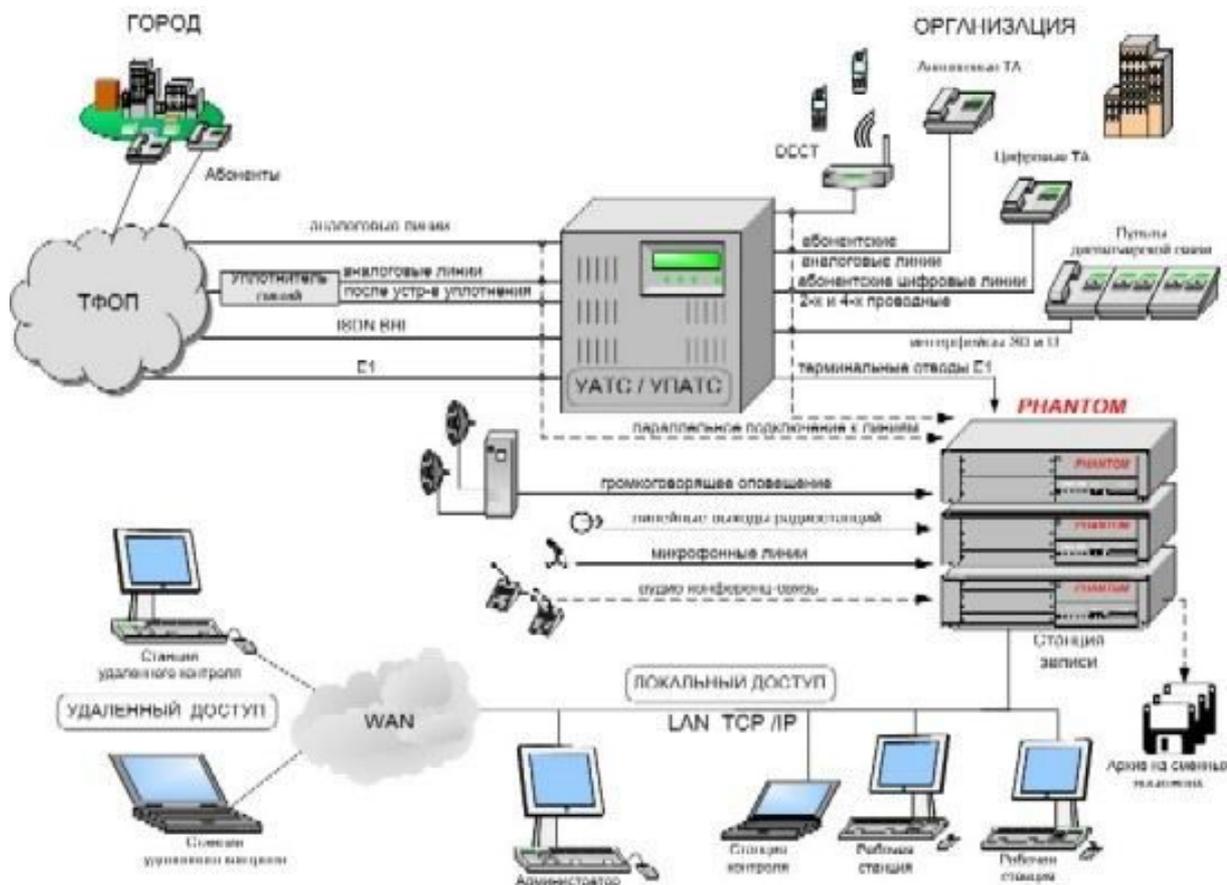


# Системы телекоммуникации



# Системы телекоммуникации



# Типы линий связи

## ▶ Проводные (воздушные)



## ▶ Кабельные (медь)



Витая пара

или



Коаксиал

## ▶ Волоконно-оптические

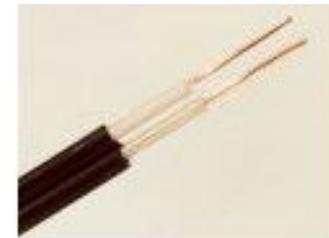
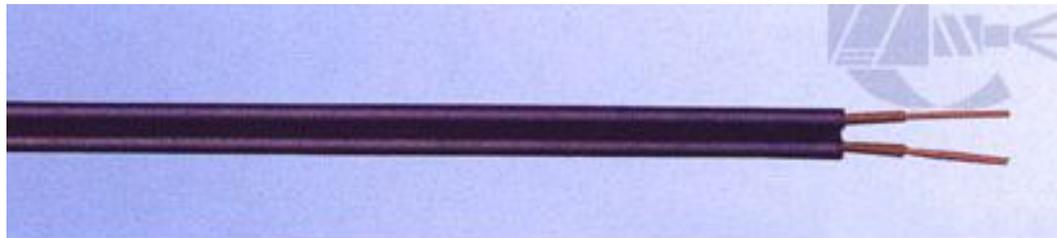


Световоды

## ▶ Радиоканалы наземной и спутниковой связи



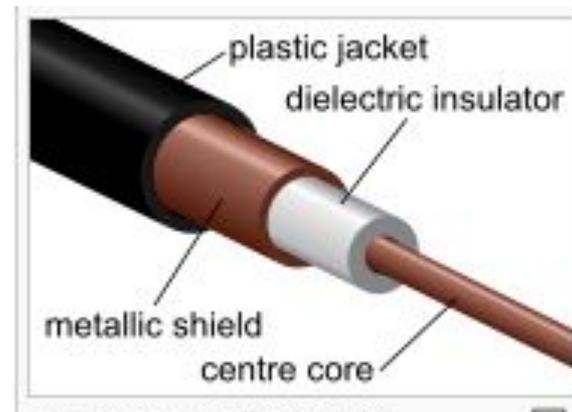
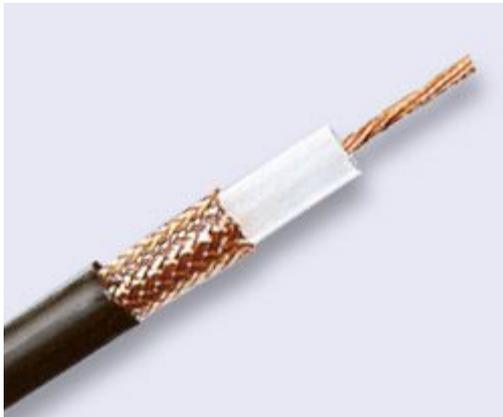
# Телефонный распределительный провод





