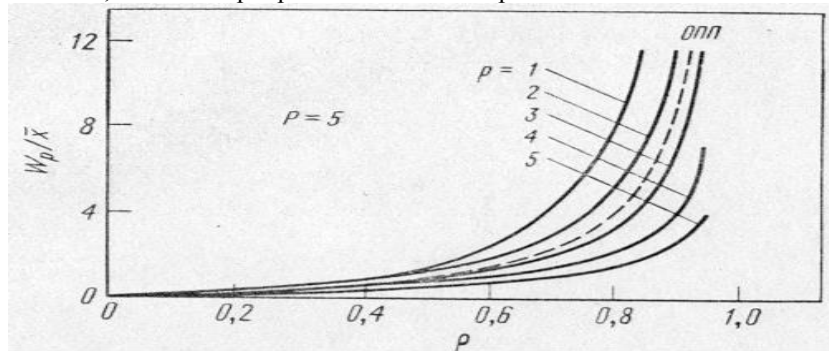


Рис. 7.5 W_p / \bar{x} для СМО с относительными приоритетами, зависящими от времени ($P=5$, $\lambda_p = \lambda/5$, $\bar{x}_p = \bar{x}$).

Дисциплины обслуживания. Модель с приоритетами.

Дисциплина обслуживания — это способ определения того, какое требование в очереди должно обслуживаться следующим. Решение может основываться на одной из приведенных ниже характеристик или на их совокупности:

- 1) мера, определяемая относительным временем поступления рассматриваемого требования в очередь;
- 2) мера требуемого или полученного до сих пор времени обслуживания;
- 3) функция, определяющая принадлежность требования к той или иной группе.

Примерами дисциплин обслуживания являются постоянно используемая модель «первый пришел — первый обслужен» (FCFS-first come-first served), называемая в русскоязычной литературе «дисциплина

обслуживания в порядке поступления»-ОПП. Приведем здесь список некоторых типичных дисциплин обслуживания.

ОПП-обслуживание в порядке поступления (FCFS);

ООП – обслуживание в обратном порядке, т.е. последнее поступившее требование обслуживается первым (LCFS);

ПК – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей длительностью обслуживания (SPT/SJE);

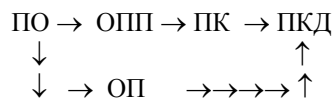
ПКД – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей длительностью дообслуживания (SRPT);

ПКС – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей средней длительностью обслуживания (SEPT);

ПКСД – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей средней длительностью дообслуживания (SERPT);

ПКОБ – первоочередное обслуживание требований с кратчайшим обязательным временем (SIPT).

Если сравнивать эти дисциплины по среднему времени ожидания попарно, и обозначать тот факт, что среднее время ожидания для дисциплины D_1 больше или равно среднему времени ожидания для дисциплины D_2 следующим образом: $D_1 \rightarrow D_2$, то можно построить следующую диаграмму



Итак, основным предметом анализа различных дисциплин обслуживания будем считать расчет среднего времени ожидания требования в очереди или среднего времени пребывания в системе.

Предположим, что требования принадлежат одному из P различных приоритетных классов, обозначаемых индексом $p=1,2,3\dots P$. Каждому требованию, находящемуся в системе в момент времени t ставится в соответствие значение некоторой приоритетной функции $q_p(t)$. Чем больше значение этой функции, тем выше приоритет требования. Всякий раз, когда принимается решение для выбора требования на обслуживание, выбор делается в пользу требования с наибольшим значением приоритетной функции. В простейшем случае в качестве приоритетной функции выбирается просто значение p . В этом случае приоритет требования тем больше, чем больший номер класса принадлежности оно имеет. Рассмотрим достаточно общую модель, основанную на системе M/G/1. Предположим, что требования из приоритетного класса p образуют пуассоновский поток с интенсивностью λ_p требований в секунду. Время обслуживания каждого требования из этого класса выбирается независимо в соответствии с распределением с плотностью вероятности $b_p(x)$ со средним значением

$$\bar{x}_p = \int_0^{\infty} x b_p(x) dx.$$

Введем следующие определения

$$\lambda = \sum_{p=1}^P \lambda_p,$$

$$\bar{x} = \sum_{p=1}^P \frac{\lambda_p}{\lambda} \bar{x}_p,$$

$$\rho_p = \lambda_p \bar{x}_p,$$

$$\rho = \lambda \bar{x} = \sum_{p=1}^P \rho_p.$$

Здесь ρ интерпретируется как доля времени, в течение которого сервер занят ($\rho < 1$), а каждый из парциальных коэффициентов ρ_p – как доля времени, в течение которого сервер занят обслуживанием заявок из приоритетного класса с номером p .

Если требование в процессе обслуживания может быть удалено из сервера и возвращено в очередь при поступлении требования с более высоким приоритетом, то говорят, что система работает с абсолютным приоритетом, если обслуживание любого требования, находящегося в сервере не может быть прервано, то говорят что СМО работает с относительным приоритетом.

Интеграция на основе обслуживания в порядке поступления.

При этой стратегии обслуживания контроллер назначает канал (временной слот) любому пользователю при его появлении независимо от класса нагрузки. При отсутствии свободного канала запросы на соединение блокируются, а пакеты помещаются в буфер. СМО имеет двумерную структуру пространства состояний. Обозначим стационарные вероятности нахождения системы в каждом из состояний p_{ij} . Верхний ярус состояний $i=1$ соответствует случаю занятости канала заявкой первого класса, а нижний ярус $i=0$ описывает состояния без наличия заявки первого класса. Значение j определяет число заявок второго класса,

находящихся в системе. Переходы между состояниями в точности соответствуют возможным процессам в системе. Так при занятости канала заявкой первого класса, его освобождение происходит с интенсивностью μ_1 в состояние, определяемое числом заявок второго класса, находящихся на обслуживании. Поступление новой заявки второго класса производит переход в состояние с $j+1$ с интенсивностью λ_2 , а ее обслуживание производит переход в состояние с $j-1$ с интенсивностью μ_2 , но только в случае отсутствия заявки первого класса ($i=0$).

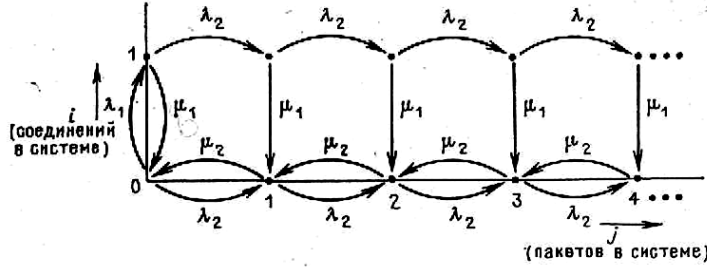


Рис. 5.2 Диаграмма состояний интегральной схемы; обслуживание в порядке поступления; $N=1$ канал.

Уравнения баланса для всех состояний.

$$(1): (\lambda_1 + \lambda_2) p_{00} = \mu_1 p_{10} + \mu_2 p_{01}$$

$$(2): (\lambda_2 + \mu_2) p_{0j} = \lambda_2 p_{0j-1} + \mu_1 p_{1j} + \mu_2 p_{0j+1}, j \geq 1$$

$$(3): (\mu_1 + \lambda_2) p_{10} = \lambda_1 p_{00}$$

$$(4): (\mu_1 + \lambda_2) p_{1j} = \lambda_2 p_{1j-1}, j \geq 1$$

Выражения для вероятностей состояний

$$p_{01} = \rho_2 [1 + \rho_1 / (1 + \alpha \rho_2)] p_{00},$$

$$p_{1j} = \left(\frac{\alpha \rho_2}{\alpha \rho_2 + 1} \right)^j p_{10} = \left(\frac{\alpha \rho_2}{\alpha \rho_2 + 1} \right)^j \left(\frac{\rho_1}{1 + \alpha \rho_2} \right) p_{00}.$$

$$\alpha = \frac{\mu_1}{\mu_2}$$

где α - коэффициент, определяющий соотношение между длительностью заявок первого и второго класса.

Для определения вероятностей при $i=0$ воспользуемся методом производящих функций. Выражение для производящей функции

$$G_0(z) = p_{00} \left[1 + \frac{z \rho_1 \rho_2}{1 - \alpha \rho_2 (z - 1)} \right] (1 - \rho_2 z)^{-1}$$

Единственным неизвестным остается вероятность в нулевой точке. Воспользуемся условием нормировки и свойством производящей функции

$$\sum_{i,j} p_{ij} = \sum_{j=0}^{\infty} p_{0j} + \sum_{j=1}^{\infty} p_{1j} = 1,$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} p_{0j} = G_0(1) = p_{00} (1 + \rho_1 \rho_2) (1 - \rho_2)^{-1},$$

$$\sum_{j=1}^{\infty} p_{1j} = \rho_1 p_{00},$$

$$\Rightarrow p_{00} = \frac{1 - \rho_2}{1 + \rho_1}.$$

Вероятность блокировки заявок первого класса равна вероятности $1 - p_{00}$.

$$P_B = 1 - p_{00} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{1 + \rho_1}.$$

В качестве подтверждения правдоподобности полученного соотношения найдем значение вероятности блокировки при отсутствии заявок второго класса, т.е. при

$$\rho_2 = 0,$$

$$P_B = \frac{\rho_1}{1 + \rho_1}.$$

Это в точности значение вероятности блокировки системы с одним сервером, получаемое при расчете по В - формуле Эрланга.

Теперь найдем среднее значение задержки нагрузки второго класса. Сначала найдем среднее число пакетов в системе, а затем воспользуемся формулой Литтла.

$$M\langle j \rangle = \sum_{i,j} j p_{ij} = \sum_{j=0}^{\infty} j p_{0j} + \sum_{j=1}^{\infty} j p_{1j} = \frac{dG_0(z)}{dz} \Big|_{z=1} + \sum_{j=1}^{\infty} j p_{1j},$$

$$\frac{dG_0(z)}{dz} \Big|_{z=1} = \frac{\rho_2}{1-\rho_2} + \frac{\alpha \rho_1 \rho_2^2}{1+\rho_1},$$

$$\sum_{j=1}^{\infty} j p_{1j} = \alpha \rho_1 \rho_2 \left(\frac{1-\rho_2}{1+\rho_1} \right),$$

$$\Rightarrow M\langle j \rangle = \frac{\rho_2}{1-\rho_2} + \frac{\alpha \rho_1 \rho_2}{1+\rho_1}.$$

Первое слагаемое описывает задержку в системе М/М/1, а второе слагаемое определяет увеличение числа пакетов в очереди за счет состязаний за доступ к каналу с заявками первого класса. Условие равновесия для нагрузки второго класса не зависит от нагрузки первого класса и состоит в выполнении неравенства $\rho_2 < 1$.

Воспользовавшись формулой Литтла, найдем нормированную задержку заявок второго класса

$$\mu_2 M\langle T \rangle = \frac{M\langle j \rangle}{\rho_2} = \frac{1}{1-\rho_2} + \frac{\alpha \rho_1}{1+\rho_1}.$$

Обычно при интеграции заявки первого класса - телефонные разговоры имеют существенно большую длительность, чем длительности пакетов. При этом $\alpha \gg 1$. Как видно из полученной формулы, задержка пакетов сильно возрастает по сравнению с чисто пакетной сетью.

При $N > 1$ приближенная формула для расчета вероятности блокировки для нагрузки первого класса имеет вид:

$$P_B = \frac{\rho E_B(N-1, \rho)}{N - \rho_2 + \rho E_B(N-1, \rho)}$$

$$\rho = \rho_1 + \rho_2$$

$$E_B(N, \rho) = \frac{\rho^N}{N!} \frac{1}{\sum_{k=0}^N \frac{\rho^k}{k!}}$$

Это известная формула Эрланга. Соотношение точно при $\alpha=1$ и может быть применено для других значений α в силу слабой зависимости вероятности блокировки от ее величины.

Стратегия интеграции нагрузки в порядке поступления запросов не обеспечивает приемлемого регулирования характеристик качества обслуживания.

Интеграция на основе стратегии подвижной границы.

При этом методе интеграции N канальных интервалов делятся на две части. Одна часть, содержащая N_1 канальных интервалов, предназначена для обслуживания нагрузки первого класса (запросов на соединение). Другая часть, содержащая $N_2 = N - N_1$ канальных интервалов, резервируется для пакетов - обслуживания нагрузки второго класса. Пакеты могут занимать также любой из N_1 канальных интервалов первого класса, если он не используется в данный момент времени. Однако при поступлении заявки первого класса она имеет абсолютный приоритет перед нагрузкой второго класса и сбрасывает при необходимости пакет, занимающий один из N_1 канальных интервалов. В этом и состоит смысл подвижной границы между группами каналов, отведенных для двух различных классов нагрузки. На рис. 5.4 приведена иллюстрация этого метода.

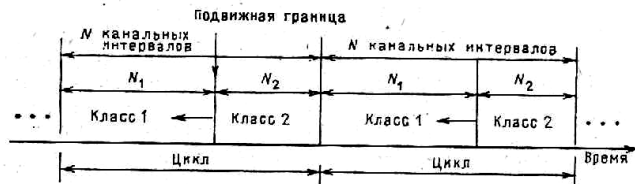


Рис. 5.4 Стратегия подвижной границы.

Очевидно, что вероятность блокировки для нагрузки первого класса при такой стратегии предоставления ресурса определяется по В - формуле Эрланга для N_1 серверов. Задержка для пакетов при этом будет не хуже, чем рассчитанная для системы с N_2 серверами, а лучше, поскольку вся оставшаяся от обслуживания нагрузки первого класса пропускная способность системы будет также использоваться для обслуживания пакетов. В системе такого типа также может возникнуть перегрузка для нагрузки второго класса. Максимально допустимая величина этой нагрузки не должна превышать

$$\rho_2 < N - M\langle i \rangle = N - \rho_1(1 - P_B) = N_2 + [N_1 - \rho_1(1 - P_B)]$$

Здесь вероятность блокировки для нагрузки первого класса определяется по В - формуле Эрланга. Записанное соотношение может быть интерпретировано как интуитивно очевидное, поскольку выражает собой условие не превышать единицу для среднего на один сервер коэффициента использования по отношению к нагрузке второго класса

$$\frac{\rho_2}{N - M\langle i \rangle} < 1$$

В знаменателе при этом находится выражение описывающее среднее число каналов, доступных для очереди пакетов. С другой стороны, оно может быть переписано в виде условия ограничения величиной N полной средней нагрузки на систему

$$\rho = \rho_2 + \rho_1(1 - P_B) < N$$

Общий анализ системы с подвижной границей оказывается слишком сложным с алгебраической точки зрения. Поэтому при аналитическом исследовании применяются приближенные методы. Раздельно изучаются два возможных режима – не перегруженный ($\rho_2 < N_2$) и режим перегрузки при нарушении этого неравенства. Мы далее построим точное решение задачи с подвижной границей, но только для случая, когда $N=2$. При этом для реализации стратегии существует единственная возможность выделения под нагрузку первого класса $N_1=1$ один канальный интервал. Тогда пакеты будут получать один канальный интервал в любом случае, и два, если заявка на соединение будет отсутствовать. Поступление такой заявки немедленно будет снимать один из пакетов с обслуживания, и ставить в общую очередь из заявок второго класса.

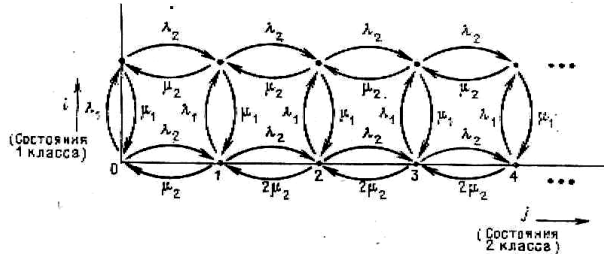


Рис. 5.5 Диаграмма состояний системы с подвижной границей; $N=2$ канала; $N_1=N_2=1$ канал.

Рассмотрим диаграмму состояний для такой системы (Рис. 5.5). Пространство состояний для нее также двумерное и состояния могут быть разделены на два яруса, соответствующих случаям $i=0$ - соединение не установлено и $i=1$ соединение установлено. В последнем случае диаграмма состояний полностью соответствует системе М/М/1, поскольку один канальный интервал из двух занят под нагрузку первого класса, а второй используется как обычная система с ожиданием. При $i=0$ имеем диаграмму, соответствующую модели М/М/2, поскольку в случае, когда отсутствует нагрузка первого класса все канальные интервалы (а их у нас два) обслуживают пакетную нагрузку. Переходы между ярусами происходят при поступлении заявки на соединение с интенсивностью λ_1 , которое переключает систему обслуживания пакетов с двухлинейной на однолинейную, или при завершении соединения с интенсивностью μ_1 , которое производит обратное переключение. Выпишем пять уравнений равновесия для рассматриваемой системы.

$$(11): (\mu_1 + \mu_2 + \lambda_2)p_{1j} = \lambda_1 p_{0j} + \mu_2 p_{1j+1} + \lambda_2 p_{1j-1}; j \geq 1,$$

$$(12): (\lambda_1 + \lambda_2 + 2\mu_2)p_{0j} = 2\mu_2 p_{0j+1} + \mu_1 p_{1j} + \lambda_2 p_{0j-1}; j \geq 2,$$

$$(13): (\lambda_2 + \mu_1)p_{10} = \lambda_1 p_{00} + \mu_2 p_{11},$$

$$(14): (\lambda_1 + \lambda_2)p_{00} = \mu_2 p_{01} + \mu_1 p_{10},$$

$$(15): (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2)p_{01} = 2\mu_2 \cdot p_{02} + \mu_1 p_{11} + \lambda_2 p_{00}.$$

Для нахождения решения построенной системы уравнений требуется еще два уравнения. Одно из них это условие нормировки всех вероятностей, а в качестве еще одного будет использовано свойство корней многочлена знаменателя одной из производящих функций.

Определим две производящие функции

$$G_i(z) = \sum_{j=0}^{\infty} p_{ij} z^j; i = 0, 1.$$

Умножая почленно уравнение (11) на z^j и суммируя по всем значениям $j > 0$, преобразуем это уравнение в алгебраическое относительно производящих функций. Повторяя ту же процедуру с уравнением (12) и исключая неизвестные составляющие с помощью (13), (14). Получим в итоге :

$$G_1(z)[z\mu_1 + (z-1)(\mu_2 - \lambda_2 z)] = \lambda_1 z G_0(z) + \mu_2 (z-1) p_{10},$$

$$G_0(z)[z\lambda_1 + (z-1)(2\mu_2 + \lambda_2 z)] = \mu_1 z G_1(z) + \mu_2 (z-1)(2p_{00} + zp_{01}).$$

Полученные уравнения позволяют сразу выписать несколько важных соотношений, приводящих к определению вероятности блокировки нагрузки первого класса:

$$G_1(1) = \rho_1 G_0(1), \quad \rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1},$$

$$G_0(1) + G_1(1) = \sum_{ij} p_{ij} = 1,$$

$$G_0(1) = \sum_{j=0}^{\infty} p_{0j} = \frac{1}{1 + \rho_1},$$

$$G_1(1) = \sum_{j=0}^{\infty} p_{1j} = \frac{\rho_1}{1 + \rho_1} = P_B.$$

Это соотношение в точности соответствует В-формуле Эрланга для однолинейной системы.

Теперь перейдем к определению среднего времени задержки пакетов. Складывая уравнения для производящих функций, сокращая общий множитель правой и левой частях $(1-z)$ и обозначив отношение $\lambda_2/\mu_2 = \rho_2$, найдем следующее соотношение

$$G_0(z)(2 - \rho_2 z) + G_1(z)(1 - \rho_2 z) = 2p_{00} + (p_{01}z + p_{10}),$$

$$z = 1,$$

$$2p_{00} + p_{01} + p_{10} = 1 - \rho_2 + \frac{1}{1 + \rho_1}.$$

Введем несколько обозначений

$$\alpha = \frac{\mu_2}{\mu_1}, \quad a = 2 - \rho = (1 - \rho_2) + \frac{1}{1 + \rho_1}.$$

Тогда можно найти в явном виде выражения для вероятностей

$$p_{01} = \frac{(2 + \rho_1 + \alpha\rho_2)p_{00} - a}{\alpha - 1},$$

$$p_{10} = \frac{\alpha a - (\rho_1 + 2\alpha)p_{00}}{\alpha - 1}.$$

Выпишем теперь выражения для производящих функций

$$G_0(z) = \frac{z(2p_{00} + p_{01}z + p_{10}) + \alpha(z-1)(1 - \rho_2 z)(2p_{00} + p_{01}z)}{\alpha(2 - \rho_2 z)(z-1)(1 - \rho_2 z) + z(2 - \rho_2 z) + \rho_1 z(1 - \rho_2 z)},$$

$$G_1(z) = \frac{\rho_1 z G_0(z) + \alpha(z-1)p_{10}}{\alpha(z-1)(1 - \rho_2 z) + z}.$$

Найдем соотношение для среднего числа пакетов в системе, исходя из формулы для производящих функций

$$M\langle j \rangle = \left. \frac{dG_0(z)}{dz} \right|_{z=1} + \left. \frac{dG_1(z)}{dz} \right|_{z=1} = \frac{1}{a(1 + \rho_1)} \left[ap_{10} + (1 + \rho_1)(\rho_2 + p_{01}) - \frac{\alpha\rho_1}{1 + \rho_1}(1 - \rho_2) \right].$$

В качестве подтверждающих правдоподобность полученного выражения соотношений найдем предел правой части при стремлении к нулю нагрузки первого класса и предел при стремлении этой нагрузки к бесконечности.

$$M\langle j \rangle \rightarrow \frac{4\rho_2}{(2 - \rho_2)(2 + \rho_2)}, \quad \rho_1 = 0,$$

$$M\langle j \rangle \rightarrow \frac{\rho_2}{1 - \rho_2}, \quad \rho_1 \rightarrow \infty.$$

В первом случае результат в точности соответствует модели М/М/2, а во втором - модели М/М/1, что и соответствует нашим представлениям.