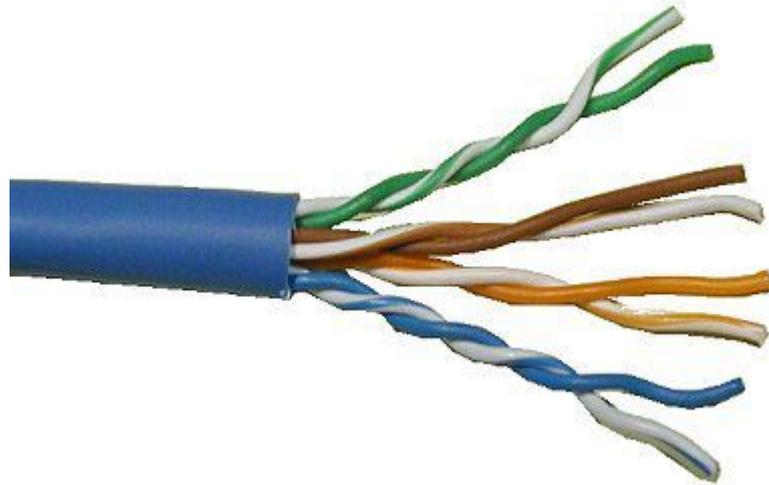
# Коаксиальный кабель

- Состоит из двух цилиндрических проводников, соосно вставленных один в другой. Благодаря совпадению центров обоих проводников потери на излучение практически отсутствуют; одновременно обеспечивается хорошая защита от внешних электромагнитных помех. Поэтому такой кабель обеспечивает передачу данных на большие расстояния и использовался при построении компьютерных сетей (пока не был вытеснен витой парой)



# Витая пара

- **Витая пара** (англ. *twisted pair*) — 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 связи 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.



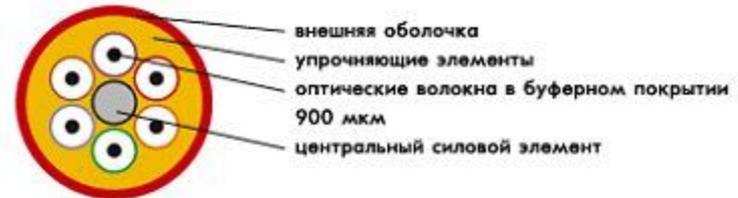
# Оптоволокно

- **Оптоволокно** — это стеклянная или пластиковая нить, используемая для переноса света внутри себя посредством полного внутреннего отражения.
- Основное преимущество оптоволоконных сетей - это высокая пропускная способность (сейчас, 10 Гб/сек. и это не максимальная цифра); ещё одно их важное качество - широкополосность (несколько тысяч каналов), что позволяет передавать огромные потоки информации, при малых габаритных размерах и высоком уровне механической прочности самого кабеля. Ещё один из плюсов оптоволоконной системы - стабильность передачи сигнала: она не восприимчива к помехам со стороны электромагнитных полей радиодиапазонов, и сама не создаёт таких помех, к тому же волоконно-оптические линии связи хороши с точки зрения электробезопасности, т.к. переносимые в них мощности очень малы.
- Обладая чрезвычайно низкими потерями, оптоволоконные системы могут передавать видеосигналы на расстояния до нескольких десятков километров без использования промежуточных усилителей, намного превосходя по этому параметру коаксиальные и проводные системы передачи видеосигналов. Другой особенностью оптоволоконных систем является их высокая пропускная способность, которая обусловлена высокой частотой колебаний световых волн, распространяющихся по оптоволокну.

# Оптоволокно

- Говоря об оптоволоконных сетях, неизбежно встает вопрос о сращивании волокон. В настоящее время существуют два принципиально разных способа сращивания: это механическое сращивание (сплайсинг) и сварка. При механическом сплайсинге концы волокон стыкуются при помощи специального соединителя, а затем фиксируются зажимом или клеем, иногда для уменьшения отражения света от стыка волокон используется иммерсионный гель. Преимущества данного способа в том, что сплайс позволяет многократно соединять оптические волокна за минимальное время. Однако потери в механическом сплайсе составляют от 0,1 до 2,5 дБ, впрочем, и надежность стыковки оптоволоконна далека от совершенства. Таким образом, механическое сращивание идеально подходит для оперативного ремонта оптических линий, а также временного соединения волокон.
- Однако универсальным способом является сварка с использованием специального сварочного аппарата. Сварка даёт сросток волокон, границу которого часто невозможно распознать рефлектометром (рефлектометр - устройство, предназначенное для выявления дефектов в кабельных линиях), сварной шов практически не имеет затухания и отличается надежностью. Механическое сращивание по качеству всегда будет хуже сварки.

# Оптоволоконный кабель



а



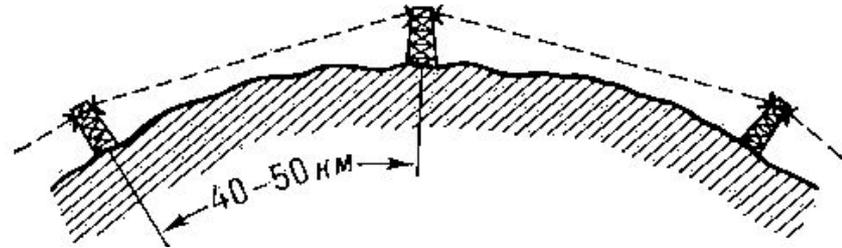
б



в

# Радиорелейная СВЯЗЬ

Рис. 2. Станция типичной радиорелейной связи.



- Радиосвязь, осуществляемая при помощи цепочки приёмо-передающих радиостанций), как правило, отстоящих друг от друга на расстоянии прямой видимости их антенн. Каждая такая станция принимает сигнал от соседней станции, усиливает его и передаёт дальше — следующей станции .
- Радиорелейная связь используют для многоканальной передачи телефонных, телеграфных и телевизионных сигналов на дециметровых (ДМ) и сантиметровых (СМ) волнах. Диапазоны ДМ и СМ волн выбраны потому, что в них возможна одновременная работа большого числа Радиопередатчиков с шириной спектра сигналов до нескольких десятков *Мгц*, низок уровень атмосферных и промышленных помех радиоприёму, возможно применение остронаправленных антенн.
- Т. к. устойчивое распространение ДМ и СМ волн происходит только в пределах прямой видимости, то для связи на больших расстояниях необходимо сооружать значительное количество ретрансляционных станций. Для того чтобы расстояние между станциями было как можно больше, их антенны устанавливают на мачтах и башнях высотой 70—100 м по возможности — на возвышенных местах. На равнинной местности расстояние между станциями обычно составляет 40—50 км;



# Радиорелейная связь

- Высокоскоростные большой емкости радиорелейные линии применяются в глобальных сетях передачи данных и называются магистральными. Среднескоростные средней емкости радиорелейные линии используются для создания региональных, зональных сетей передачи данных и называются зональными. Наконец, малоканальные широко используются для организации связи на железнодорожном транспорте, газопроводах, нефтепроводах, линиях электропередачи и т. п. Малоканальные радиорелейные линии с подвижными РРС применяются в военных целях. Полосы радиочастот РРЛ расположены в диапазоне от 2 до 50 ГГц и жестко регламентируются внутри каждой полосы как рекомендациями ИТУ (Международного союза электросвязи), так и Радиорегламентом Российской Федерации.

# Радиорелейная связь

- Сеть РРС может строиться как однопролетная, многопролетная линия и радиорелейная сеть. Однопролетная РРЛ состоит из двух территориально разнесенных РРС. Такие радиолинии создаются для соединения базовых центров сотовой связи, АТС. Радиолиния с пропускной способностью 140 Мбит/с для российского телевидения соединила телецентр на Ямском поле с земной станцией спутниковой связи в Клину, обеспечив одновременную передачу 17 телевизионных каналов. РРЛ с пропускной способностью 155 Мбит/с и емкостью 1920 цифровых каналов РФ связала Центробанк с его подразделением, удаленным на 140 км.

# Спутниковая связь



Спутник связи *Syncom-1*

- **Спутниковая связь**— один из видов радиосвязи, основанный на использовании искусственных спутников земли в качестве ретрансляторов. Спутниковая связь осуществляется между земными станциями, которые могут быть как стационарными, так и подвижными.
- Спутниковая связь является развитием традиционной радиорелейной связи путем вынесения ретранслятора на очень большую высоту (от сотен до десятков тысяч км). Так как зона его видимости в этом случае — почти половина Земного шара, то необходимость в цепочке ретрансляторов отпадает — в большинстве случаев достаточно и одного.

# СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ: ИНТЕРНЕТ И ТЕЛЕФОНИЯ.

- Спутниковый терминал SatNet обеспечивает полноценный **двусторонний доступ в Интернет через спутник** (для одного компьютера или для локальной сети организации), а также телефонную связь по **дешевым междугородным и международным тарифам**.
- **Скорость передачи данных:** до 512 кбит/с.
- **Телефонная связь:** на базе IP-телефонии
- Спутниковые телефоны одновременно являются и сотовыми - выбор сотовой или спутниковой сети происходит автоматически или вручную.



# Мобильная спутниковая связь Инмарсат.



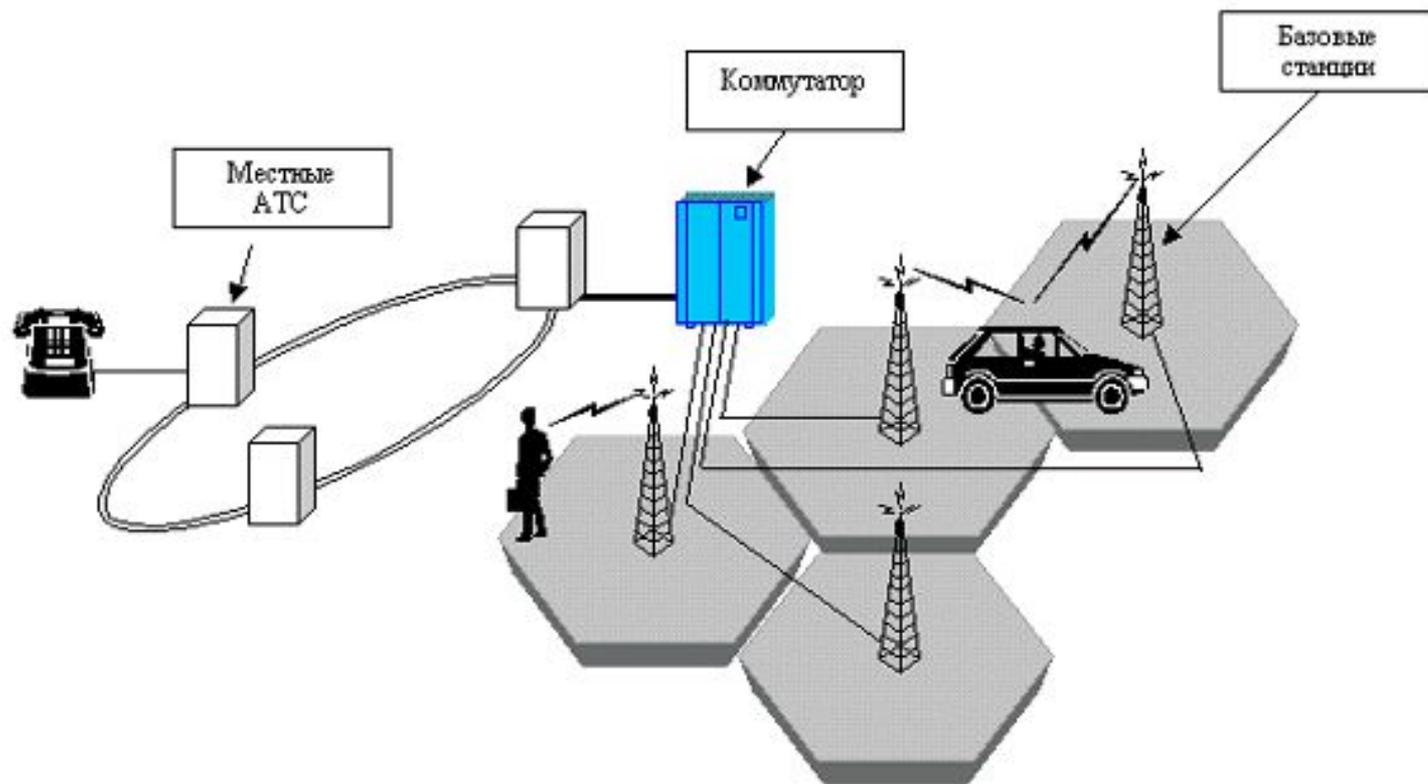
- Инмарсат ( Inmarsat Ltd ) - первая в мире система мобильной спутниковой связи, предлагающая свои услуги пользователям по всему миру, на море, на суше и в воздухе. Созданная более 20 лет назад как международная морская организация (ИМО - International Maritime Organization), основной задачей которой было обеспечение связи на морских судах, в 1985 году она была переименована в Инмарсат, а в апреле 1999 года - преобразована в частную компанию со штаб-квартирой в Лондоне. На сегодняшний день Инмарсат предоставляет широкий спектр современных телекоммуникационных услуг, таких как голосовая телефонная связь, передача факсимильных сообщений и данных со скоростью до 144 кбит/с (включая пакетную передачу данных) более чем для 210,000 пользователей. Инмарсат управляет сетью геостационарных спутников, с помощью которых предоставляет современные услуги спутниковой связи по всему миру. Сейчас на орбите находится четыре основных спутника Инмарсат третьего поколения и пять резервных. Сеть спутников управляется штаб-квартирой Инмарсат.