Воспользовавшись формулой Литтла, выпишем выражение для нормированной задержки в системе

$$\mu_2 M\langle T \rangle = \frac{M\langle j \rangle}{\rho_2} = \frac{1}{a} \left\{ \frac{\alpha}{\rho_2(1 + \rho_1)} \left[p_{10} - \left(\frac{\rho_1}{1 + \rho_1} \right) (1 - \rho_2) \right] + \frac{p_{01}}{\rho_2} + 1 \right\}.$$

Это выражение еще не является окончательным, поскольку содержит три вероятности, связанные только двумя уравнениями. Как уже было отмечено, воспользуемся некоторыми свойствами корней знаменателя

$$G_0(z) = \frac{N_0(z)}{D_0(z)},$$

$$D_0(z) = \alpha(2 - \rho_2 z)(z - 1)(1 - \rho_2 z) + z(2 - \rho_2 z) + \rho_1 z(1 - \rho_2 z).$$

выражения для производящей функции $G_0(z)$. Обратимся к выписанному выше выражению для этой функции.

Пусть z_0 - корень многочлена D_0 . Из определения производящей функции необходимо выполнение требования $D_0(z_0) = 0 \Rightarrow |z_0| < 1$

При этом значении z выражение для числителя также должно обратиться в ноль. Полученное при этом выражение $N_0(z_0) = 0$ и определяет третье необходимое уравнение для нахождения всех вероятностей, входящих в выражение для задержки. Решение алгебраического уравнения третьей степени в общем случае не дается в виде конечной формулы. Мы используем приближенное решение этого уравнения для нахождения двух различных формул для определения задержки пакетов в системе с подвижной границей (16): $\alpha \gg 1, \rho_2 < 1$,

$$\mu_2 M\langle T \rangle = \frac{4}{a(1 + \rho_1)(2 + \rho_2)} + \frac{\rho_1}{a(1 + \rho_1)},$$

$$a = 2 - \rho = (1 - \rho_2) + \frac{1}{1 + \rho_1},$$

(17): $\alpha \gg 1, \rho_2 > 1$,

$$\mu_2 M\langle T \rangle = \frac{1}{a} \left[1 + \frac{a}{2 + \rho_2} + \frac{a(\rho_2 - 1)\rho_1}{\rho_2(1 + \rho_1)^2} \right],$$

$$a = 2 - \rho = 2 - \rho_2 - \frac{\rho_1}{1 + \rho_1}.$$

На рис.5.6 приведены графики функции нормированной задержки при различных значениях нагрузки первого класса. Для сравнения приведен график задержки для системы с фиксированным разделением каналов для двух классов нагрузки (по одному каналу на каждый). Как видно из сравнения стратегия подвижной нагрузки дает существенный выигрыш в характеристиках качества обслуживания по сравнению с другими способами интеграции каналов. Анализ показывает, что такое преимущество только усиливается при увеличении числа канальных ресурсов.

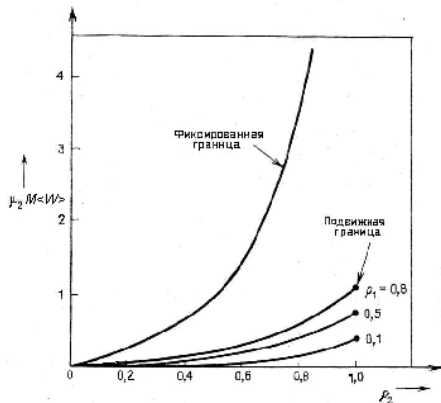


Рис.5.6 Сравнение систем с подвижной и фиксированной границей; $N=2; N_1=N_2=1$.

Интеграция с абсолютным приоритетом.

В этом случае заявки первого класса, безусловно, снимают с обслуживания заявки второго класса при поступлении. Очевидно, что при этом вероятность блокировки для заявок первого класса никак не зависит от нагрузки второго класса и определяется только числом каналов и нагрузкой первого класса. Вероятность блокировки определяется в формулой Эрланга

$$P_B = E_B(N, \rho_1) = \frac{\rho_1^N}{N!} \sum_{k=1}^N \frac{\rho_1^k}{k!}.$$

Определить среднее значение времени задержки для нагрузки второго класса удастся аналитически только для случая $N=1$. Вероятность блокировки для этого случая равна

$$P_B = \frac{\rho_1}{1 + \rho_1}.$$

Нетрудно видеть, что это значение меньше, чем для вероятности блокировки в сети с интеграцией обслуживания в порядке поступления, в силу того, что отсутствует влияние заявок второго класса. Найдем теперь, какова будет задержка обслуживания для таких заявок. Построим снова диаграмму переходов состояний для модели системы с такой дисциплиной обслуживания классов заявок. Пространство состояний системы также как и в предыдущем случае будет двумерным, а структура переходов еще более сложной. На рис.5.3 приведена диаграмма состояний для интегральной сети с абсолютным приоритетом заявок первого класса. Основным отличием диаграммы переходов является наличие переходов из состояний нижнего яруса с $i=0$ для всех j в состояния верхнего яруса ($i=1$) с тем же j с интенсивностью λ_1 . Эти переходы отражают процесс снятия заявки второго класса с обслуживания немедленно с поступлением заявки первого класса с вероятностью равной $\lambda_1 \Delta t$ в течение промежутка времени $(t, t + \Delta t)$.

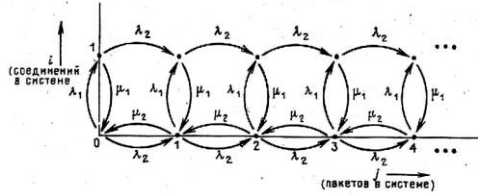


Рис. 5.3 Диаграмма состояний интегральной системы; абсолютный приоритет вызовом 1-го класса; $N=1$ канал.

Составим уравнения равновесия для построенной модели системы. Выпишем сначала уравнения для нулевого состояния.

$$(5): (\lambda_1 + \lambda_2) p_{00} = \mu_1 p_{10} + \mu_2 p_{01},$$

$$(6): (\mu_1 + \lambda_2) p_{10} = \lambda_1 p_{00}.$$

Их сразу можно разрешить относительно вероятностей состояний, соседних начальному, а затем выписать уравнения для остального множества состояний

$$(7): p_{10} = \frac{\lambda_1}{\mu_1 + \lambda_2} p_{00} = \frac{\rho_1 p_{00}}{1 + \alpha \rho_2},$$

$$(8): p_{01} = \rho_2 p_{00} \left[1 + \frac{\rho_1}{1 + \alpha \rho_2} \right],$$

$$(9): (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2) p_{0j} = \lambda_2 p_{0j-1} + \mu_1 p_{1j} + \mu_2 p_{0j+1}; \quad j \geq 1,$$

$$(10): (\lambda_2 + \mu_1) p_{1j} = \lambda_1 p_{0j} + \lambda_2 p_{1j-1}; \quad j \geq 1.$$

Для решения этой системы уравнений воспользуемся методом производящих функций. Введем

$$G_0(z) = \sum_{j=0}^{\infty} p_{0j} z^j, \quad G_1(z) = \sum_{j=0}^{\infty} p_{1j} z^j,$$

$$G_0(1) + G_1(1) = \sum_{i,j} p_{ij} = 1.$$

Умножим (9) и (10) на z^j , и, суммируя по всем значениям $j=1, 2, 3, \dots$, найдем после некоторых выкладок

$$(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2)[G_0(z) - p_{00}] = \lambda_2 z G_0(z) + \mu_1 [G_1(z) - p_{10}] + \frac{\mu_2}{z} [G_0(z) - p_{00} - z p_{01}],$$

$$(\lambda_2 + \mu_1)[G_0(z) - p_{10}] = \lambda_1 [G_0(z) - p_{00}] + \lambda_2 z G_1(z).$$

Решая систему алгебраических уравнений и подставляя выражения (7) и (8) получим выражения для производящих функций. Далее, используя условия нормировки, выразим вероятность нулевого состояния

$$G_1(z) = \frac{\rho_1 G_0(z)}{1 + (1 - z) \alpha \rho_2},$$

$$G_0(z) = \frac{p_{00} [1 + (1 - z) \alpha \rho_2]}{\alpha z^2 \rho_2^2 - z(\rho_2 + \rho_1 \rho_2 + \alpha \rho_2^2 + \alpha \rho_2) + 1 + \alpha \rho_2},$$

$$p_{00} = \frac{1}{1 + \rho_1} - \rho_2.$$

Последнее соотношение позволяет установить нетривиальное условие стабильности в системе (существования стационарного распределения вероятностей) для максимального значения коэффициента нагрузки со стороны заявок второго класса - на коммутацию пакетов

$$\rho_2 < \frac{1}{1 + \rho_1} = 1 - P_B,$$

$$\lambda_2 < \mu_2(1 - P_B).$$

Смысл полученного неравенства состоит в необходимости обеспечения средней поступающей нагрузки второго класса меньшей, чем остаток пропускной способности канала после обслуживания нагрузки первого класса. В противном случае очередь из заявок второго класса просто переполнится и они никогда не будут обслужены (не получают доступ к каналу).

При выполнении же этого условия среднее число заявок в очереди будет конечным и может быть определено непосредственно через производящие функции по формуле

$$M\langle j \rangle = \sum_{j=0}^{\infty} j(p_{0j} + p_{1j}) = \left. \frac{dG_0(z)}{dz} \right|_{z=1} + \left. \frac{dG_1(z)}{dz} \right|_{z=1}.$$

Воспользуемся формулой Литтла и вычислим в явном виде значение нормированного среднего времени задержки в системе для заявок второго класса

$$\mu_2 M\langle T \rangle = \frac{\mu_2 M\langle j \rangle}{\lambda_2} = \frac{M\langle j \rangle}{\rho_2} = \frac{(1 + \rho_1)^2 + \alpha \rho_1}{[1 - \rho_2(1 + \rho_1)](1 + \rho_1)}.$$

В качестве подтверждения правдоподобности полученного результата положим равной нулю интенсивность нагрузки первого класса. Получающееся при этом выражение будет в точности соответствовать известному выражению для задержки заявок в системе М/М/1.

Рассмотрим в качестве примера исходные данные для предыдущего раздела. При $1/\mu_1=100\text{с}$, $1/\mu_2=10\text{мс}$, и $\alpha=10000$, $\rho_1=0.1$, $\rho_2=0.4$ вероятность блокировки для нагрузки первого рода будет равна 0.09, что в 5 раз меньше, чем для интеграции в порядке поступления заявок. Однако при этом нормированная средняя задержка для пакетов возрастет с $\mu_2 M\langle T \rangle = 992$ до 1600, т.е. более чем на 60%.

Можно показать, что в общем случае при достаточно больших α выигрыш в вероятности блокировки при переходе на интеграцию с абсолютным приоритетом по сравнению с обслуживанием в порядке поступления будет определяться отношением

$$\frac{P_{B,abs}}{P_{B,FIFO}} \approx \frac{\rho_1}{\rho_2}.$$

В то же самое время задержка пакетов возрастет в отношении

$$\frac{M\langle T \rangle_{abs}}{M\langle T \rangle_{FIFO}} \approx \frac{1}{1 - \rho_2}.$$

Таким образом стратегия интеграции с абсолютным приоритетом, гарантируя заданное качество обслуживания для соединений, приемлема только для очень низких нагрузок со стороны передачи пакетов. Сочетания гарантированной вероятности блокировки для соединений и минимально возможной задержки при заданной пропускной способности канала удастся достигнуть, применяя адаптивное распределение ресурса - стратегию подвижной границы.

Интенсивность нагрузки: определение обслуженной, поступающей, потенциальной, потерянной, мгновенной нагрузки, единицы измерения.

Поскольку мгновенная нагрузка величина случайная, то обычно используется ее математическое ожидание:

$$A(t) = M \left\langle \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{U(t, t + \Delta t)}{\Delta t} \right\rangle,$$

называемое интенсивностью нагрузки (traffic intensity), т.е. среднее число серверов, занятых в данный момент времени.

Символ « $M\langle \rangle$ » обозначает здесь и далее математическое ожидание случайной величины.

На практике, интенсивность нагрузки оценивается на конечном интервале (t_1, t_2) . При этом полагают:

$$A \approx \frac{U(t_1, t_2)}{t_2 - t_1}.$$

Единицей измерения интенсивности нагрузки является один Эрланг (1 Эрл). Из определения интенсивности нагрузки ясно, что 1 Эрланг – это интенсивность нагрузки, которая требует полной занятости СМО с одним

сервером или интенсивность, при которой одним сервером выполняется работа величиной в одно секундозанятие за время в 1 секунду. В практической телефонии говорят об интенсивности нагрузки в 1 Эрланг как об интенсивности, определяющей одно часозанятие в час. Всюду выше мы говорили о реально измеренной нагрузке, которая соответствует совершенной СМО работе. Такая нагрузка называется обычно обслуженной нагрузкой. Если часть поступивших требований не была обслужена системой ввиду перегрузки серверов, то можно ввести понятия потенциальной нагрузки и поступающей нагрузки. Потенциальная нагрузка – это гипотетическая обслуженная СМО нагрузка в предположении, что все требования были обслужены. Поступающая нагрузка определяется как произведение среднего числа поступающих требований в единицу времени на среднее время одного обслуживания. Разность между потенциальной и обслуженной нагрузкой называют потерянкой, а разность между поступающей и обслуженной – избыточной нагрузкой.

Информация в сетях электросвязи. Задачи теории телетрафика.

Основная цель теории телетрафика заключается в разработке методов оценки качества функционирования систем распределения информации. В соответствии с этим на первом месте в теории телетрафика стоят задачи анализа, т. е. отыскание зависимостей и значений величин, характеризующих качество обслуживания, от характеристик и параметров входящего потока вызовов, схемы и дисциплины обслуживания. Эти задачи в начальный период развития телефонной техники были более актуальными, чем задачи синтеза, и решались, как правило, с помощью теории вероятностей. Поэтому наиболее значительные результаты на сегодняшний день получены при решении задач анализа.

Развитие координатной и особенно квазиэлектронной и электронной коммутационной техники поставило перед теорией телетрафика сложные вероятностно-комбинаторные задачи синтеза, в которых требуется определить структурные параметры коммутационных систем при заданных потоках, дисциплине и качестве обслуживания.

Близкими к задачам анализа и синтеза являются задачи оптимизации. Эти задачи при проектировании систем распределения информации формулируются следующим образом: определить такие значения структурных параметров коммутационной системы (алгоритмы функционирования), для которых: 1) при заданных потоках, качестве и дисциплине обслуживания стоимость или объем оборудования системы распределения информации минимальны и 2) при заданных потоках, дисциплине обслуживания и стоимости качественные показатели функционирования системы распределения информации оптимальны.

При эксплуатации систем распределения информации задача оптимизации формулируется как задача управления потоками вызовов или структурой системы для достижения наилучших показателей качества функционирования. Из-за больших вычислительных трудностей задачи оптимизации систем распределения информации начали ставиться и решаться в последние два десятилетия после появления быстродействующих ЭВМ.

Классификация систем массового обслуживания по Кендаллу -Башарину.

Используется трех -, четырех -, шести – компонентное символическое обозначение системы массового обслуживания, предложенное Кендаллом (Candall) и развитое в работах Г.П.Барашина.

a/b/c :d/e/f

a – распределение поступающего потока запросов.

b – закон распределения времени обслуживания.

Типовые условные обозначения:

M – экспоненциальное (Марковское) распределение,

D – детерминированное распределение,

E^k – эрланговское распределение k-го порядка,

HM^k – гиперэкспоненциальное,

HE^k – гиперэрланговское распределение порядка k,

GI – произвольное распределение независимых промежутков между заявками,

G – произвольное распределение длительностей обслуживания.

c – структура системы обслуживания (обычно число серверов).

d – дисциплина обслуживания (параметры после двоеточия иногда опускают).

Обычно используется сокращенное символическое обозначение, например FF вместо FIFO, LF, PR и т.п.

e – максимальное число запросов, воспринимаемое системой, может употребляться символ ∞.

f – максимальное число запросов к системе обслуживания.

В некоторых публикациях последними символами отражают качественные характеристики системы обслуживания. Некоторые общие результаты и основы математического аппарата, необходимого для анализа можно получить, рассматривая системы **G/G/m**.

Классификация систем массового обслуживания

Используется трех -, четырех -, шести – компонентное символическое обозначение системы массового обслуживания, предложенное Кендаллом (Candall) и развитое в работах Г.П.Барашина.

a/b/c :d/e/f

a – распределение поступающего потока запросов.

b – закон распределения времени обслуживания.

Типовые условные обозначения:

M – экспоненциальное (Марковское) распределение,

D – детерминированное распределение,

E^k – эрланговское распределение k-го порядка,

HM^k – гиперэкспоненциальное,

HE^k – гиперэрланговское распределение порядка k,

GI – произвольное распределение независимых промежутков между заявками,

G – произвольное распределение длительностей обслуживания.

c – структура системы обслуживания (обычно число серверов).

d – дисциплина обслуживания (параметры после двоеточия иногда опускают).

Обычно используется сокращенное символическое обозначение, например FF вместо FIFO, LF, PR и т.п.

e – максимальное число запросов, воспринимаемое системой, может употребляться символ ∞ .

f – максимальное число запросов к системе обслуживания.

В некоторых публикациях последними символами отражают качественные характеристики системы обслуживания. Некоторые общие результаты и основы математического аппарата, необходимого для анализа можно получить, рассматривая системы **G/G/m**.

Нагрузка уровня А и нагрузка уровня В по рекомендации ITU E.500.

Рекомендация ITU E.500 определяет нагрузку в фиксированный ЧНН как среднее значение за 30 наиболее загруженных дней 12-месячного периода (нормальная интенсивность нагрузки ЧНН, или уровень А) и за 5 самых нагруженных дней 30-дневного периода (повышенная интенсивность или уровень В). На рисунке 1.2 приведены результаты измерения интенсивности нагрузки на нескольких городских АТС. Как видно из рисунков час наибольшей нагрузки может быть различным на различных АТС.

В американской литературе вы можете встретить и другую единицу измерения интенсивности нагрузки, называемую CCS – Centrum (or hundred) calls second (гектосекундозанятия). Это число отражает работу серверов в сто секундных единиц измерения в течение часа.

Вы всегда можете пересчитать CCS в Эрланги по формуле: 36 CCS=1 Эрланга

Неполнодоступное включение: матрица связности, правила перекоса и перехвата.

Системы с несколькими серверами могут по-разному распределять их ресурс для обслуживания поступающих заявок. Если любой свободный сервер может обслуживать любую поступающую заявку, то говорят о полнодоступном включении серверов. Если за определенными серверами закрепляются заявки, поступающие только с определенных входных линий, то говорят о неполнодоступном включении серверов (НВ).

Каждой схеме НВ можно поставить в соответствие **матрицу связности**

$$\begin{vmatrix} d & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1g} \\ a_{21} & d & a_{23} & \dots & a_{2g} \\ a_{31} & a_{32} & d & \dots & a_{3g} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{g1} & a_{g2} & a_{g3} & \dots & d \end{vmatrix}$$

Элементы главной диагонали матрицы указывают значение доступности.

Каждый элемент на пересечении i-строки и j- столбца указывает на число связей между i-ой и j-ой группами.

$$a_{ij} = a_{ji}, \quad a_i = \sum_{j=1, j \neq i}^g a_{ij}$$

Матрица связности определяет оптимальную схему НВ, если

$$\left| a_{ij} - a_{kb} \right| \leq 1, \quad \forall kb \neq ij, \quad \left| a_i - a_j \right| \leq 1$$

Первое условие называют условием качества перехвата, а второе условием качества перекоса.

Практически приемлемые условия качества перехвата и перекоса можно легко получить, используя специфическую структуру равномерной схемы, называемой «цилиндр». Для схем типа цилиндр матрица связности циклична и $m = g$. Величина $\gamma = r$, которую называют числом шагов цилиндра.

Для цилиндров рассчитывается только одна строка, поскольку все остальные получаются циклическим сдвигом.

Анализ показывает, что среди эквивалентных по матрицам связности цилиндров можно выбрать несколько типовых схем, для которых рассчитываются все параметры. Такие схемы сведены в таблицы. Используя эти таблицы, проводят синтез объединительных схем для НВ. Более лучших результатов можно добиться использованием специальных компьютерных программ.

Неполнодоступное включение: определение, структурная схема.

Системы с несколькими серверами могут по-разному распределять их ресурс для обслуживания поступающих заявок. Если любой свободный сервер может обслуживать любую поступающую заявку, то говорят о полнодоступном включении серверов. Если за определенными серверами закрепляются заявки, поступающие только с определенных входных линий, то говорят о неполнодоступном включении серверов (НВ).

Диаграмма интенсивностей переходов для СМО с m серверами, явными потерями и неполнодоступным включением изображена на рисунке 1.21:

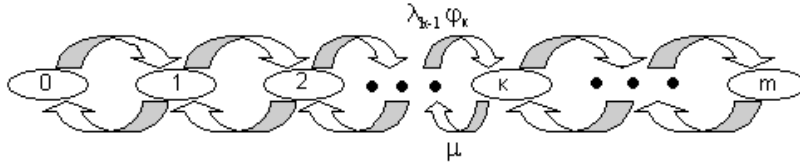


Рис. 1.21 Диаграмма интенсивностей переходов для СМО с m серверами, явными потерями и неполнодоступным включением.

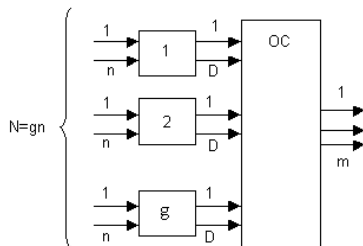


Рис. 1.22 Система с неполнодоступным включением.

Для так называемой идеально симметричной схемы включения (ИСС), при которой каждой нагрузочной группе доступна своя, отличная от других комбинация D серверов, можно определить функцию φ достаточно просто. Поскольку число различных комбинаций из D серверов при общем их числе m определяется числом

$$C_m^D = g$$

сочетаний

Вероятность занятия фиксированных i серверов будет определяться

$$1 - \varphi_i = \frac{C_i^D}{C_m^D}$$

Например, для схемы на рис. 1.24 $D=2, m=4$,

$$g = C_4^2 = 6,$$

$$1 - \varphi_2 = 1/6,$$

$$1 - \varphi_3 = 3/6 = 1/2.$$

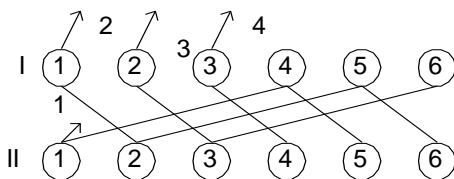


Рис.1.24 Идеально симметричная НВ.

Нестационарный пуассоновский поток

Это ординарный поток без последствия, для которого в любой момент времени существует конечный параметр потока $\lambda(t)$. Пусть $P_i(t_0, \tau)$ – вероятность поступления i -требоаний за интервал $[t_0, t_0 + \tau]$, которая определяется формулой:

$$P_i(t_0, \tau) = \frac{[\lambda(t_0, \tau)]^i}{i!} e^{-\lambda(t_0, \tau)}, \quad \lambda(t_0, \tau) = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} \lambda(x) dx$$

Этот параметр имеет смысл среднего числа требований на промежутке $[t_0, t_0 + \tau]$. Средняя интенсивность

$$\frac{\lambda(t_0, \tau)}{\tau}$$

определяется как:

Выбором закона изменения $\lambda(t)$ можно описать реальные потоки заявок на АТС (например, отразить наличие ЧНН).

Определите пропускную способность системы типа М/М/1, если вероятность простоя системы равна 0,03, а среднее время обслуживания – 10 мин.

$$\gamma = \lambda * P_z$$

Определите пропускную способность системы типа М/М/1, если вероятность блокировки системы равна 0,01, а интенсивность поступления требований – 5 выз/час.

$$\gamma = \lambda(1 - P_B)$$

Определить вероятность $P_k(t)$ поступления точно $k=5$ вызовов и вероятность $P_{\leq k}(t)$ поступления не более $k=5$ вызовов простейшего потока с интенсивностью $\mu=50$ вызовов в час за промежуток времени $t=60$ с. Найти вероятность того, что за это время поступит более 6 вызовов. При каком значении k имеет место наибольшее значение вероятности $p_k(t)$?

Вместо i ставим k !!!!!!!!!!!!!!

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}, \quad (1.1)$$

где λ - параметр потока.

$$P_{i \leq n} = \sum_{j=0}^n P_j(t). \quad (1.5)$$

Оптимизация назначения приоритетов

В настоящем разделе мы рассматриваем задачу, когда с потоком заявок связывается некоторая неотрицательная функция, значение которой для каждой заявки может интерпретироваться как стоимость обслуживания. Рассмотрим систему М/Г/1 с интенсивностью поступающего пуассоновского потока λ требований в секунду и произвольной функцией плотности вероятности для времени обслуживания с заданным средним временем обслуживания. Пусть плата за требование Y является случайной величиной с произвольной функцией распределения $\beta(y) = P[Y \leq y]$.

Система функционирует следующим образом: новое требование, поступившее в систему «предлагает» неотрицательную плату Y «организатору очереди». После этого требованию предоставляется место в очереди такое, что все требования внесшие меньшую плату оказываются позади, большую впереди данного требования. В каждый момент времени сервер, завершив обслуживание очередного требования, принимает на обслуживание требование, оказавшееся впереди всей очереди. До полного завершения обслуживания требование не покидает сервер. Требования, внесшие одинаковую плату, обслуживаются в порядке поступления.

Найдем среднее время ожидания в очереди для требования, внесшего плату $Y=y$. Это время складывается из трех составляющих. Во-первых, это время на дообслуживание требования, находящегося в данный момент в сервере. Во-вторых – время обслуживания требований, которые поступили раньше и внесли большую или равную плату. Наконец меченому требованию придется ждать обслуживания всех требований поступивших позже его, но внесли большую плату. Среднее число требований, плата которых лежит в интервале $(u, u+du)$

$$\lambda(u)W(u)du, \quad \text{где} \quad \lambda(u) = \frac{\lambda d\beta(u)}{du}.$$

Используя обозначения для нижнего и верхнего предела функции $\beta(u)$ можно записать суммарное выражение для времени ожидания в очереди для меченого требования в виде:

$$W(y) = W_0 + \int_{y^-}^{\infty} x\lambda(u)W(u)du + \int_{y^+}^{\infty} x\lambda(u)W(y)du;$$

$$W_0 = \frac{\lambda \bar{x}^2}{2}.$$

Используя ряд соотношений и обозначений можно найти, что при разрывной функции распределения вероятности это соотношение может быть приведено к виду

$$W(y) = \frac{W_0}{[1 - \rho + \rho\beta(y^+)] [1 - \rho + \rho\beta(y^-)]};$$

$$\rho = \lambda \bar{x}.$$

При абсолютно непрерывной функции плотности вероятности получим

$$W(y) = \frac{W_0}{[1 - \rho + \rho\beta(y)]^2}.$$

Таким образом, мы получили конечное среднее время ожидания для всех требований, которые вносят плату выше, чем некоторое критическое значение

$$y_{critic} = \begin{cases} 0, & \rho < 1, \\ \beta^{-1}\left(\frac{\rho-1}{\rho}\right), & \rho \geq 1, \end{cases}$$

$$\beta^{-1}(u) \Rightarrow \beta(y) = u.$$

В пределе, когда размер платы стремится к бесконечности, среднее время ожидания стремится к W_0 . Нетрудно убедиться, что когда размер платы для всех требований одинаков

$$\beta(y) = \begin{cases} 0, & y < y_0, \\ 1, & y > y_0, \end{cases}$$

$$W(y_0) = \frac{W_0}{1-\rho}.$$

Это известный результат для СМО типа M/G/1 при обслуживании в порядке поступления, как и следовало ожидать, поскольку равная плата равносильна ее отсутствию с точки зрения распределения приоритетов.

При распределении приоритетов можно рассмотреть и другие стоимостные задачи. Определим оптимальное распределение платы за приоритеты в следующих предположениях. Пусть имеется зависимость стоимости от времени задержки в очереди для каждого требования, т.е. есть возможность определить, сколько стоит каждая секунда ожидания в очереди. Опишем эту зависимость с помощью случайного коэффициента нетерпения α . Очевидно, что общие затраты клиента при обслуживании будут состоять из платы за место в очереди и потерь от времени ожидания. Для требования с фиксированным коэффициентом нетерпения эти затраты равны

$$C(\alpha) = y_\alpha + \alpha W(y_\alpha).$$

Пусть для всей совокупности клиентов можно определить функцию распределения вероятностей коэффициентов нетерпения

$$P(\alpha) = P[\tilde{\alpha} \leq \alpha]$$

Сформулируем следующую задачу оптимизации: найти функцию y_α , которая минимизирует среднюю стоимость C при условии ограничения всей средней платы некоторой заданной величиной B .

$$\min_{y_\alpha} C = \min_y \int_0^\infty C(\alpha) p(\alpha) d\alpha;$$

$$p(\alpha) = \frac{dP(\alpha)}{d\alpha};$$

$$B = \int_0^\infty y_\alpha p(\alpha) d\alpha.$$

$$\text{Определим } \rho(\alpha) = \rho p(\alpha).$$

Преобразуя минимизируемый интеграл, получим

$$C = \int_0^\infty [y_\alpha + \alpha W(y_\alpha)] p(\alpha) d\alpha;$$

$$C - B = \int_0^\infty \alpha W(y_\alpha) p(\alpha) d\alpha = \frac{1}{\rho} \int_0^\infty \alpha \rho(\alpha) W(y_\alpha) d\alpha.$$

Из закона сохранения в непрерывной форме

$$\int_0^\infty \rho(\alpha) W(y_\alpha) d\alpha = \frac{\rho}{1-\rho} W_0,$$

следует, что решение задачи минимизации стоимости сводится к нахождению такой функции, при которой минимальна площадь под кривой произведения :

$$\rho(\alpha) W(y_\alpha) \times \alpha.$$

В то время как площадь под кривой, определяемой первым сомножителем должна оставаться постоянной.

Путем рассуждений о согласованности возрастания и убывания функций, входящих в произведение, можно сделать вывод, что решением задачи являются все функции, удовлетворяющие условию

$$\frac{dy_\alpha}{d\alpha} > 0, \alpha \notin S.$$

$$\text{Множество } S \text{ такое, что } \int_S p(\alpha) d\alpha = 0.$$

Выберем самую простую строго возрастающую функцию – линейную. Таким образом, будем считать, что плата пропорциональна коэффициенту нетерпения.

$$y_{\alpha} = K\alpha$$

Применяя ограничение средней платы

$$B = K \int_0^{\infty} \alpha p(\alpha) d\alpha,$$

получим, что, если считать средний коэффициент нетерпения равным A

$$y_{\sigma} = \frac{B}{A} \alpha.$$

Это и есть функция оптимальной платы.

В качестве примера рассмотрим систему с показательным распределением платы

$$\beta(y) = 1 - e^{-\sigma y}, \quad \sigma \geq 0, \quad y \geq 0.$$

Время ожидания можно непосредственно вычислить:

$$W(y) = \frac{W_0}{(1 - \rho e^{-\sigma y})^2}.$$

Используя рассмотренное правило оптимальной платы можно найти распределение коэффициента нетерпения

$$P(\alpha) = 1 - e^{-\frac{B}{A} \sigma \alpha}.$$

Следовательно, средняя стоимость получается:

$$C = \frac{1}{\sigma} + \frac{A W_0}{\rho} \ln \frac{1}{1 - \rho}.$$

Описанная оптимизация является глобальной и позволяет найти функцию платы, которые минимизируют общую среднюю стоимость.

Основная модель расчета среднего времени ожидания

Будем использовать далее следующие обозначения для среднего значения времени ожидания в очереди требований из приоритетного класса p - W_p , и среднего времени пребывания в системе для требований этого класса - T_p :

$$T_p = W_p + \bar{x}_p$$

Основное внимание будем уделять системам с относительным приоритетом. Рассмотрим процесс с момента поступления некоторого требования из приоритетного класса p . Будем далее называть это требование меченым. Первая составляющая времени ожидания для меченого требования связана с требованием, которое оно застанет в сервере. Эта составляющая равна остаточному времени обслуживания другого требования. Обозначим теперь и будем использовать это обозначение и далее, среднюю задержку меченого требования, связанную с наличием другого требования на обслуживании W_0 . Зная распределение времени между соседними поступлениями входных требований для каждого приоритетного класса, можно всегда вычислить эту величину. В нашем предположении пуассоновского закона для потока заявок каждого класса можно записать

$$W_0 = \sum_{i=1}^P \rho_i \frac{\bar{x}_i^2}{2\bar{x}_i} = \sum_{i=1}^P \frac{\lambda_i \bar{x}_i^2}{2}$$

Вторая составляющая времени ожидания для меченого требования определяется тем, что перед меченым требованием обслуживаются другие требования, которые меченое требование застало в очереди. Обозначим далее число требований из класса i , которое застало в очереди меченое требование (из класса p) и которые обслуживаются перед ним N_{ip} . Среднее значение этого числа будет определять величину среднего значения этой составляющей задержки

$$\sum_{i=1}^P \bar{x}_i \overline{N_{ip}}$$

Третья составляющая задержки связана с требованиями, поступившими после того как пришло меченое требование, однако получившими обслуживание раньше его. Число таких требований обозначим M_{ip} . Среднее значение этой составляющей задержки находится аналогично и составляет

$$\sum_{i=1}^P \bar{x}_i \overline{M_{ip}}$$

Складывая все три составляющие, получаем, что среднее время ожидания в очереди для меченого требования определяется формулой

$$(*) W_p = W_0 + \sum_{i=1}^P x_i (\overline{N_{ip}} + \overline{M_{ip}}), \quad p = 1, 2, \dots, P$$

Очевидно, что независимо от дисциплины обслуживания число требований, N_{ip} и M_{ip} в системе не может быть произвольным, поэтому существует некоторый набор соотношений, связывающий между собой задержки для каждого из приоритетного класса. Важность этих соотношений для СМО позволяет называть их ЗАКОНАМИ СОХРАНЕНИЯ. Основой законов сохранения для задержек является тот факт, что незаконченная работа в любой СМО в течение любого интервала времени занятости не зависит от порядка обслуживания, если система является консервативной (требования не исчезают внутри системы и сервер не простаивает при непустой очереди).

Распределение времени ожидания существенно зависит от порядка обслуживания, но если дисциплина обслуживания выбирает требования независимо от времени их обслуживания (или любой меры, зависящей от времени обслуживания), то распределение числа требований и времени ожидания в системе инвариантно относительно порядка обслуживания.

Для СМО типа M/G/1 можно показать, что для любой дисциплины обслуживания должно выполняться следующее важное равенство

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \begin{cases} \frac{\rho W_0}{1-\rho}, & \rho < 1, \\ \infty, & \rho \geq 1. \end{cases}$$

Это равенство означает, что взвешенная сумма времен ожидания никогда не изменяется, независимо от того, насколько сложна или искусно подобрана дисциплина обслуживания. Если удастся сократить задержку для одних требований, то она немедленно возрастет для других.

Для более общей системы с произвольным распределением времени поступления требований G/G/1 закон сохранения может быть записан в виде

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \bar{U} - W_0$$

Общий смысл этого соотношения таков: взвешенная сумма времен задержки остается постоянной. Просто в правой части стоит разность средней незавершенной работы и остаточного времени обслуживания. Если предположить пуассоновский характер входного потока, то выражение для незавершенной работы можно записать в виде

$$\bar{U} = \frac{W_0}{1-\rho}$$

Подставляя его в предыдущее выражение, сразу получается приведенный ранее закон сохранения для СМО типа M/G/1.

Рассмотрим теперь расчет среднего времени ожидания для СМО с обслуживанием в порядке приоритета, задаваемого приоритетной функцией

$$q_p(t) = p$$

На рис.7.1 приведена схема функционирования СМО с такой дисциплиной обслуживания: поступающее требование ставится в очередь слева от требования с равным или большим приоритетом.



Рис. 7.1 СМО с обслуживанием в порядке приоритета.

Воспользуемся формулой для W_p . Исходя из механизма функционирования, можно сразу выписать

$$\overline{N_{ip}} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, p-1,$$

$$\overline{M_{ip}} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, p.$$

Все требования более высокого, чем у меченого приоритета будут обслужены раньше. Из формулы Литтла число требований класса i находящихся в очереди, будет равно:

$$\overline{N_{ip}} = \lambda_i W_i; \quad i = p, p+1, p+2, \dots, P.$$

Требования более высокоприоритетных классов, поступившие в систему после меченого требования, пока оно находится в очереди, также будут обслужены перед ним. Так как меченое требование будет находиться в очереди в среднем W_p секунд, то число таких требований будет равно

$$\overline{M_{ip}} = \lambda_i W_p.$$

Непосредственно из формулы (*) получаем:

$$W_p = W_0 + \sum_{i=p}^P \bar{x}_i \lambda_i W_i + \sum_{i=p+1}^P \bar{x}_i \lambda_i W_p,$$

$$W_p = \frac{W_0 + \sum_{i=p}^P \rho_i W_i}{1 - \sum_{i=p+1}^P \rho_i}.$$

Эта система уравнений может быть решена рекуррентно, начиная с W_1, W_2 и т.д.

$$(**) \quad W_p = \frac{W_0}{(1 - \sigma_p)(1 - \sigma_{p+1})}$$

$$\sigma_p = \sum_{i=p}^P \rho_i$$

Полученная формула позволяет рассчитывать характеристики качества обслуживания для всех приоритетных классов. На рисунке 7.2. показано, как изменяется нормированная величина времени ожидания в очереди для СМО с пятью приоритетными классами с равной интенсивностью потока требований каждого приоритетного класса и равным средним временем обслуживания требований каждого класса (нижний рисунок детализирует кривые при значениях малой нагрузки).

Особую задачу представляет определение законов распределения времени ожидания.

Рассмотрим теперь систему с абсолютными приоритетами и обслуживанием в порядке приоритета с дообслуживанием. Применим подход полностью аналогичный рассмотренному ранее. Средняя задержка в системе меченого требования также состоит из трех составляющих: первая составляющая - это среднее время обслуживания, вторая - это задержка из-за обслуживания тех требований равного или более высокого приоритета, которые меченое требование застало в системе. Третья составляющая средней задержки меченого требования представляет собой задержку за счет любых требований, поступающих в систему до ухода меченого требования и имеющих строго больший приоритет. Расписывая все эти три составляющие общего времени нахождения в системе, получим

$$T_p = \bar{x}_p + \frac{\sum_{i=p}^P \lambda_i \bar{x}_i^2 / 2}{1 - \sigma_p} + \sum_{i=p+1}^P \rho_i T_p = \frac{\bar{x}_p (1 - \sigma_p) + \sum_{i=p+1}^P \lambda_i \bar{x}_i^2 / 2}{(1 - \sigma_p)(1 - \sigma_{p+1})}.$$

Весьма интересной задачей является выбор приоритетов для заявок различных классов. Поскольку имеет место закон сохранения, оптимизация имеет смысл только при рассмотрении некоторых дополнительных атрибутов каждого класса требований. Предположим, что можно оценить каждую секунду задержки заявки приоритетного класса p некоторой стоимостью C_p . Тогда средняя стоимость секунды задержки для системы может быть выражена через среднее число требований каждого класса, находящихся в системе

$$\bar{N}_p = \lambda_p T_p = \lambda_p (W_p + \bar{x}_p);$$

$$C = \sum_{p=1}^P C_p \bar{N}_p = \sum_{p=1}^P \rho_p C_p + \sum_{p=1}^P C_p \lambda_p W_p.$$

Решим задачу нахождения дисциплины обслуживания с относительными приоритетами для системы M/G/1, которая минимизирует среднюю стоимость задержки C . Пусть имеется P приоритетных классов заявок с заданной интенсивностью поступления и средним временем обслуживания. Перенесем в левую часть постоянную сумму и выразим правую часть через известные параметры

$$C - \sum_{p=1}^P \rho_p C_p = \sum_{p=1}^P \left(\frac{C_p}{x_p} \right) (\rho_p W_p).$$

Задача состоит в минимизации суммы в правой части этого равенства путем выбора соответствующей дисциплины обслуживания, т.е. выбора последовательности индексов p .

Обозначим

$$f_p = \frac{C_p}{x_p}; \quad g_p = \rho_p W_p$$

В этих обозначениях задача выглядит так: нужно минимизировать сумму произведений при условии

$$\sum_{p=1}^P f_p g_p \rightarrow \min : \sum_{p=1}^P g_p = \text{const}$$

Условие независимости суммы функций g_p от выбора дисциплины обслуживания определяется законом сохранения. Иначе говоря задача состоит в минимизации площади под кривой произведения двух функций, при условии, что площадь под кривой одной из них постоянна.

Решение состоит в том, что сначала упорядочим последовательность значений f_p : $f_1 \leq f_2 \leq \dots \leq f_P$.

А затем выберем для каждого f_p свое значение g_p , так, чтобы минимизировать сумму их произведений. Интуитивно ясно, что оптимальная стратегия выбора состоит в подборе наименьшего значения g_p для

наибольшего f_p , далее для оставшихся значений следует поступать тем же образом. Поскольку $g_p = W_p \rho_p$, то минимизация сводится к минимизации значений средней задержки. Таким образом, решение рассматриваемой задачи оптимизации состоит в том, что из всех возможных дисциплин обслуживания с относительным приоритетом минимум средней стоимости обеспечивает дисциплина с упорядоченными приоритетами в соответствии с неравенствами

$$\frac{C_1}{x_1} \leq \frac{C_2}{x_2} \leq \dots \leq \frac{C_P}{x_P}.$$

Основные параметры расчета интенсивности нагрузки.

Основными параметрами нагрузки являются: число источников нагрузки n ; среднее число вызовов, поступающих от одного источника нагрузки в единицу времени, λ ; средняя длительность занятия коммутационной системы при обслуживании одного вызова t . Принципы проектирования основных параметров нагрузки рассмотрим на примере их проектирования для местных телефонных сетей.

Число источников нагрузки n . По среднему числу вызовов и средней длительности занятия на ГТС различают следующие категории источников телефонной нагрузки: телефонные аппараты народного хозяйственного сектора $n_{нх}$; квартирные телефонные аппараты, которые делятся на квартирные аппараты индивидуального пользования $n_{к.и}$ и квартирные аппараты коллективного пользования $n_{к.к}$; таксофоны n_t ; соединительные линии от учрежденческих телефонных станций $n_{сл}$. Таким образом,

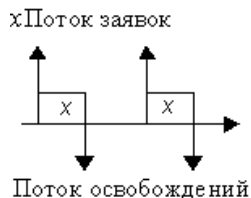
Среднее число вызовов от одного источника в единицу времени λ . В соответствии с имеющимися категориями источников нагрузки среднее число вызовов в единицу времени от

34

одного телефонного аппарата народного хозяйственного сектора обозначается через $\lambda_{нх}$, от квартирного аппарата индивидуального пользования $\lambda_{к.и}$, коллективного пользования $\lambda_{к.к}$, от таксофона λ_t , от соединительной линии $\lambda_{сл}$. Обозначим в общем виде через λ_i среднее число вызовов от источников i -й категории, n_i — число источников i -й категории. Тогда при k категориях источников нагрузки на АТС средневзвешенное число вызовов от одного источника определится из выражения

Средняя длительность занятия t . Под длительностью одного занятия понимается промежуток времени с момента снятия абонентом микрофона (замыкание шлейфа абонентской линии) до момента возвращения приборов станции, занятых в обслуживании вызова, в исходное состояние.

Поток освобождений серверов.



Пусть x_k — длительность обслуживания k -ой заявки. При детерминированном характере обслуживания задается набор этих значений. При $x = x_k$ время обслуживания постоянно и поток освобождения совпадает по характеристикам с потоком заявок. При случайном характере обслуживания задают вероятность того,

что обслуживание займет время меньше, чем x : $P(\xi < x) = 1 - e^{-\mu x}$.

Рис. 1.4, на котором показаны результаты экспериментального измерения времени занятия абонентской линии на АТС подтверждает практическую приемлемость

такой аппроксимации.