# Сотовый (мобильный) телефон

- Система радиосвязи, направленная на то, чтобы обеспечить пользователя связью в любом месте. Состоит из большого количества базовых станций, связанных между собой центральными коммутаторами и сотовых телефонов. Сотовый телефон при включении регистрируется на ближайшей базовой станции и, если на его номер звонят, центральный коммутатор находит телефон и переводит на него вызов через ближайшую базовую станцию. Во время движения по городу сотовый телефон передаётся из одной базовой станции на другую без потери связи, даже если идёт разговор (функция Handover).



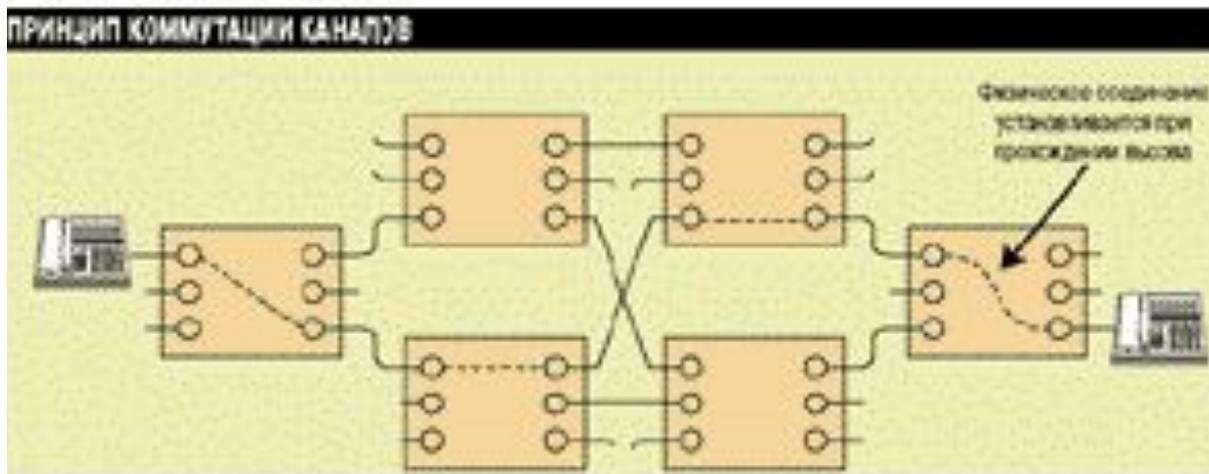
# Сотовая связь



# КОММУТАЦИЯ КАНАЛОВ

- Когда сняв телефонную трубку, абонент или компьютер набирает номер, коммутационное оборудование телефонной сети отыскивает ведущий к абоненту или компьютеру на противоположном конце провод. Иными словами, при получении телефонным коммутатором вызова он устанавливает физическое соединение между входящей и исходящими линиями.
- Соединение между двумя конечными точками должно быть установлено до начала передачи данных и существовать в продолжении всего диалога до его завершения.

# КОММУТАЦИЯ КАНАЛОВ



# КОММУТАЦИЯ КАНАЛОВ

- При коммутации каналов коммутационная сеть образует между конечными узлами непрерывный составной физический канал из последовательно соединенных коммутаторами промежуточных 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.

# Недостатки коммутации каналов

- Отказ сети в обслуживании запроса на установление соединения. Такая ситуация может сложиться из-за того, что на некотором участке сети соединение нужно установить вдоль канала, через который уже проходит максимально возможное количество информационных потоков. Отказ может случиться и на конечном участке составного канала — например, если абонент способен поддерживать только одно соединение, что характерно для многих телефонных сетей. При поступлении второго вызова к уже разговаривающему абоненту сеть передает вызывающему абоненту короткие гудки — сигнал "занято".
- Нерациональное использование пропускной способности физических каналов. Та часть пропускной способности, которая отводится составному каналу после установления соединения, предоставляется ему на все время, т.е. до тех пор, пока соединение не будет разорвано. Однако абонентам не всегда нужна пропускная способность канала во время соединения, например в телефонном разговоре могут быть паузы, еще более неравномерным во времени является взаимодействие компьютеров. Невозможность динамического перераспределения пропускной способности представляет собой принципиальное ограничение сети с коммутацией каналов, так как единицей коммутации здесь является информационный поток в целом.
- Обязательная задержка перед передачей данных из-за фазы установления соединения.

# Коммутация пакетов

- При коммутации пакетов все передаваемые пользователем сообщения разбиваются в исходном узле на сравнительно небольшие части, называемые пакетами. Напомним, что сообщением называется логически завершенная порция данных — запрос на передачу файла, ответ на этот запрос, содержащий весь файл и т.д. Сообщения могут иметь произвольную длину, от нескольких байт до многих мегабайт. Напротив, пакеты обычно тоже могут иметь переменную длину, но в узких пределах, например от 46 до 1500 байт. Каждый пакет снабжается заголовком, в котором указывается адресная информация, необходимая для доставки пакета на узел назначения, а также номер пакета, который будет использоваться узлом назначения для сборки сообщения (рис. 3). Пакеты транспортируются по сети как независимые информационные блоки. Коммутаторы сети принимают пакеты от конечных узлов и на основании адресной информации передают их друг другу, а в конечном итоге — узлу назначения.

# Коммутация пакетов

- Коммутаторы пакетной сети отличаются от коммутаторов каналов тем, что они имеют внутреннюю буферную память для временного хранения пакетов, если выходной порт коммутатора в момент принятия пакета занят передачей другого пакета. В этом случае пакет находится некоторое время в очереди пакетов в буферной памяти выходного порта, а когда до него дойдет очередь, он передается следующему коммутатору. Такая схема передачи данных позволяет сглаживать пульсацию трафика на магистральных связях между коммутаторами и тем самым наиболее эффективно использовать их для повышения пропускной способности сети в целом.