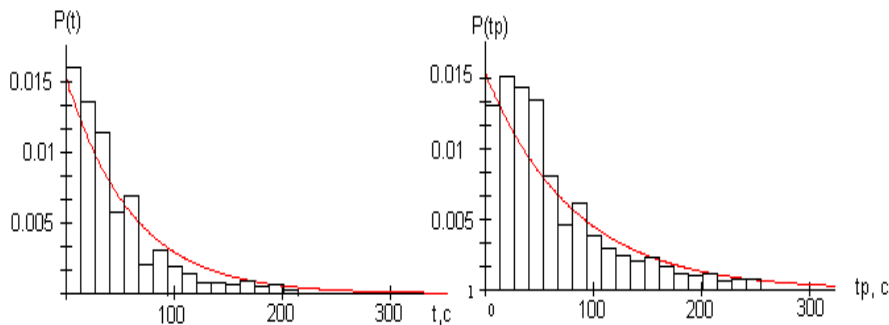


Рис. 1.4. Гистограммы измерений длительности занятий при $x = 60,3$ с, $\sigma = 84,4$ и разговоров при $x = 81,2$ с, $\sigma = 90,1$

Если освободившийся сервер сразу же занимается новым обслуживанием, то отношение $V/\bar{x} = const$, где V — общее число серверов, а \bar{x} — среднее время обслуживания. Вероятность того, что за промежуток времени t произойдет i освобождений, будет равна:

$$P_i(t) = \left[(Vt / \bar{x})^i / i! \right] e^{-Vt / \bar{x}}$$

В более общем случае, когда занято k серверов, вероятность освобождения i серверов за время t при показательном законе распределения времени обслуживания получим

$$P(i, k, t) = C_k^i \left[1 - e^{-t / \bar{x}} \right]^i e^{-(k-i)t / \bar{x}}$$

Вероятность того, что не освободится ни один сервер: $P(0, k, t) = e^{-kt / \bar{x}}$

Параметр потока освобождений при занятии k серверов можно найти как предел

$$\lambda_{осв} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} P(i \geq 1, k, \Delta t) / \Delta t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} [k / \bar{x} + o(\Delta t) / \Delta t] = k / \bar{x}$$

Поток освобождений ординарный и его параметр пропорционален числу занятых серверов. Коэффициент пропорциональности – величина обратная среднему времени обслуживания.

Поток с ограниченным последствием.

Это ординарный поток, промежутки между требованиями в котором, образуют последовательность взаимно-независимых случайных величин: $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k$.

Эта последовательность задается семейством функций распределения для τ_k .

Стационарный поток с ограниченным последствием (запаздыванием) – поток Пальма

задают условной вероятностью $\varphi_0(t)$ отсутствия требований в промежутке длиной t , если в начале этого промежутка было требование.

$$P(\tau_k < t) = \lambda \int_0^t \varphi_0(x) dx; \quad k = 1$$

$$P(\tau_k < t) = 1 - \varphi_0(t); \quad k \geq 2$$

где λ – интенсивность потока Пальма, которая равна обратной величине к среднему промежутку времени между требованиями. При экспоненциальной функции вероятности отсутствия требований: $\varphi_0(t) = e^{-\lambda t}$ получаем простейший поток.

Поток Эрланга

Простейший пуассоновский поток можно рассматривать как поток Эрланга первого порядка. Обозначим $p_n(t)$

$$p_n(t) = \frac{\lambda(\lambda t)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\lambda t}$$

плотность вероятности промежутка между заявками. Можно получить что:

Закон распределения для потока Эрланга n -го порядка:

$$P[\tau(n) < t] = \int_0^t p_n(t) dt = 1 - e^{-\lambda t} \sum_{i=0}^{n-1} (\lambda t)^i / i!$$

$$M\langle \tau(n) \rangle = nM\langle \tau(1) \rangle = n / \lambda; D\langle \tau(n) \rangle = nD\langle \tau(1) \rangle = n / \lambda^2$$

Нормируем масштаб времени так, чтобы параметр потока не зависел от n .

$T_n(n) = \tau(n)/n$; интенсивность Λ_n

Нормированный поток Эрланга n -го порядка:

$$p_n(t) = n\Lambda_n (n\Lambda_n t)^{n-1} / (n-1)! e^{-n\Lambda_n t}$$

Обобщенный поток Эрланга n -го порядка.

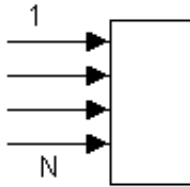
Если $\tau(n)$ есть сумма случайных величин, каждая из которых распределена по показательному закону с параметром λ_i

$$P_n(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i e^{-\lambda_i t} \prod_{k=1, k \neq i}^n \lambda_k / (\lambda_k - \lambda_i)$$

$$P(\tau(n) < t) = 1 - \sum_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} \prod_{k=1, k \neq i}^n \lambda_k / (\lambda_k - \lambda_i)$$

$$M\langle\tau(n)\rangle = \sum_{i=1}^n 1/\lambda_i \quad D\langle\tau(n)\rangle = \sum_{i=1}^n 1/\lambda_i^2$$

Примитивный поток и поток с повторными вызовами.



Примитивный поток. Это ординарный поток, параметр которого прямо пропорционален числу свободных источников $N_i = (N-i)$. Здесь N – общее число источников требований, i – число обслуживаемых в данный момент источников. Для примитивного потока параметр потока определяется как $\lambda_i = \alpha N_i = \alpha(N-i)$ с некоторым

$$\lambda = \sum_i \lambda_i f_i$$

коэффициентом α . Среднее значение параметра примитивного потока:

, где f_i – вероятность того, что обслуживается i источников. Средняя интенсивность

$$\nu = \frac{\lambda}{N}$$

потока заявок от одного источника:

Поток с повторными вызовами

Он состоит из потока первичных запросов – пуассоновский поток и повторных запросов. Параметр общего потока равен сумме параметров первичных и повторных заявок и может быть описан как примитивный с

параметром: $\lambda_{ij} = \alpha(N-i-j) + \beta j$

Здесь обозначено: i – число обслуживаемых источников, j – число источников, повторяющих запрос, α – интенсивность первичного источника, β – интенсивность источника повторного запроса. Если $\alpha \approx \beta$, то потоки неразличимы. Во многих городских АТС $\beta \gg \alpha$ и можно произвести сепарацию потоков заявок по среднему времени обслуживания.

Пуассоновский (простейший) поток запросов

Стационарный ординарный поток без последствия называют простейшим. Он задается набором вероятностей $P_i(t)$ поступления i требований в промежутке длиной t .

Можно показать, что при этих предположениях формула для $P_i(t)$ дается **формулой Пуассона (Poisson)**:

$$P_i(t) = \left[(\lambda t)^i / i! \right] e^{-\lambda t}$$

Проанализируем основные характеристики пуассоновского потока. Рассмотрим отношение $P_i(t)/P_{i-1}(t)$. При $i \leq \lambda t$ вероятность растет, а при обратном соотношении – убывает. Графики функции распределения Пуассона в зависимости от величины λt для различных значений k приведены на рисунке 1.3.

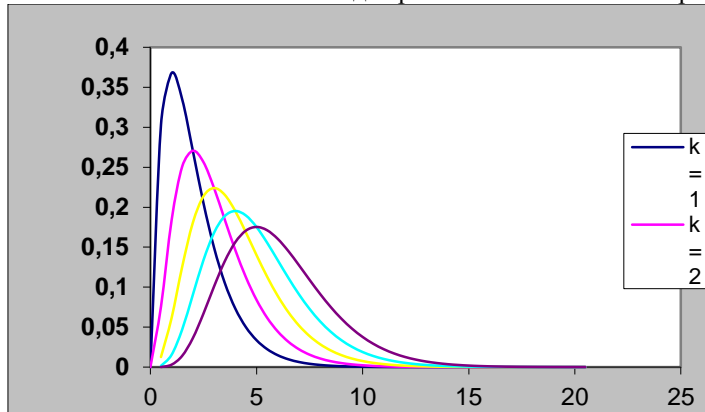


Рисунок 1.3 – Графики Пуассоновского распределения в зависимости от λt для различных k

Наряду с распределением $P_i(t)$ используют вероятности поступления не менее i требований в интервал t или не более i требований за время t :

$$P_{k \leq i}(t) = \sum_{k=0}^i P_k(t);$$

$$P_{k \geq i}(t) = \sum_{k=i}^{\infty} P_k(t).$$

Если рассмотреть закон распределения вероятностей промежутка между поступлением соседних требований τ , то можно показать, что

$$P(\tau \leq t) = 1 - P_0(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Дифференцируя, получаем плотность распределения вероятностей: $p(t) = \lambda e^{-\lambda t}$.
Случайная величина с такой плотностью вероятностей называется **экспоненциально - распределенной** (с показательным распределением). Математическое ожидание экспоненциально распределенной случайной величины равно

$$M\langle \tau \rangle = \bar{\tau} = \int_0^{\infty} t p(t) dt = \int_0^{\infty} t \lambda e^{-\lambda t} dt = 1/\lambda$$

а дисперсия и среднеквадратическое отклонение соответственно будут равны:

$$D\langle \tau \rangle = \int_0^{\infty} t^2 p(t) dt - \bar{\tau}^2 = \int_0^{\infty} t^2 \lambda e^{-\lambda t} dt - 1/\lambda^2 = 1/\lambda^2$$

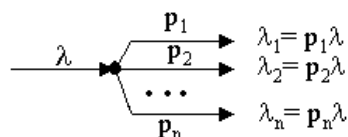
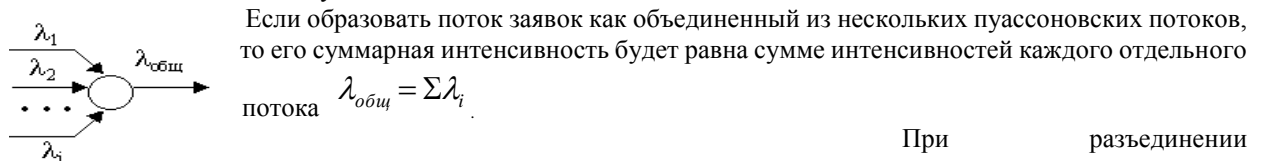
$$\sigma_{\tau} = \sqrt{D\langle \tau \rangle} = 1/\lambda$$

Определим математическое ожидание и дисперсию числа требований за промежуток t :

$$M\langle i \rangle = \sum_{i=1}^{\infty} i P_i(t) = e^{-\lambda t} \sum_{i=1}^{\infty} i (\lambda t)^i / i! = \lambda t$$

$$D\langle i \rangle = \sum_{i=1}^{\infty} i^2 P_i(t) - [M\langle i \rangle]^2 = \lambda t$$

Одним из важных свойств пуассоновского потока является аддитивность.



Работа, выполненная коммутационной системой: определение, единицы измерения, мгновенная нагрузка.

Основной количественной характеристикой, описывающей функционирование системы массового обслуживания, является выполненная ею работа за некоторый интервал времени. Определим величину работы U , выполненной системой массового обслуживания за интервал времени T , как суммарное время, затраченное на обслуживание требований в этой системе всеми входящими в нее серверами в течение этого интервала. Обозначим выполненную работу как

$$U = U(t, t + T)$$

Для системы, содержащей один сервер, максимальная работа, которая может быть выполнена за время T , равна $U_{\max} = T$. Если система содержит n серверов, то за это время может быть выполнена работа $U \leq U_{\max} = nT$.

В практической телефонии работу часто измеряют величиной, называемой часозанятием, т.е. измеряют работу СМО в часах. Мы будем пользоваться также термином секундозанятие, чтобы не путать величину выполненной работы и времени, за которое эта работа была выполнена.

Понятие работы характеризует степень занятости (загрузку) серверов только совместно с указанием интервала времени, за который эта работа была выполнена. В большинстве практических случаев используется производная от работы, называемая мгновенной нагрузкой:

$$i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{U(t, t + \Delta t)}{\Delta t},$$

Для каждого сервера работа $U(t, t + \Delta t)$ равна нулю, если в интервал $(t, t + \Delta t)$ сервер не занят, и равна Δt , если сервер занят, поэтому, стоящее под знаком предела отношение равно 0 или 1. Значит для системы из n серверов физический смысл мгновенной нагрузки - это число серверов, занятых обслуживанием в данный момент времени.

Расчет средней длительности занятия при несостоявшемся разговоре.

Средняя длительность занятия \bar{t} . Под длительностью одного занятия понимается промежуток времени с момента снятия абонентом микрофона с шлейфа абонентской линии) до момента возвращения приборов станции, занятых в обслуживании вызова, в исходное состояние.

Длительность занятия зависит в основном от действий абонентов и частично от систем АТС. Следовательно, длительность занятия является случайной величиной. Среднее значение может быть определено только на основании результатов наблюдений на действующих сетях. Рассмотрим составляющие средней длительности видов занятий.

1. Разговор состоялся. Средняя длительность этого вида занятия может быть рассчитана по формуле

$$\bar{t}_p = \bar{t}_{c.o} + \bar{t}_c + \bar{t}_{п.в} + \bar{T} + \bar{t}_o,$$

где $\bar{t}_{c.o}$, \bar{t}_c , $\bar{t}_{п.в}$, \bar{T} , \bar{t}_o - средние продолжительности соответственно слушания абонентом сигнала ответа станции, установления соединения, вызываемому абоненту, разговора, возвращения приборов в исходное состояние после отбоя.

По данным наблюдений, на действующих сетях $\bar{t}_{c.o}=3$ с; $\bar{t}_{п.в}=7.8$ с. Значения \bar{t}_c и \bar{t}_o зависят от системы АТС, в которую включены абонентские линии. В многоканальной системе соединение устанавливается одновременно с набором номера и величина \bar{t}_c рассчитывается по формуле $\bar{t}_c=1,5m$, где m - число знаков абонентского номера. \bar{t}_o - средняя продолжительность набора одной цифры номера с помощью дискового номеронабирателя, с. Для декадно-шаговой АТС $\bar{t}_o=1$ с.

В АТС координатной системы соединения устанавливаются после приема регистром информации об абонентском номере. В этом случае $\bar{t}_c=1,5m+2$, средняя продолжительность работы маркеров при установлении соединения через две ступени группового искания. Время освобождения приборов в АТС координатной системы мало, и можно принять $\bar{t}_o=0$.

Продолжительность разговора составляет значительную часть величины \bar{t}_p и поэтому должна определяться с возможно большей точностью. Продолжительность разговора различна для источников разных категорий и существенно образом зависит от времени суток: вечером для источников всех категорий она больше, чем днем.

По данным наблюдений, на ГТС нашей страны средняя продолжительность разговора для источников разных категорий в дневной ЧНН составляет: для аппаратов народного хозяйственного сектора - $\bar{T}_{нх}=100+110$ с; квартирных индивидуальных телефонных аппаратов - $\bar{T}_{ки}=130+140$ с; квартирных телефонных аппаратов коллективного пользования - $\bar{T}_{кк}=120+130$ с; таксофонов - $\bar{T}_т=100+110$ с; соединительных линий от учреждений телефонных станций - $\bar{T}_{сп}=100+110$ с; в среднем соответственно: $\bar{T}_{нх}=125+130$ с; $\bar{T}_{ки}=220+230$ с; $\bar{T}_{кк}=205+210$ с; $\bar{T}_т=160+165$ с; $\bar{T}_{сп}=125+130$ с.

Расчет средней длительности занятия при состоявшемся разговоре.

Средняя продолжительность разговора по АТС в целом определяется как средняя взвешенная длительностей T_i по числу разговоров источников соответствующих категорий $n_i \cdot \bar{c}_i \cdot p_{pi}$, т. е. по формуле

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i \cdot \bar{c}_i \cdot p_{pi} \cdot \bar{T}_i}{\sum_{i=1}^k n_i \cdot \bar{c}_i \cdot p_{pi}}. \quad (1)$$

где n_i - число источников i -й категории;

\bar{c}_i - среднее число вызовов от одного источника i -й категории;

p_{pi} - доля вызовов от источников i -й категории, закончившихся разговором;

k - число категорий источников, включенных в АТС.

2. Разговор не состоялся из-за занятости линии вызываемого абонента. Средняя длительность занятия этого вида может быть рассчитана по формуле:

$$\bar{t}_3 = \bar{t}_{c.з} + \bar{t}_c + \bar{t}_{c.з} + \bar{t}_o, \quad (2)$$

где $\bar{t}_{c.з}$ - средняя продолжительность слушания вызывающим абонентом сигнала "занято" при занятости линии вызываемого абонента другим соединением. Составляющие времени \bar{t}_3 , такие же, как в (2.8).

При включении абонентских линий в АТС декадно-шаговой системы, по данным наблюдений, величина $\bar{t}_{c.з}$ составляла 4-5с. Для АТС координатной системы $\bar{t}_{c.з}=0$, так как при занятости абонентской линии все групповые приборы, участвующие в соединении, освобождаются, а сигнал "занято" поступает на абонентского комплекта.

3. Разговор не состоялся из-за неответа вызываемого абонента. Средняя длительность занятия этого вида $\bar{t}_{н.о}$ может быть рассчитана по формуле (2.10), если известна средняя продолжительность слушания сигнала "занято" ($\bar{t}_{c.з}$) средней продолжительностью слушания сигнала посылки вызова при неответе абонента - $\bar{t}_{c.н}$. По данным наблюдений, $\bar{t}_{c.н}=30$ с.

4. Разговор не состоялся из-за ошибки вызывающего абонента. Средняя длительность занятий этого вида, по результатам наблюдений на действующих сетях, может быть принята равной $\bar{t}_{о.ш}=18.20$ с.

5. Разговор не состоялся по техническим причинам. Средняя длительность этого вида занятий может быть принята равной $\bar{t}_{тех}=10+15$ с.

Средняя длительность одного занятия на АТС в целом может быть рассчитана по формуле

$$\bar{t} = \bar{t}_p p_p + \bar{t}_{3п} p_{3п} + \bar{t}_{о.ш} p_{о.ш} + \bar{t}_{тех} p_{тех}. \quad (3)$$

При проектировании параметров нагрузки следует учитывать, что значения среднего числа вызовов и средней продолжительности разговора существенно зависят от системы тарифов за пользование телефонной связью. Приведенные выше значения этих параметров измерялись при существующей на городских телефонных сетях стране абонентской оплате, которая не оказывает регулирующего действия на значения параметров телефонной нагрузки.

Средняя интенсивность поступающей нагрузки. Проектирование средней интенсивности поступающей нагрузки основывается на результатах наблюдений за параметрами нагрузки на действующих АТС и предположении о тенденции изменения этих параметров с развитием ГТС.

Величина интенсивности нагрузки может быть рассчитана по формуле:

$$y = n \cdot \bar{c} \cdot \bar{t}. \quad (2.12)$$

Свойства потоков требований.

Поступающие на вход системы массового обслуживания требования (заявки, запросы) образуют поток

$$\Xi = \{t_n\}$$

дискретных событий, полностью определяемый множеством моментов времени их поступления

. Для детерминированного потока значения t_n задаются таблицей или формулой. На практике этот поток случайный и значения моментов поступления запросов есть значения случайной величины, задаваемой

функциями распределения вероятности t_n либо интервала между поступлениями Δt : $\tau = t_n - t_{n-1}$.

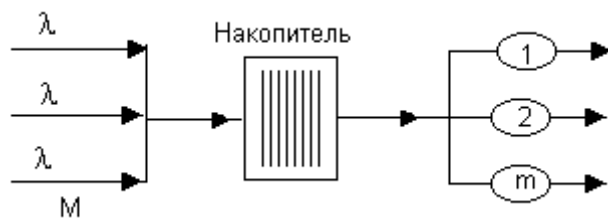
В зависимости от вида функции распределения вероятности потоки требований наделяют соответствующими названиями. В общем случае случайные потоки можно классифицировать по наличию или отсутствию трех основных свойств: стационарности, последствия и ординарности.

Стационарность - независимость вероятностных характеристик от времени. Так вероятность поступления определенного числа требований в интервал времени длиной t для стационарных потоков не зависит от выбора начала его измерения.

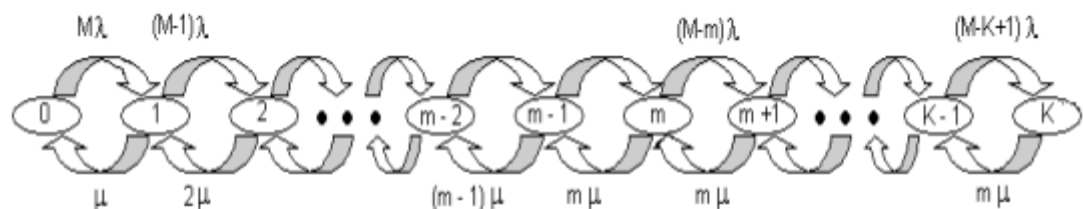
Последствие - вероятность поступления требований в интервале (t_1, t_2) зависит от событий, произошедших до момента t_1 .

Ординарность - вероятность поступления двух и более требований за бесконечно малый интервал времени Δt есть величина бесконечно малая более высокого порядка, чем Δt .

Система обслуживания М/М/м:К/М конечное число источников нагрузки, m серверов и конечный накопитель.



Основной смысл изучения такой системы состоит в том, что входной поток в такой системе может рассматриваться как примитивный, то есть параметр потока зависит от числа требований, находящихся на обслуживании. Эта зависимость определяется таким образом, что из M источников пуассоновского потока с постоянным



параметром λ получают отказ те требования, которые поступают в систему тогда, когда в ней уже имеются K заявок. Система описывается процессом типа гибели-размножения с диаграммой интенсивностей переходов на рис. 1.19.

Рис. 1.19 Диаграммой интенсивностей переходов для СМО типа М/М/м:К/М.

и параметрами интенсивностей:

$$\lambda_n = \begin{cases} \lambda(M-n), & 0 \leq n \leq K-1 \\ 0, & n > K-1 \end{cases}$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu, & 0 \leq n \leq m \\ m\mu, & m < n \leq k \\ 0, & n > k \end{cases}$$

Воспользовавшись формулам для стационарных вероятностей, получим:

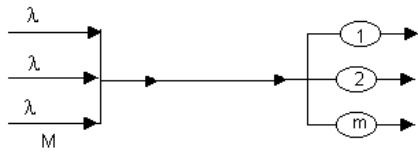
$$p_k = p_0 \prod_{i=1}^{k-1} \frac{\lambda(M-i)}{(i+1)\mu} = C_m^k p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k, \quad 0 \leq k \leq m-1, \quad C_m^n = \frac{m!}{(m-n)!n!},$$

$$p_k = C_m^k p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{k!}{m!} m^{m-k}, \quad m \leq k \leq K.$$

Формула для вероятности простая очень громоздка и здесь не приводится. Если считать, что $K = m$, то есть в системе только чистые потери (длина буфера совпадает с числом серверов), то распределение стационарных вероятностей может быть дано в виде так называемого **распределения Энгсета**:

$$p_k = \frac{C_M^k \cdot A_1^k}{\sum_{i=0}^m C_M^i A_1^i}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, m; \quad A_1 = \frac{\lambda}{\mu}$$

Эта формула имеет следующую интерпретацию.



Некоторая система массового обслуживания, имеющая M входных линий, распределяет поступающие с них заявки на m серверов. Интенсивность входного потока зависит от того, сколько серверов занято обслуживанием таким образом, что интенсивность входного потока линейно убывает с числом занятых серверов :
 $\lambda_n = \lambda(M - n)$

$$A_1 = \lambda / \mu$$

Максимальная нагрузка, поступающая на один вход, определяется как:

Вероятность того, что при показательном законе распределения времени обслуживания в стационарном режиме будет занято k серверов, будет определяться как раз вышеприведенной формулой Энгсета. Систему такого типа можно назвать $M/M/m:M$. Полученное распределение также позволяет рассчитать вероятность того, что будут заняты все серверы. Для этого достаточно положить $k = m$. Как видно, она отличается от полученной ранее формулы потерь Эрланга. Это распределение также часто встречается на практике и задается функцией Энгсета:

$$p_m = \xi_M(m, A_1) = \frac{C_M^m A_1^m}{\sum_{k=0}^m C_M^k A_1^k}$$

На практике применима также модель Молина (Molina), которая также называется моделью потерянных вызовов (LCH – Lost Calls Held). Это математическая модель блокировки телефонного трафика, в которой блокированные обращения сохраняются в течение определенного времени задержки, хотя и не обслуживаются. Эта модель подобна модели, описываемой C – формулой Эрланга, с которой иногда и путается. Вероятность блокировки для N линий, создающих интенсивность A имеет вид:

$$P_b = e^{-A} \cdot \sum_{k=N+1}^{\infty} \frac{A^k}{k!}$$

Система обслуживания с m серверами и с явными потерями: $M/M/m:Loss$

Предметом рассмотрения теперь будет система без образования очереди для заявок, поступивших в моменты, когда все m серверов были заняты. Такие заявки будут просто теряться. В телефонии это типичный случай коммутирования на конечном коммутационном поле. Опишем такую систему подходящим процессом типа гибели-размножения. Его параметры могут быть определены так

$$\lambda_n = \begin{cases} \lambda, & n < m \\ 0, & n \geq m \end{cases}$$

$$\mu_n = n\mu, \quad n = 1, 2, 3, \dots, m.$$

Такая система оказывается также эргодичной и диаграмма интенсивностей переходов, приведенная на рис. 1.18 позволяет найти распределение вероятностей:

$$p_k = p_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{(1+i)\mu} = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \frac{1}{k!}, \quad k \leq m,$$

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^m \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \frac{1}{k!} \right]^{-1}.$$

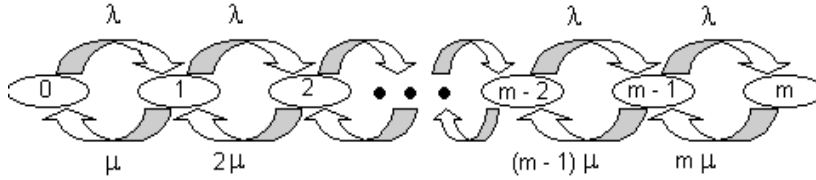


Рис. 1.18 Диаграмма интенсивностей переходов для СМО типа M/M/m:Loss.

Основной характеристикой QoS для этой системы является средняя доля времени, когда все серверы оказываются занятыми. В этом случае говорят о том, что в системе наступила блокировка. Вероятность такой блокировки определяется по формуле, носящей в телефонии название **В - формулы Эрланга** или формулой потерь Эрланга

$$P_B = E_B(m, A) = p_m = \frac{\frac{A^m}{m!}}{\sum_{k=0}^m \frac{A^k}{k!}}, \quad A = \frac{\lambda}{\mu}$$

Эта формула играет столь большую роль в телефонии, что ее значения табулированы и существует масса таблиц, обратного расчета, то есть определения нагрузки, при которой обеспечивается заданная вероятность блокировки для заданного числа серверов. Такая таблица важна при расчетах многих сетей и систем массового обслуживания. Модель СМО, описываемая В - формулой Эрланга называется также Lost Calls Cleared (LCC).

Система с двумя серверами: М/М/2.

Система **М/М/2** может быть представлена как процесс размножения-гибели с параметрами:

$$\lambda_k = \lambda,$$

$$\mu_1 = \mu, \quad \mu_n = 2\mu, \quad \forall n \geq 2.$$

Найдем сначала распределение вероятностей в стационарном режиме:

$$p_k = p_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_{i+1}} = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right) \left(\frac{\lambda}{2\mu} \right)^{k-1} = p_0 \frac{1}{2^{k-1}} \rho^k = p_0 2 \rho_2^k, \quad \rho_2 = \frac{\lambda}{2\mu}.$$

Находя из условий нормировки вероятность простоя (нулевого состояния), находим

$$p_0 = \frac{1 - \rho_2}{1 + \rho_2},$$

$$p_k = \frac{2(1 - \rho_2)}{(1 + \rho_2)} \rho_2^k.$$

Найдем теперь основные характеристики качества обслуживания. Средняя длина очереди составит:

$$\bar{L}_2 = \sum_{k=0}^{\infty} k p_k = \frac{2\rho_2}{(1 - \rho_2^2)} \leq \bar{L}_1 = \frac{\rho}{1 - \rho}.$$

Теперь найдем среднее время задержки в системе по формуле Литтла:

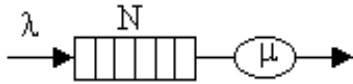
$$\bar{T}_2 = \bar{L}_2 / \lambda = 1 / \mu (1 - \rho_2^2).$$

Таким образом, в системе с двумя серверами время задержки сокращается. Нетрудно убедиться, что производительность системы М/М/2 также выше, поскольку теперь средняя производительность будет определяться вероятностью занятости только одного сервера и незанятости обоих серверов:

$$\gamma = \mu p_1 + 2\mu(1 - p_0 - p_1) = \lambda.$$

Получилось, что производительность системы без блокировки также как и для системы с одним сервером совпадает с входной нагрузкой, тогда как максимальная производительность могла равняться 2μ .

Система с конечным накопителем: M/M/1:N



Рассмотрим СМО, для которой фиксировано максимальное число ожидающих заявок. Предположим, что в системе может находиться N заявок, включая находящуюся на обслуживании в сервере. Любое поступившее сверх этого числа требование получает отказ и немедленно покидает систему. В телефонии такие вызовы называют потерянными. Поступающие заявки образуют Пуассоновский поток, а обслуживание осуществляется одним сервером с показательным законом распределения времени обработки. Приспособим для описания такой системы модель процесса гибели-размножения.

$$\lambda_k = \begin{cases} \lambda, & k < N \\ 0, & k \geq N \end{cases}, \mu_k = \mu, \quad k = 1, 2, \dots, N$$

Эта система эргодична и диаграмма интенсивностей переходов может быть изображена так как на рис. 1.15.

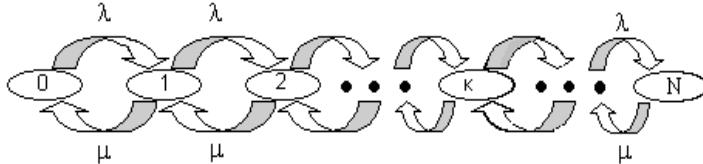


Рис. 1.15 Диаграмма интенсивностей переходов системы типа M/M/1:N.

Найдем распределение вероятностей в стационарном режиме непосредственно из общей формулы

$$p_k = p_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{\mu}, \quad k \leq N,$$

$$p_k = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k, \quad k \leq N,$$

$$p_k = 0, \quad k \geq N.$$

Найдем теперь начальную вероятность, следуя общей формуле:

$$p_0 = \left[1 + \sum_{k=1}^N \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \right]^{-1} = \left[1 + \frac{(\lambda/\mu)(1 - (\lambda/\mu)^N)}{1 - (\lambda/\mu)} \right]^{-1} = \frac{1 - \lambda/\mu}{1 - (\lambda/\mu)^{N+1}}.$$

Таким образом, окончательная формула для стационарных вероятностей будет:

$$p_k = \begin{cases} \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{N+1}} \rho^k, & 0 \leq k \leq N, \\ 0, & k < 0; k > N. \end{cases}$$

Проанализируем характеристики качества обслуживания (QoS) для такой системы. Важнейшей характеристикой будет являться вероятность блокировки – потери заявки. Очевидно, что это произойдет с вероятностью переполнения буфера, поэтому для расчета вероятности блокировки можно использовать формулу:

$$p_B = p_k(k = N) = \frac{(1 - \rho)\rho^N}{1 - \rho^{N+1}}.$$

Например, для системы с коэффициентом использования 0.5 при размере буфера $N=18$ вероятность блокировки будет больше 10^{-6} , а при размере $N=19$, меньше этого значения. Следовательно, для получения вероятности блокировки такой величины необходимо предусмотреть размер буфера не менее 19.

Средняя длина очереди в буфере может быть найдена как:

$$\bar{L} = \sum_{k=0}^N k p_k = \frac{(1 - \rho)}{1 - \rho^{N+1}} \sum_{k=0}^N k \rho^k = \frac{\rho(1 - \rho)(1 + 2\rho + 3\rho^2 + 4\rho^3 + \dots + N\rho^{N-1})}{1 - \rho^{N+1}}.$$

Соответственно задержка может быть найдена на основе формулы Литтла

$$\bar{T} = \frac{1}{\lambda} \bar{L}$$

Определим пропускную способность системы как число заявок, обслуживаемых системой в одну секунду. Очевидно, что при вероятности блокировки p_B пропускная способность может быть найдена как чистая интенсивность поступлений, то есть:

$$\gamma = \lambda(1 - P_B)$$

С точки зрения выхода системы пропускная способность может быть определена иначе. Если система всегда была бы непуста, то ее производительность равнялась бы величине обратной среднему времени обслуживания, то есть μ . Однако, поскольку часть времени система может простаивать, вероятность того, что в ней нет ни одной заявки отлична от нуля, реальная производительность может быть выражена как:

$$\gamma = \mu(1 - p_0)$$

Подставив выражения для вероятности простоя сервера для системы с бесконечным размером буфера, получим:

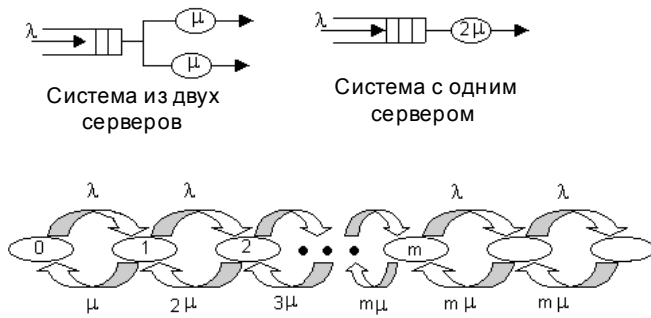
$$\gamma = \mu(1 - (1 - \rho)) = \lambda \Rightarrow P_B = 0$$

Для системы с конечным буфером получаем:

$$\gamma = \mu \left(1 - \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{N+1}} \right) \Rightarrow P_B = \frac{(1 - \rho)\rho^N}{1 - \rho^{N+1}} \approx (1 - \rho)\rho^N, \quad \rho^N \ll 1$$

Система с несколькими серверами: М/М/т

Рассмотрим сначала простой случай системы, содержащей два сервера, любой из которых доступен для поступающих на вход заявок. Системы с несколькими серверами такого типа называют полнодоступными. Очевидно, что по сравнению с односерверной системой производительность будет выше. Сразу отметим, что интерес будет представлять сравнение с односерверной системой интенсивность обслуживания в которой в среднем вдвое выше, то есть мы ответим на вопрос что эффективнее удвоение скорости обработки или распараллеливание обработки.



Рассмотрим теперь общий случай СМО с m серверами. Диаграмма интенсивностей переходов для такой системы представлена на рис. 1.17.

Рисунок 1.17. Диаграмма интенсивностей переходов для СМО типа М/М/т.

Интенсивности переходов могут быть определены следующим образом:

$$\lambda_n = \lambda, n = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

$$\mu_n = \min[n\mu, m\mu] = \begin{cases} n\mu, & 0 \leq n \leq m \\ m\mu, & m \leq n \end{cases}$$

Используя основные общие соотношения для процессов гибели-размножения, получим:

$$p_k = \begin{cases} p_0 \frac{(m\rho)^k}{k!}, & k \leq m \\ p_0 \frac{\rho^k m^m}{m!}, & k \geq m \end{cases}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{m\mu} = \frac{A}{m} < 1.$$

Вероятность простоя определяется громоздкой формулой, которая может быть записана через общую входную нагрузку A и удельную нагрузку ρ на один сервер:

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^{m-1} \left(\frac{A^k}{k!} \right) + \frac{(m\rho)^m}{m!} \frac{1}{1 - \rho} \right]^{-1}$$

Полученные здесь соотношения позволяют рассчитать все характеристики QoS, мы приведем только одну формулу, позволяющую найти вероятность того, что поступающее в систему заявка окажется в очереди. Эту формулу широко используют в телефонии: она определяет вероятность того, что поступающий на пучок из

m линий вызов, не застанет ни одной свободной линии и будет поставлен в очередь на обслуживание. Эту формулу часто называют **С-формулой Эрланга**.

$$C(m, \lambda / \mu) = \frac{\left(\frac{A^m}{m!} \right) \left(\frac{1}{1 - A/m} \right)}{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{A^k}{k!} + \left(\frac{A^m}{m!} \right) \left(\frac{1}{1 - A/m} \right)}, \text{ где } A = \frac{\lambda}{\mu}$$

Модель СМО, описываемая С - формулой Эрланга называется также Lost Calls Delayed (LCD).

Система типа G/G/1.

Как следует из определения, этот класс систем предполагает, что как распределение интервалов времени между поступлением входных заявок-требований, так и распределение времени обслуживания в сервере описываются произвольными функциями плотности вероятности. Обозначим функцию плотности вероятности входного потока заявок $a(t)$, а функцию плотности вероятности времени обслуживания $b(x)$. Рассмотрим последовательность поступающих заявок на обслуживание - требований, пронумерованных индексами и вспомним обозначения, введенные ранее.

C_n - n -е требование, поступающее в систему,

t_n - промежуток времени между поступлениями n -го и $n-1$ требований, плотность вероятности $a(t)$ - не зависит от n .

x_n - время обслуживания n -го требования, плотность вероятности $b(x)$ - также не зависит от n ,

w_n - время ожидания n -го требования в очереди.

Напомним определение незавершенной работы для системы массового обслуживания. По определению незавершенная работа в каждый момент времени - это остаточное время, необходимое для освобождения системы от всех требований, находящихся в ней к этому моменту. Очевидно, что для системы G/G/1 значение незавершенной работы непосредственно перед поступлением n -го требования в точности равно времени w_n . Таким образом, последовательность этих значений будет образовывать дискретную марковскую цепь, вероятности переходов которой могут быть определены по характеристикам входного потока и времени обслуживания. Зная эти переходные вероятности можно найти все характеристики изучаемой СМО. Рассмотрим два случая поступления требования C_n в систему - поступление в занятую систему (Рис. 6.1) и в свободную систему (Рис. 6.2).

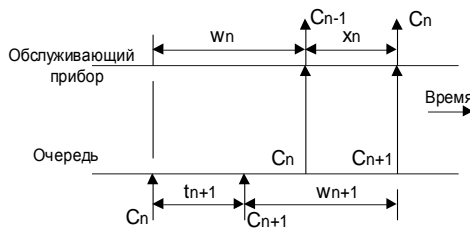


Рис. 6.1 Случай, когда требование C_{n+1} поступает в занятую систему.

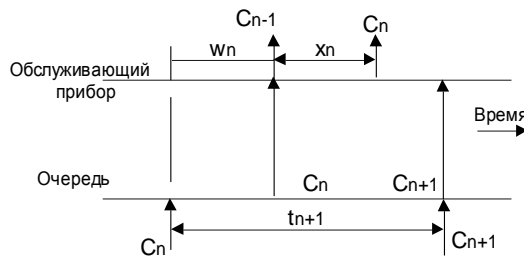


Рис. 6.2 Случай, когда требование C_{n+1} поступает в свободную систему.

Нетрудно видеть, что для первого случая

$$w_n + x_n - t_{n+1} \geq 0 \Rightarrow w_{n+1} = w_n + x_n - t_{n+1}.$$

Для второго случая $w_n + x_n - t_{n+1} < 0 \Rightarrow w_{n+1} = 0$.

Определим случайную величину, равную разности между временем обслуживания требования с номером n и

промежутком времени между поступлениями $n+1$ и n -го требований $u_n = x_n - t_{n+1}$.

Фундаментальное свойство этой случайной величины состоит в том, что для стабильных СМО, т.е. имеющих стационарное распределение вероятностей состояний, ее математическое ожидание должно быть отрицательным. Смысл этого утверждения понятен из определения. Очевидно, что в среднем время обслуживания должно быть меньше времени между поступлениями соседних требований. Используя эту величину можно записать выражение для рекуррентного определения величин w_n в компактном виде

$$w_{n+1} = \begin{cases} 0, & w_n + u_n < 0, \\ w_n + u_n, & w_n + u_n \geq 0, \end{cases}$$

$$w_{n+1} = \max[0, w_n + u_n].$$

Решая это уравнение последовательно, начиная с нулевого требования, можно получить

$$w_n = \max[0, u_{n-1}, u_{n-1} + u_{n-2}, \dots, u_{n-1} + \dots + u_1, u_{n-1} + \dots + u_1 + u_0 + w_0].$$

Условие стабильности $M\langle u_n \rangle < 0$, может быть записано в более привычной форме:

$$M\langle u_n \rangle = M\langle x_n - t_{n+1} \rangle = M\langle x_n \rangle - M\langle t_{n+1} \rangle = \bar{x} - \bar{t} = \bar{t}(\rho - 1)$$

$$\rho = \frac{\bar{x}}{\bar{t}} < 1$$

При выполнении этого условия будет существовать стационарное распределение вероятностей

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P[w_n \leq y] = P[w \leq y] = W(y).$$

Эта функция распределения может быть записана через искомую плотность вероятности для времени ожидания в очереди

$$W(y) = \int_{-\infty}^y w(t) dt.$$

Для ее нахождения Линдли получил интегральное уравнение, носящее его имя.

$$w(y) = \begin{cases} \int_{-\infty}^y w(y-u)c(u)du, & y \geq 0, \\ 0, & y < 0. \end{cases}$$

Функция $c(u)$ определяется в свою очередь интегралом, похожим на свертку плотностей вероятности входного потока заявок и времени обслуживания

$$c(u) = \int_0^{\infty} a(t+u)b(t)dt.$$

Решить уравнение Линдли в общем случае не удастся. Если ввести преобразования Лапласа от функций плотности вероятности

$$A(s) = \int_0^{\infty} a(t)e^{-st} dt,$$

$$B(s) = \int_0^{\infty} b(x)e^{-sx} dx,$$

то удастся записать:

$$C(s) = A(-s)B(s),$$

$$W(s)[A(-s)B(s) - 1] = 0.$$

Определение функции комплексной переменной $W(s)$ из последнего уравнения согласно методам теории функций комплексной переменной сводится к представлению разности в квадратных скобках в виде отношения функций комплексной переменной, имеющих специальное расположение нулей в правой и левой полуплоскости комплексной переменной s :

$$A(-s)B(s) - 1 = \frac{\Psi_+(s)}{\Psi_-(s)}.$$

При $\text{Re}(s) > 0$ функция в числителе должна быть аналитической и не иметь нулей в этой полуплоскости. Функция в знаменателе должна быть аналитической в левой полуплоскости и не иметь там нулей. Решение для преобразования Лапласа функции плотности вероятности времени ожидания в очереди может быть записано в виде

$$W(s) = \frac{K}{\Psi_+(s)},$$

$$K = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{\Psi_+(s)}{s}.$$

Константа K есть вероятность того, что требование не будет стоять в очереди. Вычисления показывают, что, несмотря на то, что приведенный подход позволяет выразить функцию плотности вероятности времени

ожидания в любом конкретном случае заданных плотностей $a(t)$ и $b(x)$, записать в общем случае решение для характеристик качества обслуживания системы G/G/1 не удастся. Так для среднего времени ожидания требования в очереди удастся получить формулу только в виде, содержащем некоторые неизвестные параметры

$$M\langle W \rangle = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2 + (\bar{t})^2 (1 - \rho)^2}{2\bar{t}(1 - \rho)} - \frac{\bar{I}^2}{2\bar{I}}.$$

Здесь известные параметры σ_a , σ_b - среднеквадратичные отклонения для входного потока требований и времени обслуживания, \bar{t} - среднее значение интервала времени между входными требованиями. Последнее слагаемое есть отношение второго момента к среднему значению случайной величины I - продолжительности свободного состояния в системе G/G/1. Это слагаемое не определяется в явном виде и формула для $M\langle W \rangle$ не позволяет непосредственно вычислить среднюю задержку в системе.