# Коммутация пакетов

- **Достоинства коммутации пакетов**

- Высокая общая пропускная способность сети при передаче пульсирующего трафика.
- Возможность динамически перераспределять пропускную способность физических каналов связи между абонентами в соответствии с реальными потребностями их трафика.
- **Недостатки коммутации пакетов**
- Неопределенность скорости передачи данных между абонентами сети, обусловленная тем, что задержки в очередях буферов коммутаторов сети зависят от общей загрузки сети.
- Переменная величина задержки пакетов данных, которая может быть достаточно продолжительной в моменты мгновенных перегрузок сети.
- Возможные потери данных из-за переполнения буферов.  
В настоящее время активно разрабатываются и внедряются методы, позволяющие преодолеть указанные недостатки, которые особенно остро проявляются для чувствительного к задержкам трафика, требующего при этом постоянной скорости передачи. Такие методы называются методами обеспечения качества обслуживания (Quality of Service, QoS).

# Коммутация сообщений

- Коммутация сообщений по своим принципам близка к коммутации пакетов. Под коммутацией сообщений понимается передача единого блока данных между транзитными компьютерами сети с временной буферизацией этого блока на диске каждого компьютера. Сообщение в отличие от пакета имеет произвольную длину, которая определяется не технологическими соображениями, а содержанием информации, составляющей сообщение.
- Транзитные компьютеры могут соединяться между собой как сетью с коммутацией пакетов, так и сетью с коммутацией каналов. Сообщение (это может быть, например, текстовый документ, файл с кодом программы, электронное письмо) хранится в транзитном компьютере на диске, причем довольно продолжительное время, если компьютер занят другой работой или сеть временно перегружена.
- По такой схеме обычно передаются сообщения, не требующие немедленного ответа, чаще всего сообщения электронной почты. Режим передачи с промежуточным хранением на диске называется режимом "хранения-и-передачи" (store-and-forward).

# Коммутация сообщений

- Техника коммутации сообщений появилась в компьютерных сетях раньше техники коммутации пакетов, но потом была вытеснена последней, как более эффективной по критерию пропускной способности сети. Запись сообщения на диск занимает достаточно много времени, и кроме того, наличие дисков предполагает использование в качестве коммутаторов специализированных компьютеров, что влечет за собой существенные затраты на организацию сети.

Сегодня коммутация сообщений работает только для некоторых не оперативных служб, причем чаще всего поверх сети с коммутацией пакетов, как служба прикладного уровня.

# Сравнение коммутации каналов и коммутации пакетов

## Коммутация каналов

Гарантированная пропускная способность (полоса) для взаимодействующих абонентов

Сеть может отказать абоненту в установлении соединения

Трафик реального времени передается без задержек

Адрес используется только на этапе установления соединения

## Коммутация пакетов

Пропускная способность сети для абонентов неизвестна, задержки передачи носят случайный характер

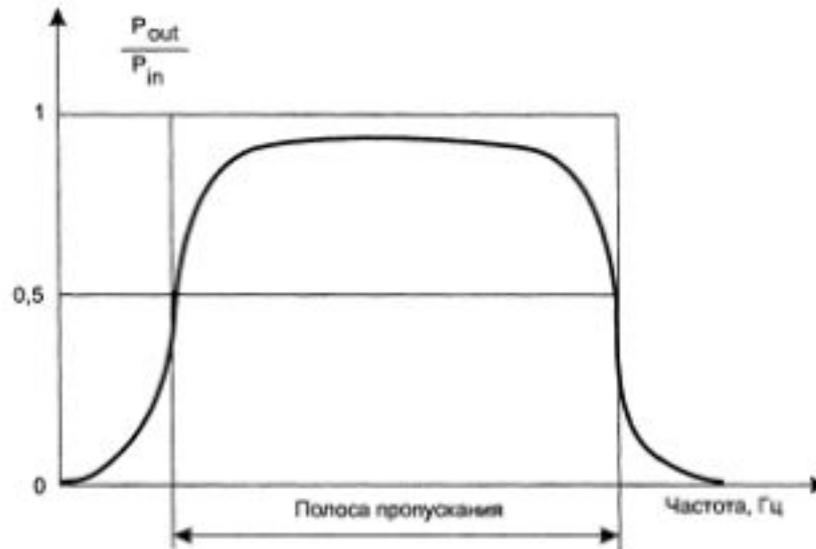
Сеть всегда готова принять данные от абонента

Ресурсы сети используются эффективно при передаче пульсирующего трафика

Адрес передается с каждым пакетом

# Полоса пропускания

- Полоса пропускания – это непрерывный диапазон частот, для которого затухание не превышает некоторый заранее заданный предел



## Связь между пропускной способностью (скоростью передачи информации) и полосой пропускания линии

- Клод Шеннон:

$$C = F \log_2(1 + P_c / P_{\text{ш}})$$

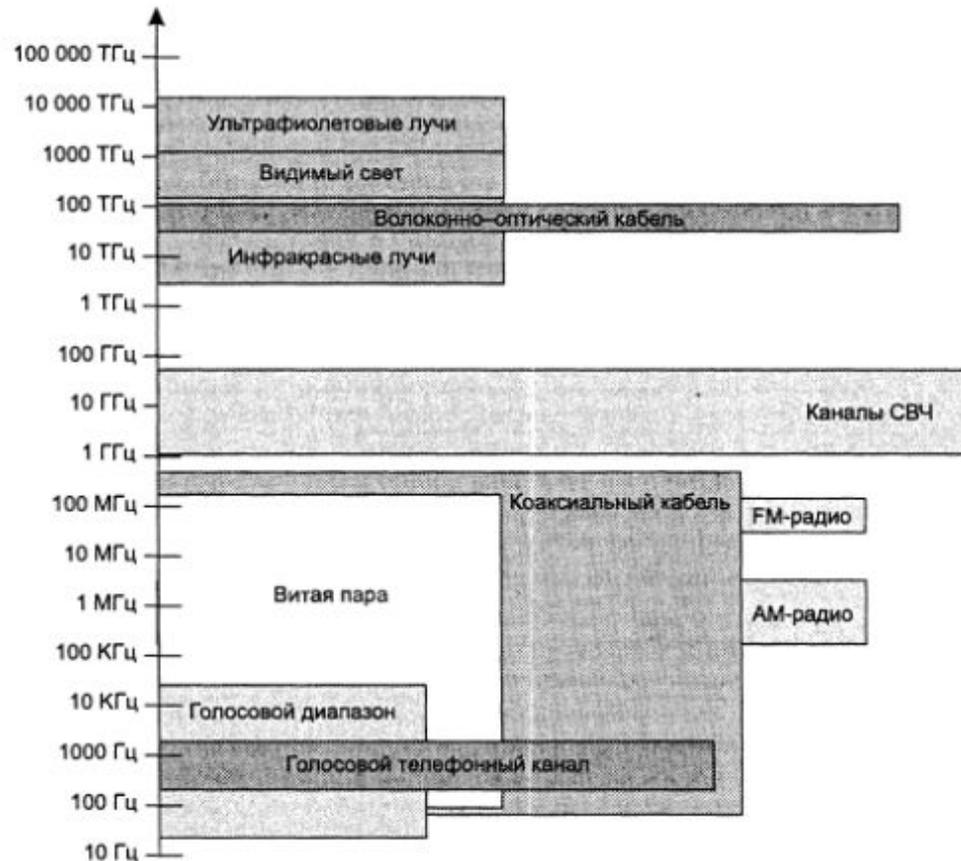
$C$  – максимальная пропускная способность линии в битах в секунду