Найдем приближенное значение этой величины при больших значениях нагрузки. Используем разложение функций комплексной переменной $A(s)$ и $B(s)$ в ряд Маклорена:

$$A(-s) = 1 + \bar{t}s + \frac{\bar{t}^2 s^2}{2!} + o(s^2),$$

$$B(s) = 1 - \bar{x}s + \frac{\bar{x}^2 s^2}{2!} + o(s^2),$$

$$A(-s)B(s) - 1 = s \left[\bar{t} - \bar{x} + s \left(\frac{\bar{x}^2}{2} + \frac{\bar{t}^2}{2} - \bar{x}\bar{t} \right) \right] + o(s^2).$$

Поскольку нас интересует значение функции плотности вероятности при большой нагрузке, можно ограничиться рассмотрением функции $W(s)$ при малых значениях s . Нетрудно видеть, что последнее выражение как функция комплексной переменной имеет два нуля. Первый из них очевиден: $s_1 = 0$. Для нахождения второго корня будем пренебрегать квадратом разности между средним временем обслуживания и средним интервалом между поступлениями. Приближенное значение корня будет равно

$$s_2 \approx -\frac{2\bar{t}(1 - \rho)}{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}.$$

Таким образом, в качестве приближения в окрестности нуля можно считать

$$A(-s)B(s) - 1 \approx s(s - s_2) \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{2},$$

$$\Psi_+(s) \approx s(s - s_2)C,$$

$$C = \Psi_-(0) \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{2},$$

$$K = \lim_{s \rightarrow 0} (s - s_2)C = -s_2 C,$$

$$W(s) \approx \frac{-s_2}{s(s - s_2)} = \frac{1}{s} - \frac{1}{s - s_2},$$

$$w(y) \approx \frac{2\bar{t}(1 - \rho)}{\sigma_a^2 + \sigma_b^2} e^{-\frac{2\bar{t}(1 - \rho)}{\sigma_a^2 + \sigma_b^2} y},$$

$$M\langle W \rangle \approx \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{2(1 - \rho)\bar{t}}.$$

Как видно приближение при большой нагрузке позволяет считать распределение времени ожидания в очереди экспоненциальным, а среднее время рассчитывать по полученной выше формуле.

Кроме полученной здесь формулы для больших значений ρ , во многих случаях более точные результаты могут быть найдены с использованием верхней и нижней границы для времени ожидания, без предположения о величине нагрузки. Строгое значение для верхней границы можно найти, используя полученную выше формулу для $M\langle W \rangle$. Путем простых преобразований нетрудно показать, что для любых значений нагрузки будет выполняться неравенство

$$M\langle W \rangle \leq \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{2\bar{t}(1 - \rho)} = W_{High}.$$

Можно видеть, что верхняя граничная оценка оказывается тем более точной, чем больше величина нагрузки. Другими исследователями (Marchall) была получена другая формула для верхней границы. При ее выводе

автор исходил из требования превращения оценки в точное выражение для задержки в системе M/G/1 при подстановке в формулу соотношений, справедливых для пуассоновского входного потока.

Нахождение нижней границы проще всего выполняется в предположении, что входной поток может быть отнесен к классу случайных потоков событий с монотонным возрастанием интенсивности. Для таких классов случайных потоков функция распределения удовлетворяет соотношению

$$M\langle W \rangle \leq \frac{1 + C_b^2}{(1/\rho)^2 + C_b^2} \left[\frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{2t(1-\rho)} \right],$$

$$C_b = \frac{\sigma_b}{x}.$$

В этом случае нижняя граница для среднего времени ожидания требования в очереди может быть определена следующей формулой

$$\frac{\rho^2 C_b^2 + \rho(\rho - 2)}{2\lambda(1 - \rho)} = W_{Low} \leq M\langle W \rangle$$

В более общем случае нахождение нижней границы дается через решение нелинейного уравнения:

$$y = g(y),$$

$$g(y) = \int_{-y}^{\infty} [1 - C(x)] dx,$$

$$C(x) = \int_0^x c(t) dt,$$

$$c(t) = \int_0^{\infty} a(x+t)b(x) dx.$$

Графически решение нелинейного уравнения $y = g(y)$ дается точкой пересечения (см. Рис. 6.3) прямой $Y = y$ и $Y = g(y)$. Это решение и определяет собой величину точной нижней границы для среднего значения времени ожидания требования в очереди W_{Low}

$$W_{Low} \leq M\langle W \rangle.$$

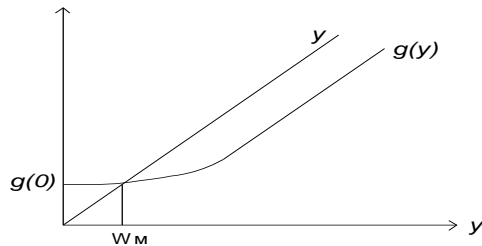


Рис. 6.3 Определение нижней границы W_M .

Итак, анализ СМО G/G/1, в которой учитывается вид функции плотности вероятности как входного потока заявок так и времени обслуживания, позволяет в ряде случаев получить некоторые оценки, которые могут быть использованы как более точные по сравнению с максимально высокими, получаемыми при использовании марковских моделей.

Система типа M/M/m:m.

Как видно из обозначения, мы рассматриваем систему, имеющую одинаковое число входных линий и обслуживающих серверов, например выходных линий. Очевидно, что блокировка в такой системе невозможна. Диаграмма интенсивностей переходов состояний может быть представлена в виде совокупности несвязных m простейших подсистем с двумя состояниями – свободно/занято. (Рис. 1.20)

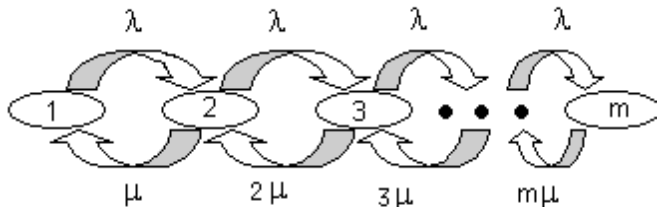


Рис. 1.20 Диаграмма интенсивностей переходов состояний для СМО типа M/M/m:m.

Вероятности того, что k подсистем находятся в состоянии «занято», описывается формулой Энгсета:

$$p_k = \frac{C_m^k \cdot A_1^k}{\sum_{i=0}^m C_m^i \cdot A_1^i}; \quad A_1 = \frac{\lambda}{\mu} = \rho$$

Нетрудно видеть, что в этом случае в знаменателе записан бином Ньютона, и формула для вероятностей может быть существенно упрощена:

$$p_k = \frac{C_m^k \rho^k}{(1+\rho)^m} = C_m^k a^k (1-a)^{m-k}, \quad a = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} = \frac{\rho}{1 + \rho}$$

Полученное распределение вероятностей носит название **биномиального или распределения Бернулли**. Величина a определяет вероятность занятости сервера, а величина $(1-a)$ – вероятность его простоя. Поскольку таких серверов m , то распределение вероятностей будет таким же, как для классической задачи о бросании m монет. Следует отметить также что

$$a = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}, \quad 1 - a = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$

Стационарный поток без последствия.



Это неординарный (групповой) пуассоновский поток. **События – моменты вызовов**, представляют собой простейший пуассоновский поток с параметром λ . В каждый момент времени t_i с вероятностью p_l поступает группа из l ($l = 1, 2, \dots, r$) одинаковых заявок. Величина l – характеристика неординарности. Обозначим параметр $a_l = \lambda p_l$. Вероятность поступления k требований в промежутке времени длиной t :

$$P_k(t) = e^{-\lambda t} \sum_k \frac{(a_1 t)^{j_1}}{j_1!} \frac{(a_2 t)^{j_2}}{j_2!} \dots \frac{(a_k t)^{j_k}}{j_k!}$$

Суммирование в этой формуле производится по всем j_j , удовлетворяющим соотношению : $j_1 + 2j_2 + 3j_3 + \dots + kj_k = k$.

Это означает, что любой неординарный пуассоновский поток можно представить как k независимых неординарных пуассоновских потоков с постоянной характеристикой неординарности l и соответствующими

$$\lambda = \sum_{l=1}^r a_l$$

параметром a_l и интенсивностью la_l . Параметр неординарного потока определяется как:

$$\sum_{l=1}^r \lambda p_l = \sum_{l=1}^r la_l$$

а интенсивность такого потока :

В качестве одного из примеров применения неординарного потока можно привести пуассоновский поток с неординарными заявками, т.е. использующим для своего обслуживания l серверов. В сотовой системе связи в том случае, когда происходит звонок с мобильного телефона на телефоны не расположенные в зоне обслуживания одной базовой станции или на телефоны городской сети, требование обслуживается одним сервером – голосовым каналом, а при осуществлении звонка на мобильный телефон, обслуживаемый одной и той же базовой станцией требуется сразу два сервера – голосовых канала. Следовательно, поток вызовов от мобильных телефонов может рассматриваться как неординарный с характеристикой неординарности равной двум.

Формула Литтла.

Рассмотрим временную диаграмму работы системы массового обслуживания (рис. 1.8), отразив на ней последовательность поступления требований, помещение требований в очередь и обработки серверами системы.

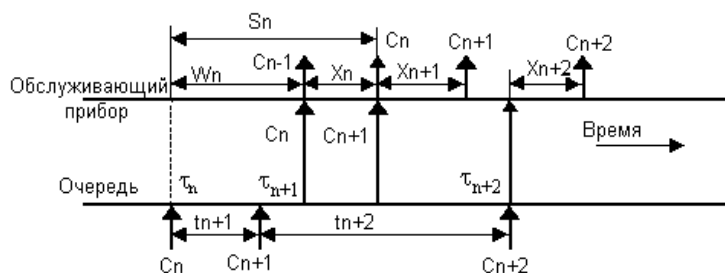


Рис. 1.8 Временная диаграмма работы системы массового обслуживания.

В общем случае ясно, что с увеличением числа требований растет время ожидания. Установим соотношение между средним числом требований в системе, интенсивностью потока и среднего времени пребывания в системе. Обозначим число поступающих в промежутке времени $(0, t)$ требований как функцию времени $a(t)$.

Число исходящих из системы заявок (обслуженных) на этом интервале обозначим $\delta(t)$. На рисунке 1.9 показаны примеры функциональных зависимостей этих двух случайных процессов от времени.

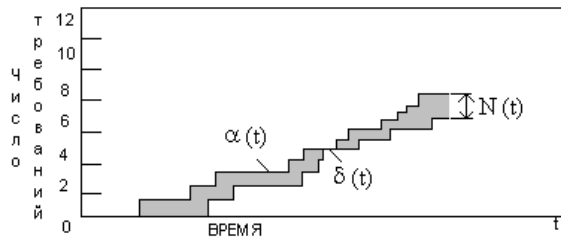


Рис. 1.9 Зависимость между средним числом требований в системе, интенсивностью потока и средним временем пребывания в системе.

Число требований, находящихся в системе в момент t будет равно:

$$N(t) = \alpha(t) - \delta(t)$$

Площадь между двумя рассматриваемыми кривыми от 0 до t - дает общее время, проведенное всеми заявками в системе за время t .

Обозначим эту накопленную величину $\gamma(t)$. Если интенсивность входного потока равна λ , а средняя

интенсивность за время t : $\lambda(t) = \alpha(t)/t$, то время, проведенное одной заявкой в системе, усредненное по всем заявкам будет равно:

$$T_t = \gamma(t) / \alpha(t)$$

Наконец, определим среднее число требований в системе в промежутке $(0, t)$:

$$\bar{N}_t = \gamma(t) / t$$

Из последних трех уравнений следует, что: $\bar{N}_t = \lambda_t T_t$, (где $\lambda_t = \lambda(t)$).

1. Если в СМО существует стационарный режим, то при $t \rightarrow \infty$, будут иметь место соотношения:

$$\lambda = \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_t,$$

2. $T = \lim_{t \rightarrow \infty} T_t,$

$$\boxed{\bar{N} = \lambda T.}$$

- 3.
4. Последнее соотношение означает, что среднее число заявок в системе равно произведению интенсивности поступления требований в систему на среднее время пребывания в системе. При этом не накладывается никаких ограничений на распределения входного потока и времени обслуживания. Впервые доказательство этого факта дал Дж. Литтл и это соотношение носит название **формула Литтла**.

Характеристики качества обслуживания.

Характеристики качества обслуживания потоков вызовов. В теории телетрафика качество обслуживания поступающих вызовов характеризуется возможностью соединений или длительностью ожидания предоставления соединений. Различают два основных способа, две дисциплины обслуживания поступающих вызовов: без потерь и с потерями. Дисциплиной обслуживания без потерь называется такая, при которой поступающий вызов немедленно обслуживается, и с потерями, если поступающий вызов либо получает отказ в обслуживании, либо обслуживание его задерживается на некоторое время. По экономическим соображениям реальные коммутационные системы обычно проектируются с потерями. Различают следующие виды потерь: явные, условные и комбинированные. Дисциплиной обслуживания с явными потерями называется такая, при которой поступающий на коммутационную систему вызов, получая отказ в обслуживании, покидает систему и в дальнейшем не оказывает на систему никакого влияния. При такой дисциплине обслуживания абонент, получив сигнал 'занято', отказывается от дальнейших попыток установить соединение. Для количественной оценки качества обслуживания с явными потерями рассчитываются следующие величины: потери по вызовам \bar{n}_{pv} ; потери по нагрузке \bar{n}_{pn} ; потери по времени \bar{n}_{pt} .

Потери по вызовам на отрезке времени $[t_1, t_2]$ \bar{n}_{pv} это отношение числа потерянных за этот отрезок времени вызовов $c(t_1, t_2)$ к числу поступивших за то же время вызовов $s(t_1, t_2)$:

Потери по нагрузке на отрезке времени $[t_1, t_2]$ \bar{n}_{pn} это отношение потерянной за этот отрезок времени нагрузки $y(t_1, t_2)$ к поступающей за то же время нагрузке $u(t_1, t_2)$:

Потери по времени за отрезок времени $[t_1, t_2]$ \bar{n}_{pt} это доля времени, в течение которого все соединительные пути, доступные группе источников, заняты.

Если в выражения для потерь по вызовам, нагрузке и времени подставить математические ожидания соответствующих случайных величин, то можно говорить о вероятности потерь по вызовам, нагрузке и времени. Дисциплиной обслуживания с условными потерями называется такая, при которой поступающий на коммутационную систему в момент отсутствия соединительных путей вызов не теряется, а обслуживается с ожиданием (дисциплина обслуживания с ожиданием). Если вызов обслуживается после многократных повторений попыток установить соединение, то имеет место дисциплина обслуживания с повторением. Для количественной оценки качества обслуживания с ожиданием рассчитываются следующие характеристики: вероятность ожидания для поступившего вызова $\bar{p}(\gamma > 0)$; вероятность ожидания для любого поступившего вызова свыше времени $\bar{t}\bar{p}(\gamma > t)$; вероятность ожидания задержанного вызова свыше времени $\bar{t}\bar{p}_3(\gamma > t)$; среднее время ожидания по отношению ко всем поступившим вызовам $\bar{t} \square \gamma$ и по отношению только к задержанным вызовам $\bar{t} \square \gamma_3$; вероятность того, что длина очереди превышает заданную величину $r \bar{p}(R > r)$; средняя длина очереди $\bar{n} \square r$. Основными характеристиками являются $\bar{p}(\gamma > 0)$ и $\bar{p}(\gamma > t)$.

Вероятность ожидания для поступившего вызова \bar{p} это отношение математических ожиданий числа задержанных в обслуживании за отрезок времени $[t_1, t_2]$ вызовов $M(c_3)$ к числу поступивших за рассматриваемый промежуток времени вызовов $M(c)$: Вероятность ожидания для любого поступившего вызова свыше времени $t \bar{p}$ это отношение математических ожиданий числа задержанных свыше времени t вызовов $M(c_3(\gamma > t))$ к числу поступивших за рассматриваемый промежуток времени вызовов $M(c)$: Для количественной оценки качества обслуживания с повторением вызовов рассчитываются: среднее число повторных вызовов на один первичный вызов $\bar{n} \square c$

Характеристики потоков требований

К основным характеристикам потока вызовов следует отнести ведущую функцию потока, его параметр и интенсивность.

Под параметром потока $\lambda(t)$ в момент времени t понимается предел отношения вероятности поступления хотя бы одного вызова за время $[t, t + \tau)$ к длине этого отрезка времени τ при $\tau \rightarrow 0$:

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\pi_1(t, t + \tau)}{\tau} = \lambda(t),$$

т. е. параметр потока есть плотность вероятности наступления вызывающего момента в момент t . Находим вероятность поступления одного и более вызовов за время $[t, t +$

$$\pi_1(t, t + \tau) = \lambda(t) \tau + o(\tau), \tau \rightarrow 0.$$

$\tau)$:

Согласно определению стационарного потока, вероятность поступления определенного числа вызовов за некоторый промежуток времени одна и та же и не зависит от месторасположения на оси времени этого промежутка. Следовательно, и плотность вероятности поступления вызовов стационарного потока, т. е. его параметр $\lambda(t)$, есть величина постоянная, не зависящая от момента t , т. е. $\lambda(t) = \lambda$. Отсюда для стационарных

$$\pi_1(t, t + \tau) = \lambda \tau + o(\tau), \tau \rightarrow 0.$$

потоков

В отличие от ведущей функции потока $\Lambda(0, t)$, определяющей математическое ожидание числа вызовов, поступающих в промежутке времени $[0, t)$, параметр потока $\lambda(t)$ характеризует не поток вызовов, а поток вызывающих моментов, и эта характеристика относится не ко всему отрезку $[0, t)$, а лишь к фиксированному моменту t .

Интенсивностью стационарного потока μ называется математическое ожидание числа вызовов, поступающих в единицу времени. Единица времени может быть выбрана произвольно, однако в теории телетрафика в качестве такой единицы большей частью принимают среднюю длительность одного занятия. Вследствие аддитивности математического ожидания для стационарного потока ведущая функция за промежуток времени $[0, t)$ равна $\Lambda(0, t) = \mu t$.

Для нестационарных потоков используются понятия средней и мгновенной интенсивностей. Средняя интенсивность потока на отрезке времени $[t_1, t_2]$ есть

$$\bar{\mu}(t_1, t_2) = [\Lambda(0, t_2) - \Lambda(0, t_1)] / (t_2 - t_1),$$

а мгновенная интенсивность потока в момент t

$$\mu(t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\Lambda(0, t + \tau) - \Lambda(0, t)}{\tau}.$$

Согласно определению (2.12) мгновенная интенсивность потока представляет производную ведущей функции потока. Так же как и параметр потока $\lambda(t)$, мгновенная интенсивность потока $\mu(t)$ относится не к отрезку времени поступления вызовов, а только к моменту t . В то же время, в отличие от параметра потока, характеризующего поток вызывающих моментов, мгновенная интенсивность потока характеризует поток поступления вызовов.

Для любых потоков вызовов $\mu(t) \geq \lambda(t)$, причем для ординарных потоков $\mu(t) = \lambda(t)$. Для стационарных потоков интенсивность и параметр постоянны: $\mu(t) = \mu$, $\lambda(t) = \lambda$. Следовательно, для любых стационарных потоков $\mu \geq \lambda$, а для стационарных ординарных $\mu = \lambda$.

Классификацию потоков удобно осуществлять, принимая за основной признак последствие потока. С точки зрения последствий различают три класса потоков: без последствия, с простым последствием и с ограниченным последствием.

Начнем рассмотрение этих классов с потоков без последствия. К этому классу относятся: стационарный ординарный поток, называемый простейшим (его также называют стационарным пуассоновским), нестационарный ординарный поток, называемый нестационарным пуассоновским, и стационарный неординарный поток, называемый неординарным пуассоновским.

ЧНН. Метод определения часа наибольшей нагрузки.

Час наибольшей нагрузки — это непрерывный интервал времени в 60 мин, в течение которого средняя интенсивность нагрузки является наибольшей. В практической телефонии в соответствии с рекомендацией ITU E.500 интенсивность нагрузки оценивается на интервалах длительностью в 15 минут и определяется средняя нагрузка в течение часа, в пределах которого эта нагрузка была максимальной. Обычно интервал времени длиной в час, интенсивность нагрузки, в течение которого бывает максимальной, повторяется каждые сутки, например с 11 до 12 часов. Такой интервал принято называть *часом наибольшей нагрузки* (ЧНН).

Виды источников нагрузки. Среднее число требований от одного источника нагрузки

Обслуженная коммутационной системой за промежуток времени (t_1, t_2) нагрузка $y_0(t_1, t_2)$ представляет собой сумму времен занятия всех выходов коммутационной системы, обслуживающей поступающий на ее входы поток вызовов за рассматриваемый промежуток времени.

За единицу измерения нагрузки принято одно 1 часо-занятие. Одно часо-занятие, это такая нагрузка, которая может быть обслужена одним выходом в течение часа при непрерывном занятии этого выхода.

Под интенсивностью нагрузки понимается нагрузка за единицу времени, обычно за 1 ч. За единицу измерения интенсивности нагрузки принят эрланг (Эрл) по имени Агнера Краупа Эрланга. Один эрланг представляет собой нагрузку в одно часо-занятие за 1 ч.

Под поступающей на коммутационную систему за промежуток времени (t_1, t_2) нагрузкой $y(t_1, t_2)$ понимается такая нагрузка, которая была бы обслужена коммутационной системой за рассматриваемый промежуток времени, если бы каждому поступающему вызову тотчас было предоставлено соединение со свободным выходом.

Потерянная коммутационной системой в течение промежутка времени (t_1, t_2) нагрузка $y_n(t_1, t_2)$ представляет собой разность между поступающей и обслуженной нагрузками за рассматриваемый промежуток времени.

Среднее число вызовов от одного источника в единицу времени \bar{c} . В соответствии с имеющимися категориями источников нагрузки среднее число вызовов в единицу времени от одного телефонного аппарата народного хозяйственного сектора обозначается через $\bar{c}_{нх}$, от квартирного аппарата индивидуального пользования — $\bar{c}_{к.и}$, коллективного пользования — $\bar{c}_{к.к}$, от таксофона — $\bar{c}_т$, от соединительной линии — $\bar{c}_{сл}$.

Обозначим в общем виде через \bar{c}_i среднее число вызовов от источников i -й категории, n_i — число источников i -й категории. Тогда при k категориях источников нагрузки на АТС средневзвешенное число вызовов от одного источника определится из выражения

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{c}_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}.$$

НСЭ

Дисциплина «Направляющие системы электросвязи и оптиковолоконная техника связи»

1. Благодаря какому физическому явлению сигналы передаются по оптическим волокнам?

Оптическое волокно — нить из оптически прозрачного материала (стекло, пластик), используемая для переноса света внутри себя посредством полного внутреннего отражения.

В основе волоконно-оптической связи лежит явление полного внутреннего отражения электромагнитных волн на границе раздела диэлектриков с разными показателями преломления. Оптическое волокно состоит из

двух элементов — сердцевины, являющейся непосредственным световодом, и оболочки. Показатель преломления сердцевины несколько больше показателя преломления оболочки, благодаря чему луч света, испытывая многократные переотражения на границе сердцевина-оболочка, распространяется в сердцевине, не покидая её.