$F$  – ширина полосы пропускания линии в герцах

$P_c$  – мощность сигнала

$P_{\text{ш}}$  – мощность шума

# Полосы пропускания линий связи

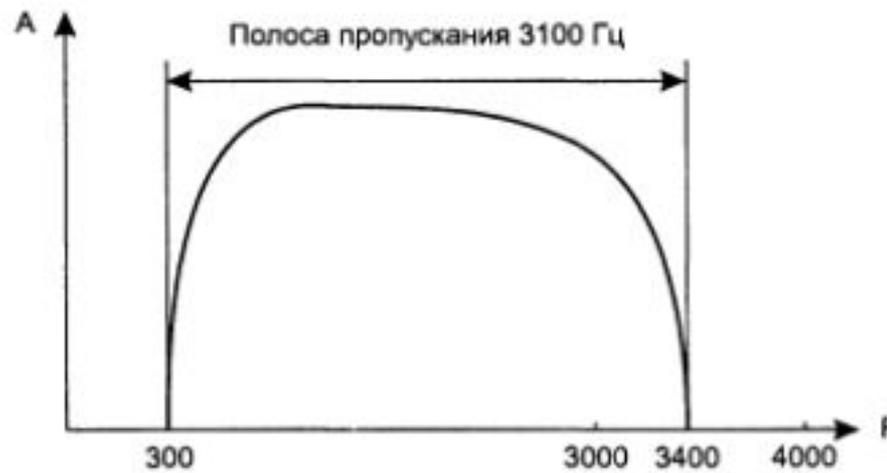


# Скорость передачи информации по различным каналам связи

- Телефонные линии общего пользования -9600 бит/сек (страница А4 передается за 20 сек)
- Цифровые телефонные линии – 64 Кбит/сек
- Коаксиальный кабель – 500-1000 телефонных линий
- Витая пара – 10 Мбит/сек
- Радиорелейный канал – 50 Мбит/сек
- Спутниковый канал – 8Мбит/сек
- Оптоволокно – до 10 Гбит/сек

## Амплитудно – частотная характеристика канала тональной частоты

- Спектр частот человеческого голоса – примерно от 100 гц до 10 кгц



# Дискретная модуляция непрерывного процесса (импульсно – кодовая модуляция РСМ)

- Дискретизация по времени
- Дискретизация по значениям
- Аналого – цифровой преобразователь (АЦП)
- Цифро – аналоговый преобразователь (ЦАП)



# Оцифровывание голоса

- Частота дискретизации – 8000 гц (125 мкс на импульс)
- 7 или 8 бит кода для представления амплитуды одного замера (127 или 256 градаций звукового сигнала)
- Для передачи одного голосового канала необходима пропускная способность 56 Кбит/сек (7 бит) или 64 Кбит/сек (8 бит)

# Линии связи



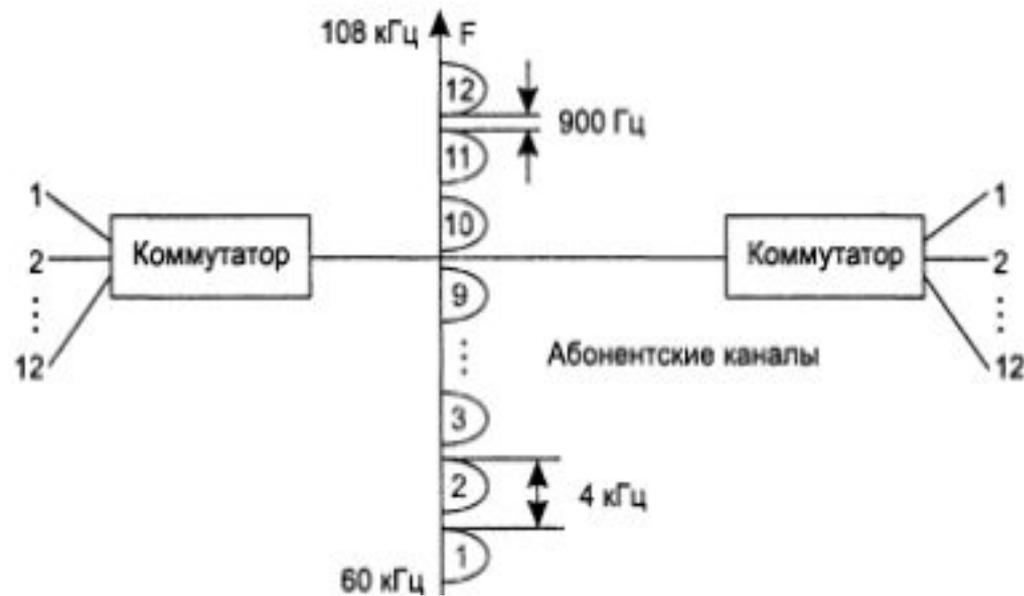
# FDM - частотное мультиплексирование

На вход FDM коммутатора поступают входные сигналы от абонентов телефонной сети

Коммутатор выполняет перенос частоты выделенного канала в выделенный каналу диапазон

Чтобы низкочастотные составляющие сигналов разных каналов не смешивались между собой, полосы делают шириной в 4 кгц, а не в 3,1 кгц, оставляя между ними страховой промежуток в 900 гц. В канале между двумя FDM коммутаторами одновременно передаются сигналы всех абонентских каналов, но каждый из них свою полосу частот

# FDM - частотное мультиплексирование



# TDM – временное мультиплексирование

- Принцип временного мультиплексирования заключается в выделении канала каждому соединению на определенный период времени. Существует два типа временного мультиплексирования асинхронное и синхронное. Асинхронный режим используется в сетях с коммутацией пакетов
- Синхронный режим: мультиплексор принимает информацию по N входным каналам от конечных абонентов, каждый из которых передает данные по абонентскому каналу со скоростью 64 кбит/сек – 1 байт каждые 125 мкс. В каждом цикле мультиплексор выполняет следующие действия:
  - Прием от каждого канала очередного байта данных;
  - Составление из принятых байтов кадра;
  - Передача кадра на выходной канал со скоростью N 64 кбит/сек
- Порядок следования байта в кадре соответствует номеру входного канала, от которого этот байт получен.

# TDM – временное мультиплексирование



# Последняя миля

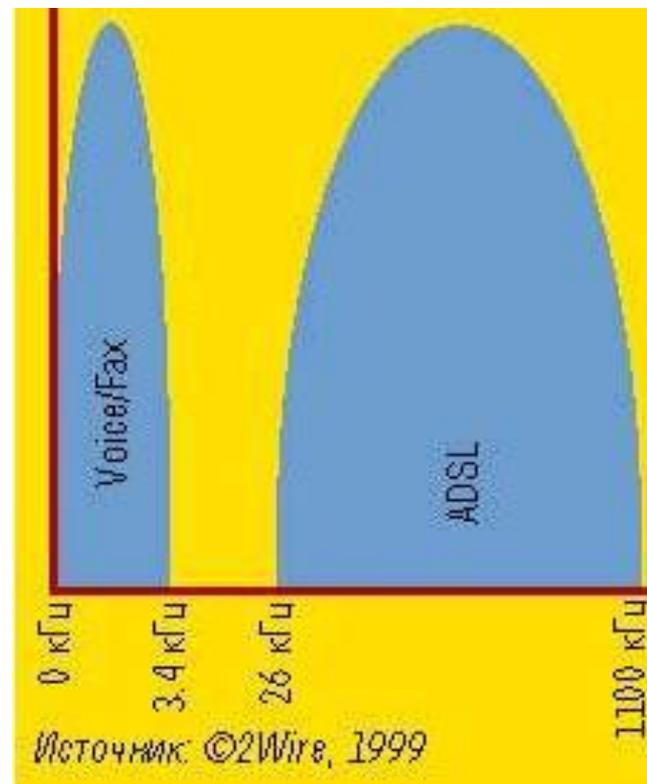
- **Последняя миля** в отрасли связи — канал, соединяющий конечное (клиентское) оборудование с узлом доступа провайдера (оператора связи). Например, при предоставлении услуги подключения к сети Интернет последняя миля — участок от порта коммутатора провайдера на его узле связи до порта маршрутизатора клиента в его офисе. Для услуг коммутируемого подключения последняя миля — это участок между модемом пользователя и модемом (модемным пулом) провайдера.

# ADSL

- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) - асимметричная цифровая абонентская линия. Технология ADSL была разработана в 1999 году для предоставления широкополосного доступа к сети Интернет как альтернатива дорогим подключениям типа E1, ISDN PRI. С тех пор она активно проникает на рынок высокоскоростных соединений. ADSL обеспечивает доступ в Интернет на скоростях, в десятки раз превышающих скорости обычных аналоговых модемов. Скорость к провайдеру может достигать 1024 Кбит/с, к абоненту - 8Мбит/с. Передача данных осуществляется по обычной телефонной паре, при этом сохраняется возможность одновременного использования телефона и доступа к Интернет .

# ADSL

- Провайдер DSL мультиплексирует множество абонентских линий DSL в одну высокоскоростную магистральную сеть с помощью мультиплексора доступа (DSL Access Multiplexer, DSLAM). Находясь на центральном узле, DSLAM объединяет трафик данных с нескольких линий DSL и подает в магистраль провайдера услуг, а магистраль уже доставляет его всем адресатам в сети



## Классификация сетей

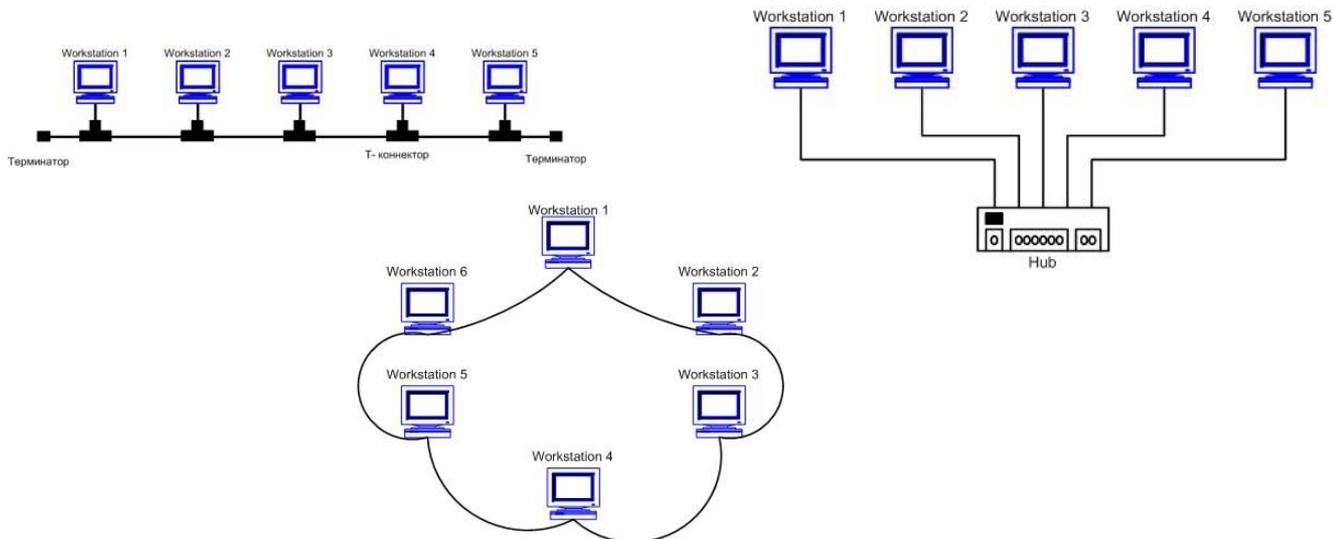
- Сети делятся на локальные (*LAN* — Local Area Network),
- городские (*MAN* – Metropolitan Area Network),
- региональные (*WAN* – Wide Area Network)
- всемирные (Интернет).