2. В чём различие между кабелем и проводом?

Провод — это одна неизолированная, одна или более изолированных жил, поверх которых, в зависимости от условий прокладки и эксплуатации, может иметься неметаллическая оболочка, обмотка или оплетка волокнистыми материалами или проволокой. Провода могут быть голыми и изолированными.

Кабелем называется одна или несколько скрученных вместе изолированных жил, заключенных, как правило, в общую резиновую, пластмассовую, металлическую оболочку (НРГ, КГ, АВВГ и др.). Оболочка служит для защиты изоляции жил от воздействия света, влаги, различных химических веществ, а также для предохранения ее от механических повреждений.

3. Виды оптических волокон в зависимости от вида профиля показателя преломления?

Оптические волокна могут быть классифицированы по двум параметрам. Первый - материал, из которого сделано волокно:

Второй способ классификации волокон основан на виде профиля показателя преломления (ППП) сердцевины и модовой структуре света в ней.

Мода представляет собой математическое и физическое понятие, связанное с процессом распространения электромагнитных волн в среде. В рамках данного курса под модой достаточно понимать вид траектории, вдоль которой может распространяться свет. Число мод, допускаемых волокном, колеблется от 1 до 100 000. Таким образом, волокно позволяет свету распространяться по множеству траекторий, число которых зависит от размера и свойств волокна.

Тип оптического волокна идентифицируется по типу путей, или так называемых «мод», проходимых светом в ядре волокна. Существуют два основных типа волокна - многомодовое MMF (multi mode fiber) и одномодовое SMF (single mode fiber).

4. Значение нулевого уровня в технике оптической связи и почему именно такое?

При расчете параметров линейно-кабельных сооружений оптической линии связи из-за экспоненциальной зависимости мощности сигнала от расстояния удобно пользоваться логарифмическими единицами, переход к которым позволяет свести основные расчеты мощности сигналов к операциям сложения и вычитания.

В качестве нулевого уровня в технике оптической связи принято значение 1 мВт, которое примерно соответствует максимальной мощности излучения типичного полупроводникового лазера и светодиода.

Р - мощность оптического сигнала

$$\text{dBm} = \text{dB milliwatt} = 10 \times \lg(\text{Power in mW} / 1 \text{ mW})$$

Уровень,	дБм	Мощность	Уровень,	дБм	Мощность
0	1	мВт	-30	1	мкВт
-10	100	мкВт	-33	500	нВт
-13	50	мкВт	-40	100	нВт
-20	10	мкВт	-50	10	нВт
-23	5 мкВт	-60	1 нВт		

5. Из каких участков состоит абонентская линия?

Терминалы подключаются к станции с помощью абонентских линий.

Абонентская линия местной телефонной сети ("*последняя миля*" — lastmile) соединяет оконечное абонентское телефонное устройство с телефонной станцией.

Абонентская линия вследствие малой пропускной способности стала основным узким местом, сдерживающим развитие новых услуг связи. Эта часть сети количественно является самой массовой, поскольку в конечном итоге каждый *абонент* сети должен иметь свой вход в *сеть*, поэтому таких входов должно быть, по крайней мере, не меньше, чем абонентов. При введении современных услуг и терминалов проблема заключается в том, что прямая замена абонентской проводки современными линейными средствами с высокой пропускной способностью (например, оптическими кабелями) в короткие сроки экономически невозможна. Поэтому в течение достаточно большого периода основные решения будут связаны с использованием существующих линейно-кабельных сооружений. *Знание* устройства существующей линейно-кабельной сети необходимо при переходе к новым услугам.

6. Источники внешних электромагнитных влияний на линейные сооружения связи?

Источниками внешних электромагнитных влияний на сооружения связи являются: атмосферное электричество (гроза); линии электропередачи (ЛЭП); электрифицированные железные дороги, радиостанции (РС); промышленные помехи (бытовые электроаппараты, городской транспорт), магнитные бури и другие. Линии электропередачи и электрифицированные железные дороги часто объединяются термином высоковольтные линии (ВЛ).

По характеру воздействия различают следующие виды внешних влияний:
 - электрические, обусловленные действием электрического поля;
 - магнитные, возникающие за счет действия магнитного поля;
 - гальванические, появляющиеся вследствие наличия в земле блуждающих токов; последние создаются высоковольтными линиями, использующими землю в качестве обратного проводника.

Под действием внешних электромагнитных полей в сооружениях связи могут возникать напряжения и токи:
- опасные, при которых появляются большие напряжения и токи, угрожающие жизни обслуживающего персонала и абонентов или приводящие к повреждению аппаратуры и линейных сооружений. Опасными считаются: напряжение более 36 В, ток более 15 мА;
- мешающие, при которых возникают помехи, шумы, искажения, приводящие к нарушению нормальной работы средств связи. Мешающими считаются: напряжение 1 - 2 мВ, ток 2 мА.

7. Кабель UTP Cat.5 при частоте 100 МГц имеет затухание 10 дБ на 100м. Какова будет мощность принимаемого сигнала на дальнем конце линии, если 100-МГц сигнал мощностью 1 мВт передается 100-метровому кабелю?

Уменьшение уровня сигнала на 10 дБ соответствует уменьшению сигнала в 10 раз. Т.е. мощность принимаемого сигнала станет 100 мкВт.

8. Кабель UTP Cat.5 при частоте 100 МГц имеет затухание 10 дБ на 100м. Какова будет мощность принимаемого сигнала на дальнем конце линии, если 100-МГц сигнал мощностью 500 мкВт передается 100-метровому кабелю?

Уменьшение уровня сигнала на 10 дБ соответствует уменьшению сигнала в 10 раз. Т.е. мощность принимаемого сигнала станет 50 мкВт.

9. Кабель UTP Cat.5 при частоте 100 МГц имеет затухание 20 дБ на 100м. Какова будет мощность принимаемого сигнала на дальнем конце линии, если 100-МГц сигнал мощностью 10 мВт передается 50-метровому кабелю?

Уменьшение уровня сигнала на 10 дБ соответствует уменьшению сигнала в 10 раз. Т.е. мощность принимаемого сигнала станет 1 мВт.

10. Кабель UTP Cat.5 при частоте 100 МГц имеет затухание 20 дБ на 100м. Какова будет мощность принимаемого сигнала на дальнем конце линии, если 100-МГц сигнал мощностью 1 мВт передается 50-метровому кабелю?

Уменьшение уровня сигнала на 10 дБ соответствует уменьшению сигнала в 10 раз. Т.е. мощность принимаемого сигнала станет 100 мкВт.

11. Кабель UTP Cat.5 при частоте 100 МГц имеет затухание 7 дБ на 100м. Какова будет мощность принимаемого сигнала на дальнем конце линии, если 100-МГц сигнал мощностью 500 мкВт передается 100-метровому кабелю?

Уменьшение уровня сигнала на 10 дБ соответствует уменьшению сигнала в 5 раз. Т.е. мощность принимаемого сигнала станет 100 мкВт.

12. Как можно уменьшить Френелевские потери в разъемных соединениях?

Соединение двух волокон, разделенных небольшим зазором, подвержено двум видам потерь.

Первый – это *френелевское отражение*, связанное с разницей показателей преломления волокон и среды в зазоре (обычно воздух). Френелевское отражение происходит как на выходе из первого волокна, так и на входе во второе волокно. В стеклянных волокнах, разделенных воздушным зазором, потери от френелевского отражения составляют около 0.34 дБ. Френелевские потери могут быть существенно снижены при использовании в зазоре жидкости с согласованным показателем преломления.

Второй вид потерь в многомодовых волокнах связан с потерей мод высокого порядка при прохождении светом зазора и на входе в ядро второго волокна. Величина потерь, связанных с этим эффектом, зависит от величины NA волокон. Волокно с большим значением NA не допускает столь большого зазора между волокнами при том же уровне потерь, что и волокно с меньшим значением NA.

13. Какая физическая величина, характеризует магнитные свойства электрической цепи? Её размерность **Электромагнитная индукция В** — физическая величина, характеризует магнитные свойства электрической цепи, явление возникновения [электрического тока](#) в замкнутом контуре при изменении [магнитного потока](#), проходящего через него. Единица измерения Тл (Тесла). Электромагнитная индукция была открыта [Майклом Фарадеем](#) 29 августа 1831 года. Он обнаружил, что электродвижущая сила, возникающая в замкнутом проводящем контуре, пропорциональна скорости изменения [магнитного потока](#) через поверхность, ограниченную этим контуром. Величина [электродвижущей силы](#) (ЭДС) не зависит от того, что является причиной изменения потока — изменение самого магнитного поля или движение контура (или его части) в магнитном поле. [Электрический ток](#), вызванный этой ЭДС, называется индукционным током.

14. Какие вносимые потери в разъемных соединениях относятся к внешним?

Существует две причины возникновения потерь в волоконно-оптическом соединении:

- ☐ Внутренняя, или связанная с нестабильностью параметров самого волокна.
- ☐ Внешняя, связанная непосредственно с соединителем.

Сами соединители также приносят определенные потери в соединении. Основные четыре причины возникновения потерь в соединителе, которые необходимо контролировать:

1) **Боковое смещение** - Если центральная ось одного волокна не совпадает с центральной осью другого, то неизбежно возникновение потерь.

2) **Зазор между сколами** - Соединение двух волокон, разделенных небольшим зазором, подвержено двум видам потерь.

3) **Угловое рассогласование ориентации осей** - Сколы обработанных волокон должны быть перпендикулярны осям волокон и параллельны друг другу при соединении.

4) Гладкость поверхности скола - Поверхность скола должна быть гладкой и не содержать дефекты типа трещин, выбоин и заусениц.

15. Какие вносимые потери в разъемных соединениях относятся к внутренним?

Рассматривая соединение одного волокна с другим, исходят из того, что оба волокна являются идентичными. Однако обычно это не так. Производство волокон оставляет некоторые допуски на воспроизводимость их параметров, варьирующихся в установленных пределах вблизи специфицированных значений.

Потери, связанные с рассогласованием апертуры (NA), происходят, если NA передающего волокна больше апертуры принимающего.

Возможным источником потерь является также *концентричность размещения* волоконного ядра внутри оптической оболочки.

Эллиптичность (отклонение от формы идеального круга) формы ядра и оптической оболочки также является источником потерь.

Указанные потери являются максимально возможными и могут не возникать в большинстве случаев, поскольку вероятность соединения двух волокон с максимальным рассогласованием достаточно мала.

16. Какие кабели и зачем устанавливают под избыточное давление?

Строительные длины кабелей ГТС с металлическими жилами емкостью от 100 пар и более, высокочастотных и низкочастотных симметричных кабелей с металлическими и полиэтиленовыми оболочками, находящиеся на барабанах и после их прокладки, а также смонтированные секции, кабельные линии, усилительные (регенерационные) участки должны содержаться под избыточным воздушным давлением.

Кабели ТП с гидрофобным заполнением (ТППЭпЗ и ТППЭпЗП), а также оптические кабели, имеющие гидрофобное заполнение, под избыточным воздушным давлением не содержатся.

17. Каков теоретический минимум коэффициента затухания α для одномодовых волокон и чем он ограничен?

Затухание оптического волокна, в основном, происходит за счет:

- поглощения средой, в которой распространяется энергия излучения
- излучения волокна
- диффузии на неоднородностях

Затухание, важный параметр передачи, может быть определен следующим образом: мощность излучения с

длиной волны на расстоянии z от волокна, начиная с входной мощности $P(0, \lambda)$ определяется соотношением:

$$P(z, \lambda) = P(0, \lambda) \exp \left[2x \int \gamma(\lambda, z') dz' \right],$$

где $\gamma(\lambda, z')$ - коэффициент затухания на единицу длины, в общем случае может зависеть от расстояния до начала волокна. Поэтому преимущество вводят средний коэффициент затухания волокна:

$$\bar{\gamma}(\lambda) = \frac{1}{2} \int \gamma(\lambda, z') dz',$$

что позволяет упрощенно выразить зависимость:

$$P(z, \lambda) = P(0, \lambda) \exp[-\bar{\gamma}(\lambda)z].$$

18. Какое явление называется поверхностным эффектом?

Сопротивление проводника постоянному току определяется по известной формуле $r_0 = \rho l / S$.

Это сопротивление можно также определить, зная величину постоянного тока I_0 и мощность P_0 :

$$r_0 = P_0 / I_0^2$$

Оказывается, что в цепи переменного тока сопротивление r того же проводника больше сопротивления постоянному току: $r > r_0$

Это сопротивление r в отличие от сопротивления постоянному току r_0 и носит название **активного сопротивления**. Увеличение сопротивления проводника объясняется тем, что при переменном токе плотность тока не одинакова в различных точках поперечного сечения проводника. **У поверхности проводника плотность тока получается больше, чем при постоянном токе, а в центре меньше.**

При высокой частоте неравномерность проявляется так резко, что плотность тока в значительной центральной части сечения проводника практически равна нулю, ток проходит только в поверхностном слое, отчего это явление и получило название **поверхностного эффекта**.

19. Какое явление называется эффектом близости?

Неодинаковая плотность тока в проводе получается также из-за влияния токов в соседних проводах. Это явление называется **эффектом близости**.

Рассматривая магнитное поле токов одной направленности в двух параллельно расположенных проводах, легко показать, что те элементарные проводники, принадлежащие разным проводам, которые наиболее удалены друг от друга, сцеплены с наименьшим магнитным потоком, следовательно, плотность тока в них наибольшая. Если токи в параллельных проводах имеют разные направления, то можно показать, что большая плотность тока наблюдается в тех элементарных проводниках, принадлежащих разным проводам, которые наиболее сближены друг с другом.

20. Какой вид дисперсии преобладает в многомодовом волокне?

Дисперсия - уширение импульсов - имеет размерность времени и определяется как квадратичная разность

длительностей импульсов на выходе и входе кабеля длины L по формуле $\tau(L) = \sqrt{t_{out}^2 - t_{in}^2}$ [10]. Обычно дисперсия нормируется в расчете на 1 км, и измеряется в пс/км. Дисперсия в общем случае характеризуется тремя основными факторами, рассматриваемыми ниже:

- различием скоростей распространения направляемых мод (межмодовой дисперсией σ_{mod}),
- направляющими свойствами световодной структуры (волноводной дисперсией σ_w),
- свойствами материала оптического волокна (материальной дисперсией σ_{mat}).



Рис. 2.9. Виды дисперсии

Чем меньше значение дисперсии, тем больший поток информации можно передать по волокну.

Результирующая дисперсия σ определяется из формулы

$$\sigma^2 = \sigma_{mod}^2 + \sigma_{chr}^2 = \sigma_{mod}^2 + \sigma_{mat}^2 + \sigma_w^2$$

21. Какой вид дисперсии преобладает в одномодовом волокне?

Дисперсия - уширение импульсов - имеет размерность времени и определяется как квадратичная разность

длительностей импульсов на выходе и входе кабеля длины L по формуле $\tau(L) = \sqrt{t_{out}^2 - t_{in}^2}$ [10]. Обычно дисперсия нормируется в расчете на 1 км, и измеряется в пс/км. Дисперсия в общем случае характеризуется тремя основными факторами, рассматриваемыми ниже:

- различием скоростей распространения направляемых мод (межмодовой дисперсией σ_{mod}),
- направляющими свойствами световодной структуры (волноводной дисперсией σ_w),
- свойствами материала оптического волокна (материальной дисперсией σ_{mat}).



Рис. 2.9. Виды дисперсии

Чем меньше значение дисперсии, тем больший поток информации можно передать по волокну.

Результирующая дисперсия σ определяется из формулы

$$\sigma^2 = \sigma_{mod}^2 + \sigma_{chr}^2 = \sigma_{mod}^2 + \sigma_{mat}^2 + \sigma_w^2$$

22. Какой из методов защиты от электромагнитных влияний применяется на ВОЛС

Задача специалиста - на основе данных обследований объекта, особенностей и параметров помехи и общих рекомендаций расположить методы по ранжиру в соответствии с технической и экономической эффективностью и целесообразностью внедрения возможных изменений.

Из экономических рекомендаций можно отметить использование продукции известных производителей с хорошей репутацией, качество производства которых позволяет гарантировать хороший баланс проводников в кабеле. Заметим, что применение качественной продукции не отменяет требований правильного монтажа, хотя хорошо сбалансированный кабель позволяет создать достаточный запас по сигнальным параметрам и уменьшить влияние человеческого фактора.

Из технических рекомендаций укажем следующие решения:

- разнесение кабельных линий и источников помех в пространстве;
- экранирование слаботочных кабельных линий;
- экранирование силовых кабельных линий или источников помех;

- г) ограничение длины параллельного пробега слаботоковых и силовых кабелей;
- д) корректное использование системы заземления силовых и слаботоковых кабелей;
- е) снижение излучения источников электромагнитных помех.

23. Какой частоте соответствует длина волны 1 см?

Частота=скорость/длину волны= $3 \cdot 10^8 \text{ м/с} / 1 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 3 \cdot 10^{10} \text{ Гц} = 30 \text{ ГГц}$

24. Какую длину волны имеет сигнал частотой 300 МГц?

Длина волны=скорость/частота= $3 \cdot 10^8 \text{ м/с} / 3 \cdot 10^8 \text{ Гц} = 1 \text{ м}$

25. Какую длину волны имеет сигнал частотой 900-МГц

Длина волны=скорость/частота= $3 \cdot 10^8 \text{ м/с} / 9 \cdot 10^8 \text{ Гц} = 0,33 \text{ м}$

26. Методы монтажа оптических волокон?

Наиболее трудоемким этапом создания волоконно-оптических систем связи является монтаж кабельной системы. В этой статье мы поговорим о том, какие методы монтажа кабеля сегодня используются.

В зависимости от того, где проходит тот или иной фрагмент кабельной системы, можно выделить следующие виды монтажа:

1. Монтаж кабеля внутри зданий.
2. Подземная прокладка.
3. Подвешивание на опорах.
4. Прокладка по морскому дну.

В зависимости от вида монтажа варьируются и типы используемых кабелей, и конкретные методы их прокладки.

27. Назначение оболочки кабеля?

Кабель (вероятно, через [нем. Kabel](#) или [нидерл. kabel](#) из [фр. câble](#), от [лат. capulum](#) — аркан) — конструкция из одного или нескольких [изолированных](#) друг от друга [проводников](#) (жил), или [оптических волокон](#), заключённых в оболочку.

Оболочка кабеля предназначена для защиты проводников и изоляторов от внешних воздействий, прежде всего от влаги, которая приводит к нарушению изоляции электрических кабелей, а также помутнению оптических волокон.

Оболочка кабеля может состоять из одного и более герметизирующих и армирующих слоёв, в качестве этих слоёв могут применяться различные материалы: [кань](#), [пластмассы](#), [металл](#), [резина](#) и проч. Кабели для передачи электрических сигналов могут быть снабжены экраном из металлической сетки, листового металла (фольги) или полимерной плёнки с тонким металлическим покрытием.

28. Назначение оптических аттенуаторов?

Оптические аттенуаторы предназначены для внесения заданного уровня ослабления оптического сигнала в линию. Благодаря применению в конструкции специализированных оптических волокон, аттенуаторы с фиксированным уровнем затухания получили широкое применение там, где необходимо достичь существенного ослабления сигнала при малых обратных потерях (до -65 дБ).

Применяются в локальных оптических сетях, сетях кабельного телевидения, магистральных сетях передачи данных, а также при проведении контрольно-измерительных работ.

Оптические аттенуаторы подразделяются на:

- а) аттенуатор переменный, обеспечивающий регулируемую величину вносимого в оптическое волокно (далее ОВ) затухания в пределах 0...60 дБ;
- б) аттенуатор фиксированный, обеспечивающий дискретное значение вносимого в ОВ затухания: 5, 10, 15 или 20 дБ. Фиксированный аттенуатор может быть выполнен в виде аттенуатора-шнура или аттенуатора-розетки.

29. Назначение оптических изоляторов?

Оптический изолятор обеспечивает пропускание света в одном направлении почти без потерь, а в другом (обратном) направлении с большим затуханием. Оптические изоляторы сегодня являются ключевым элементом многих лазерных систем, оптических усилителей, а также используются в качестве отдельного элемента оптической линии связи.

Изолятор Фарадея – оптическое устройство, пропускающее линейно поляризованное излучение в одном направлении. Типичная конструкция представляет собой последовательно расположенные поляризатор – вращатель поляризации – выходной поляризатор. Вращатель поляризации состоит из оптически магнито-восприимчивого материала, помещённого в магнитную систему (Nd-Fe-B).

30. Назначение оптических разветвителей?

Оптический разветвитель представляет собой в общем случае многополюсное устройство, в котором излучение, подаваемое на часть входных оптических полюсов, распределяется между его остальными оптическими полюсами.

Различают направленные и двунаправленные разветвители, а также разветвители, чувствительные к длине волны (спектрально-селективные) и нечувствительные (неселективные). В двунаправленном разветвителе каждый полюс может работать как на приём сигнала, так и на его передачу. Поэтому в этом случае группы приёмных и передающих полюсов могут меняться местами в функциональном смысле. В направленном

разветвителе коэффициенты передачи между оптическими полюсами зависят от направления оптического излучения, а в спектрально-селективном разветвителе от длины волны.

31. Назовите вторичные параметры передачи

Вторичные параметры линии иногда называются волновыми параметрами. Волновое (характеристическое) сопротивление Z_B и коэффициент распространения γ являются *вторичными параметрами линии* и широко используются для оценки эксплуатационно-технических качеств линий связи.

Ко вторичным параметрам однородной линии относятся волновое сопротивление Z_B и коэффициент распространения γ .

$$Z_B = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}}.$$

$$\gamma = \sqrt{Z_0 Y_0} = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0)} = \alpha + j\beta = \gamma \cdot e^{j\varphi},$$

коэффициент распространения в линии;

$$\gamma = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}.$$

$\cos(\varphi)$ - коэффициент ослабления, то есть величина потерь, вносимых отрезком линии единичной длины;

$\sin(\varphi)$ - коэффициент фазы, то есть фазовый сдвиг на единичной длине;

Учитывая, что $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$, $\omega = 2\pi f$, $f = \frac{1}{T}$ получим $V_{\#} = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\pi f}{\frac{2\pi}{\lambda}} = \lambda \cdot f = \frac{\lambda}{T}$.

32. Назовите группы ВОК в зависимости от условий прокладки и эксплуатации

Оптический кабель (ОК) представляет собой совокупность оптических волокон (ОВ), заключенных в общую влагозащитную оболочку, поверх которой, в зависимости от условий эксплуатации могут быть наложены защитные покровы. Основной задачей ОК является обеспечение требуемого качества передачи при соответствующих условиях эксплуатации.

В настоящее время выпускается большое количество типов волоконно-оптического кабеля (ВОК) в зависимости от назначения, условий прокладки и конструкции составляющих элементов. По своему назначению ОК подразделяются на:

- междугородные;
- зоновые;
- городские;
- объектовые и монтажные.

33. Назовите окна прозрачности и соответствующие им длины волн

Окно прозрачности ([англ. Transmission Window, Telecom Window](#)) — диапазон длин волн оптического излучения, в котором имеет место меньшее, по сравнению с другими диапазонами, затухание излучения в среде, в частности — в [оптическом волокне](#). Стандартное ступенчатое оптическое волокно (SMF) имеет три окна прозрачности: 850 нм, 1310 нм и 1550 нм. К настоящему времени разработаны четвертое (1580 нм) и пятое (1400 нм) окна прозрачности, а также оптические волокна, имеющие относительно хорошую прозрачность во всем ближнем инфракрасном диапазоне.

34. Назовите первичные параметры передачи

Под первичными параметрами линии будем понимать сопротивление R_0 , индуктивность L_0 , проводимость G_0 и емкость C_0 , отнесенные к единице ее длины. Для получения уравнений однородной линии разобьем ее на отдельные участки бесконечно малой длины dx со структурой, показанной на рис. 1.

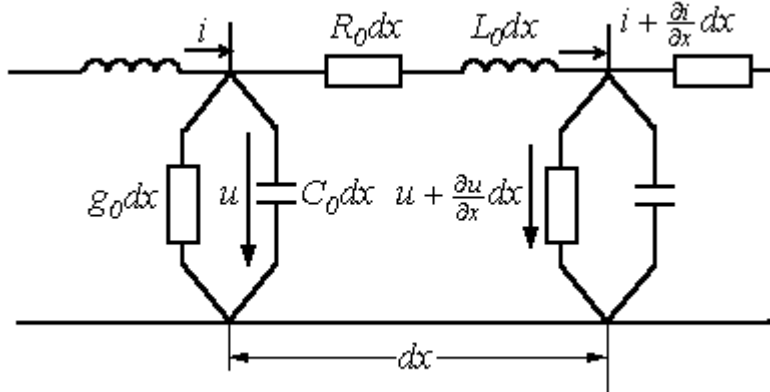


Рис.1

Пусть напряжение и ток в начале такого элементарного четырехполосника равны u и i , а в конце

$$u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \quad i + \frac{\partial i}{\partial x} dx$$

соответственно

и

35. Опишите системы построения абонентских линий. Чтобы снизить расход кабеля, требующегося на создание эксплуатационного запаса, протяжённость запасных пар уменьшают путём установки шкафа в районе телефонизируемых зданий. Таким образом, запасные пары прокладываются на сравнительно небольшое расстояние от распределительного шкафа, т. е. на участках распределительной части абонентских линий, что удешевляет сеть. В распределительном шкафу можно

простым переключением любую входящую в него магистральную пару соединить с любой исходящей из него распределительной парой. Хотя распределительный шкаф объединяет значительную группу центральных аппаратов, что обуславливает относительно меньшие отклонения фактически устанавливаемого числа аппаратов от запроектированного, но такие отклонения возможны; поэтому создают известный запас кабельных пар и на магистральной части сети абонентских линий. Таким путём распределительные шкафы и распределительные коробки позволяют создать гибкую сеть в отношении возможности включения новых телефонных аппаратов. Рассмотренную систему построения сети абонентских линий, характеризующуюся двухступенным распределением кабелей, т. е. таким, при котором все абонентские линии проходят через распределительные шкафы и распределительные коробки, можно назвать чисто шкафной системой.

36. Определение понятия "Направляющие системы". Что может выступать направляющей системой?

Направляющие системы (НС) представляют собой устройства, предназначенные для передачи электромагнитной энергии в заданном направлении. Направляющими свойствами обладают границы раздела сред с различными электрическими характеристиками (например, металл—диэлектрик, диэлектрик с ϵ_1 —диэлектрик с ϵ_2), поэтому роль направляющей системы могут выполнять металлические изолированные проводники — воздушная линия связи, симметричный и коаксиальный кабель или тонкая двухслойная нить круглого сечения из диэлектрика с различными диэлектрическими проницаемостями — оптический кабель. Направляющие системы передачи электромагнитной энергии классифицируют по ряду признаков: назначению, области применения, спектру передаваемых частот, условиям прокладки и эксплуатации. В соответствии с построением ЕАСС в зависимости от области применения НС подразделяют на магистральные, зонные и местные (городские и сельские).

37. Оптическому сигналу мощностью 1 мкВт соответствует уровень?

При расчете параметров линейно-кабельных сооружений оптической линии связи из-за экспоненциальной зависимости мощности сигнала от расстояния удобно пользоваться логарифмическими единицами, переход к которым позволяет свести основные расчеты мощности сигналов к операциям сложения и вычитания.

В качестве нулевого уровня в технике оптической связи принято значение 1 мВт, которое примерно соответствует максимальной мощности излучения типичного полупроводникового лазера и светодиода.

Р - мощность оптического сигнала

$$\text{дБм} = \text{dB milliwatt} = 10 \times \lg(\text{Power in mW} / 1 \text{ mW})$$

Уровень,	дБм	Мощность	Уровень,	дБм	Мощность
0	1	мВт	-30	1	мкВт
-10	100	мкВт	-33	500	нВт
-13	50	мкВт	-40	100	нВт
-20	10	мкВт	-50	10	нВт
-23	5 мкВт	-60	1 нВт		
1 мкВт = -30 дБм					

38. Оптическому сигналу мощностью 100 мкВт соответствует уровень?

При расчете параметров линейно-кабельных сооружений оптической линии связи из-за экспоненциальной зависимости мощности сигнала от расстояния удобно пользоваться логарифмическими единицами, переход к которым позволяет свести основные расчеты мощности сигналов к операциям сложения и вычитания.

В качестве нулевого уровня в технике оптической связи принято значение 1 мВт, которое примерно соответствует максимальной мощности излучения типичного полупроводникового лазера и светодиода.

Р - мощность оптического сигнала

$$\text{дБм} = \text{dB milliwatt} = 10 \times \lg(\text{Power in mW} / 1 \text{ mW})$$

Уровень,	дБм	Мощность	Уровень,	дБм	Мощность
0	1	мВт	-30	1	мкВт
-10	100	мкВт	-33	500	нВт
-13	50	мкВт	-40	100	нВт

-20	10			мкВт	-50	10	нВт
-23	5 мкВт	-60	1 нВт				
1 мкВт = -10дБм							

39. Оптическому сигналу уровнем -20 дБм соответствует мощность?

При расчете параметров линейно-кабельных сооружений оптической линии связи из-за экспоненциальной зависимости мощности сигнала от расстояния удобно пользоваться логарифмическими единицами, переход к которым позволяет свести основные расчеты мощности сигналов к операциям сложения и вычитания.

В качестве нулевого уровня в технике оптической связи принято значение 1 мВт, которое примерно соответствует максимальной мощности излучения типичного полупроводникового лазера и светодиода.

P - мощность оптического сигнала
 $\text{dBm} = \text{dB milliwatt} = 10 \times \lg(\text{Power in mW} / 1 \text{ mW})$

Уровень, дБм	Мощность мВт	Уровень, дБм	Мощность мкВт
0	1	-30	1
-10	100	-33	500
-13	50	-40	100
-20	10	-50	10
-23	5 мкВт		
-60	1 нВт		
10 мкВт = -20дБм			

40. Оптическому сигналу уровнем -40 дБм соответствует мощность?

При расчете параметров линейно-кабельных сооружений оптической линии связи из-за экспоненциальной зависимости мощности сигнала от расстояния удобно пользоваться логарифмическими единицами, переход к которым позволяет свести основные расчеты мощности сигналов к операциям сложения и вычитания.

В качестве нулевого уровня в технике оптической связи принято значение 1 мВт, которое примерно соответствует максимальной мощности излучения типичного полупроводникового лазера и светодиода.

P - мощность оптического сигнала
 $\text{dBm} = \text{dB milliwatt} = 10 \times \lg(\text{Power in mW} / 1 \text{ mW})$

Уровень, дБм	Мощность мВт	Уровень, дБм	Мощность мкВт
0	1	-30	1
-10	100	-33	500
-13	50	-40	100
-20	10	-50	10
-23	5 мкВт		
-60	1 нВт		
100 нВт = -40дБм			

41. Основные параметры фотоприемника?

Спектральная характеристика чувствительности отображает реакцию приемника на воздействие излучения с разной длиной волны, она определяет спектральную область применения прибора.

Энергетическая (световая) характеристика отображает зависимость фототока прибора от интенсивности возбуждающего потока излучения (ампер-ваттная, вольт-ваттная, люкс-амперная). Энергетической характеристикой называют также зависимость интегральной или спектральной чувствительности приемника от интенсивности облучения.

42. Перечислите типы оболочек кабелей

Наиболее распространенным материалом для выполнения оболочки является **поливинилхлоридный пластикат** или сокращенно ПВХ. Это смесь поливинилхлорида с различными пластификаторами и стабилизаторами. Присутствие в его составе хлора обеспечивает стойкость к воздействию агрессивных сред, таких как кислоты и щелочи, а так же к возгоранию. Кроме того он может быть выполнен в различных вариантах: не распространяющий горение, с низким дымо- и газовыделением и пониженной пожароопасности. Однако при эксплуатации в среде, температура которой ниже указанного в маркировке минимума, ПВХ затвердевает и может разрушиться. Он используется для изготовления большинства марок медного силового кабеля, медного и алюминиевого контрольного кабеля и других видов.

Полиэтилен также широко применяется для изготовления оболочек кабеля и провода благодаря высоким физико-механическим показателям. Чаще всего шитый полиэтилен используют как изоляционный материал в кабелях марки N2XH и в самонесущих изолированных проводах. В зависимости от особенностей и назначения провода, применяют светостабилизированный полиэтилен, светостабилизированный сшитый полиэтилен и светостабилизированный сшитый полиэтилен не поддерживающего горение.

Поливинилит - это еще один из полимеров, используемый в данной сфере. Он представляет собой гранулированный материал, устойчивый к старению и экстремальным температурам. Из него делают оболочки и изоляцию для негорючего безгалогенного кабеля марки YnKY.

Оболочки из **шланговой резины** имеют медные силовые кабели марок КГ и РППШ. Они отличаются прочностью к растягивающим усилиям и другим механическим нагрузкам, а так же повышают гибкость провода при температуре до -50°C.

Из металлических оболочек наиболее популярной является **алюминиевая**: она герметична, прочна и способна выдержать высокие вибрационные нагрузки. Примером ее использования являются некоторые марки алюминиевого силового кабеля: ААШв, ААБл, а кабель АСБл использует в качестве материала оболочки свинец. Такие оболочки не требуют применения дополнительных экранов и брони.

43. Преимущества полупроводниковых лазеров перед светодиодами?

Полупроводниковый лазер — **твердотельный лазер**, в котором в качестве рабочего вещества используется **полупроводник**. В таком лазере, в отличие от лазеров других типов (в том числе и других твердотельных), используются излучательные переходы не между изолированными уровнями энергии **атомов**, молекул и ионов, а между разрешенными энергетическими зонами или подзонами кристалла. В полупроводниковом лазере **накачка** осуществляется :

- непосредственно **электрическим током** (прямая накачка);
- электронным пучком;
- электромагнитным излучением.

Под именем полупроводниковых часто встречается гибридный лазер из мощного светодиода накачки и наклеенного на него твердотельного активного элемента. Плюс таких лазеров в том что светодиодную структуру накачки можно сделать довольно протяженной и, соответственно, мощной. Механические деформации от нагрева меньше сказываются на активном элементе. «Полупроводниковые» лазеры с мощностями единицы-десятки ватт делают в основном именно по такой технологии. Визуально отличить гибридный лазер от полупроводникового довольно сложно.

44. При уровне полезного сигнала $p_c = -10$ дБ и помех $p_n = -60$ дБ защищенность A_z будет равна?

Защищенность (помехозащищенность) полезного сигнала $W = 10\lg(P_c/P_n) = 20\lg(U_c/U_n)$, где P_c , U_c , P_n , U_n – мощности и напряжения сигнала и помех соответственно. Защищенность можно определить через уровни мощности сигнала и помехи: $W = p_c - p_n = -10 - (-60) = -10 + 60 = 50$ дБ

45. При уровне полезного сигнала $p_c = -20$ дБ и помех $p_n = -80$ дБ защищенность A_z будет равна?

Защищенность (помехозащищенность) полезного сигнала $W = 10\lg(P_c/P_n) = 20\lg(U_c/U_n)$, где P_c , U_c , P_n , U_n – мощности и напряжения сигнала и помех соответственно. Защищенность можно определить через уровни мощности сигнала и помехи: $W = p_c - p_n = -20 - (-80) = -20 + 80 = 60$ дБ

46. При уровне полезного сигнала $p_c = -30$ дБ и помех $p_n = -100$ дБ защищенность A_z будет равна?

Защищенность (помехозащищенность) полезного сигнала $W = 10\lg(P_c/P_n) = 20\lg(U_c/U_n)$, где P_c , U_c , P_n , U_n – мощности и напряжения сигнала и помех соответственно. Защищенность можно определить через уровни мощности сигнала и помехи: $W = p_c - p_n = -30 - (-100) = -30 + 100 = 70$ дБ

47. При уровне полезного сигнала $p_c = -40$ дБ и помех $p_n = -110$ дБ защищенность A_z будет равна?

Защищенность (помехозащищенность) полезного сигнала $W = 10\lg(P_c/P_n) = 20\lg(U_c/U_n)$, где P_c , U_c , P_n , U_n – мощности и напряжения сигнала и помех соответственно. Защищенность можно определить через уровни мощности сигнала и помехи: $W = p_c - p_n = -40 - (-110) = -40 + 110 = 70$ дБ

48. При уровне полезного сигнала $p_c = -50$ дБ и помех $p_n = -130$ дБ защищенность A_z будет равна?

Защищенность (помехозащищенность) полезного сигнала $W = 10\lg(P_c/P_n) = 20\lg(U_c/U_n)$, где P_c , U_c , P_n , U_n – мощности и напряжения сигнала и помех соответственно. Защищенность можно определить через уровни мощности сигнала и помехи: $W = p_c - p_n = -50 - (-130) = -50 + 130 = 80$ дБ

49. Принципы построения СКС?

СКС - это четкая система, имеющая свои подсистемы. Так, в любой СКС можно выделить такие основные структуры, как магистраль, образующую горизонтальную разводку, абонентские подключения и коммутационные узлы. В зависимости от характера помещения, коммутационных узлов может быть несколько - по одному на каждый этаж. Для связи коммутационных узлов между собой строят еще одну магистраль - вертикальную. Все коммутационные узлы этажей объединяет общий коммутационный узел здания. Несколько зданий также могут быть объединены общим коммутационным узлом.

В структуре СКС выделяются четко определённые функциональные подсистемы, для каждой из которых определены правила физических конструкций, топология и способы физического соединения линий.

Применение этого принципа:

- упрощает администрирование сети;
- облегчает обслуживание;
- позволяет без ограничений наращивать размер сети как количественно, так и структурно.

50. Сигнал в 100 мВт передается через аттенюатор 20 дБ. Какое напряжение будет на выходе (при нагрузке 600 Ом)?

51. Сигнал затухает на 6 дБ. Насколько уменьшится его мощность?

52. Сигнал мощностью в 1 Ватт передается через аттенюатор 10 дБ. Какова мощность сигнала на выходе?

53. Содержание протокола измерений на усилительных и регенерационных участках?

Интерфейс V5.2 ориентирован на группу до 16 трактов 2048 кбит/с и поддерживает концентрацию нагрузки. В каждом тракте предусмотрено несколько каналов сигнализации (КИ16, КИ15, КИ31).

Таким образом, один интерфейс V5.1 может поддерживать до 30 портов ТфОП (или до 15 портов базового доступа ISDN), а один интерфейс V5.2 может поддерживать (в зависимости от коэффициента концентрации) до двух тысяч портов ТфОП или до тысячи портов базового доступа ISDN.

Итак, спецификации ETSI и Рекомендации ITU-T определяют две разновидности интерфейса V5, различающиеся способами использования цифровых каналов, - это V5.1 и V5.2.

Интерфейс V5.1 содержит только один тракт ИКМ 2048 кбит/с. Кроме протокола, поддерживающего телефонную сигнализацию (протокола ТфОП) предусмотрен и протокол, обеспечивающий передачу между сетью доступа и станцией управляющей информацией. С помощью этого протокола, в частности, занимаются и освобождаются порты ISDN с базовым доступом (BRA), а также производится их блокировка. Интерфейс V5.1 позволяет предоставлять услуги для клиентов сети в режиме по требованию (on-demand), а также, в режиме полупостоянной линии (Semi-permanent).

Интерфейс V5.2 предусматривает возможность концентрации абонентской нагрузки и имеет протокол назначения несущих каналов для портов, находящихся в активном состоянии. Интерфейс V5.2 может содержать от 1 до 16 трактов ИКМ со скоростью передачи 2048 кбит/с. Это позволяет кроме портов ISDN с BRA включать и порты ISDN с первичным доступом (PRA).

54. Чем определяется полоса пропускания оптического волокна?

Для измерения полосы пропускания в оптическом волокне используется тот же способ, что и для измерений в микроволновых линиях связи и линиях связи на медной основе.

Оборудование для проверки системы состоит из аналогового когерентного оптического передатчика, который подключен ко входу волокна длиной 1 км и модулируется генератором с переменной частотой. Аналоговый оптический передатчик обеспечивает на выходе постоянную синусоидальную амплитуду. К другому концу волокна присоединен оптический измеритель мощности, который используется для контроля выходной мощности.

Полоса пропускания оптического волокна определяется по падению уровня сигнала на 3 дБ. Это представляет пределы рабочей полосы пропускания.

55. Что называется центром телефонной нагрузки?

Центр телефонной нагрузки – это такая точка на плане города или района, сумма расстояний от которой до каждого телефонного аппарата минимальна. Центр телефонной нагрузки можно определять различными способами. Наиболее простые из них – графический и координатный.

Графический метод. На плане района обслуживания проектируемой РАТС-3 указывают число соединительных линий со стороны их подхода к проектируемому району.

Координатный метод. В поле чертежа проектируемого района, выполненного в масштабе 1:2000, проводятся оси координат. В полученной прямоугольной системе определяются координаты (xi; yi) центра телефонной нагрузки каждого микрорайона (дома).

56. Что означает вероятность безотказной работы линии связи?

Вероятность безотказной работы — это вероятность того, что в пределах заданной наработки или заданном интервале времени отказ объекта не возникает. Вероятность безотказной работы обратна вероятности отказа и вместе с интенсивностью отказов определяет безотказность объекта. Показатель вероятности

безотказной работы определяется статистической оценкой: где — исходное число работоспособных объектов,

— число отказавших объектов за время .

Вероятность безотказной работы группы объектов равна произведению вероятностей безотказной работы

каждого объекта в этой группе: где n — число объектов в группе.

Чем больше объектов в группе, тем ниже надежность всей группы, так как если , то тогда .

57. Что такое иммерсионный гель?

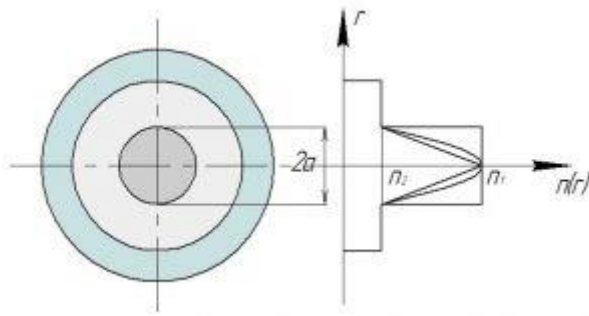
Иммерсионный гель используется для увеличения надежности и качества работы по стыковке оптических волокон, потому что он способен уменьшить количество потерь, путем компенсации зазора между торцами волокон. Материал, показатель преломления которого практически равен показателю преломления сердцевины волокна. Использование геля дает преимущество в том, что соединение становится нетребовательным к качеству скола. Бывает густым или жидким.

Характеристики:

- Показатель преломления практически равен показателю преломления сердцевины волокна;
- Использование геля делает соединение менее требовательным к качеству скола;
- Гель поставляется в емкостях по 11 г.

58. Что такое профиль показателя преломления?

Профиль показателя преломления оптического волокна - зависимость показателя преломления n волокна от расстояния от оси волокна. Для описания профиля показателя преломления многомодового волокна используется нормализованная функция:



где n_1 – максимальное значение показателя преломления сердцевины,
 n_2 – показатель преломления оболочки
 Δ – нормированная разность показателей преломления,
 r – расстояние от оси волокна,
 a – радиус сердцевины,
 g – параметр, характеризующий профиль показателя преломления.

Профили показателя преломления многомодового волокна

$g = \infty$ - профиль ступенчатый

$g = 1$ - профиль треугольный

$g = 2$ - профиль параболический

59. Что характеризует коэффициент затухания?

Коэффициентом затухания называют физическую величину, обратно пропорциональную времени релаксации:

$$\alpha = 1/\tau \quad \text{или} \quad \alpha = b/2m.$$

60. Что является определяющей компонентой в формировании шума фотоприемника?

Шумы фотоприемника в режиме прямого детектирования обусловлены дробовым эффектом, вызванным дискретной природой тока и случайным характером возникновения фотоэлектронов. Под эквивалентной мощностью шума понимают среднеквадратическое значение мощности флуктуаций светового потока, падающего на фотоприемник, при котором в фотоприемнике при отсутствии собственных шумов возникали бы флуктуации тока, соответствующие наблюдаемым флуктуациям, обусловленным собственным шумом. Эквивалентная мощность шума $P_{шэ}$ является условным понятием, не отражающим истинную природу шума, но удобным для проведения оценок.