# Классификация сетей

- Все вычислительные сети можно классифицировать по ряду признаков. В зависимости от расстояний между ПК различают следующие вычислительные сети:
  - · локальные вычислительные сети – ЛВС (LAN – Local Area Networks) – компьютерные сети, расположенные в пределах небольшой ограниченной территории (здании или в соседних зданиях) не более 10 – 15 км;
  - · территориальные сети, которые охватывают значительное географическое пространство. Размеры таких сетей порядка 100 – 1000 км. К территориальным сетям можно отнести сети региональные (MAN - Metropolitan Area Network) и корпоративные. Региональные сети связывают абонентов района, города или области.
  - · корпоративные сети – это совокупность связанных между собой ЛВС, охватывающих территорию, на которой размещены здания предприятия.
  - Глобальные сети объединяют абонентов, удаленных между собой на значительное расстояние, находящихся в различных странах или континентах;

# Сетевые топологии

- Среди топологических схем наиболее популярными являются :
  1. шина;
  2. звезда;
  3. кольцо;
  4. многокаскадные и многосвязные сети.
- К первым трем типам топологии относятся 99% всех локальных сетей.



# Базовые технологии локальных сетей

- Ethernet (IEEE 802.3)
- Token Ring (IEEE 802.5)
- Сети FDDI (ISO 9314-1)

# Ethernet (IEEE 802.3)

- Сеть Ethernet разработана в 1976 году Меткальфом и Боггсом (фирма Ксерокс).
- Ethernet совместно со своей скоростной версией Fast Ethernet, GigaEthernet (1Гбит/с) и 10GE (10Гигабит/с) занимает в настоящее время абсолютно лидирующую позицию .
- Сейчас на основе этого стандарта строятся уже не только локальные но и общегородские сети, а также межгородские каналы

# Ethernet (IEEE 802.3)

- В сетях Ethernet применяется множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий (Carrier Sense Multiply Access with Collision Detection - **CSMA/CD**). Все компьютеры сети имеют доступ к общей шине через встроенный в каждый компьютер сетевой адаптер

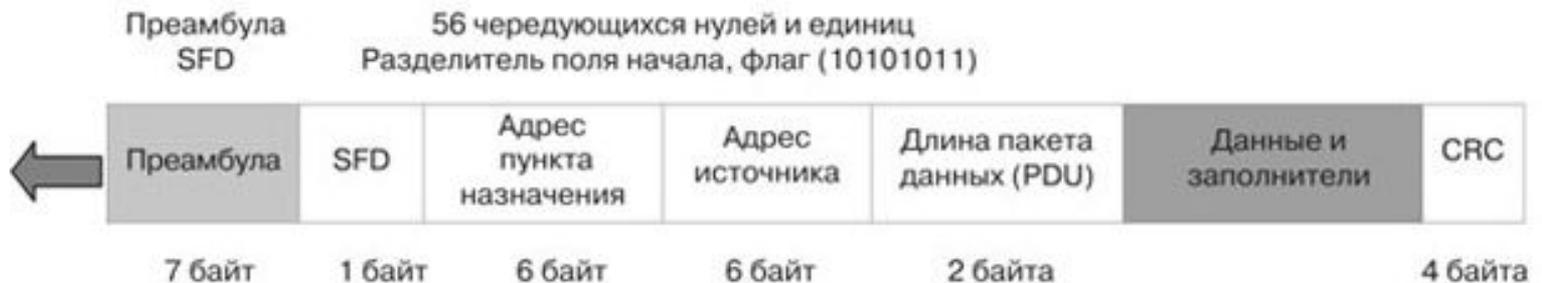


# Ethernet (IEEE 802.3)

- Станции на традиционной локальной сети **Ethernet** могут быть соединены вместе, используя физическую шину или звездную топологию, но логическая топология - всегда шинная. Под этим мы подразумеваем, что среда (канал) разделена между станциями и только одна станция одновременно может использовать ее. Также подразумевается, что все станции получают кадр, посланный станцией (широковещательная передача). Адресованный пункт назначения сохраняет кадр, в то время как остальные отбрасывают ее.
- Перед началом передачи узел должен убедиться, что несущая среда не занята, признаком чего является отсутствие на ней несущей частоты. Если среда свободна, то узел имеет право начать передачу кадра определенного формата.
- Разрешение коллизий:
  - Каждая станция имеет равное право на среду (коллективный доступ).
  - Каждая станция, имеющая кадр для того, чтобы послать его, сначала "слушает" (отслеживает) среду. Если в среде нет данных, станция может начать передачу (слежение за несущей частотой).
  - Может случиться, что две станции, следящие за средой, находят, что она не занята, и начинают посылать данные. В этом случае возникает конфликт, называемый коллизией. Протокол заставляет станцию продолжать следить за линией после того, как передача началась. Если есть конфликт, то все станции его обнаруживают, каждая передающая станция передает сигнал сбоя в работе, чтобы уничтожить данные линии, и после этого каждый раз ждет различное случайное время для новой попытки. Случайные времена предотвращают одновременную повторную посылку данных.

# Структура кадра

- В сети **Ethernet** имеется один тип кадра, содержащий семь полей: преамбула, начало кадра - SFD, адрес конечного пункта - DA, адрес источника - SA, длина/тип протокольной единицы - PDU и циклический избыточный код.



# Структура кадра

- **Преамбула.** Преамбула кадров содержит 7 байтов (56 битов) чередующихся нулей и единиц, которые приводят в готовность систему для приема прибывающего кадра и подготавливают ее для синхронизации с помощью тактовых импульсов. Преамбула фактически добавляется на физическом уровне и не является (формально) частью кадра.
- **Ограничитель начала кадра (SFD - Start Frame Delimiter).** Поле SFD (1 байт: 10101011) отмечает начало кадра и указывает станции на окончание синхронизации. Последние два бита - 11 - сигнал, что следующее поле - адрес получателя.
- **Адрес получателя (DA - Destination Address).** Поле DA насчитывает 6 байтов и содержит физический адрес станции пункта назначения или промежуточного звена.
- **Исходный адрес (SA - Source Address).** Поле SA также насчитывает 6 байтов и содержит физический адрес передающей или промежуточной станции.
- **Длина/тип.** Поле типа/длины имеет одно из двух значений. Если значение поля меньше, чем 1518, это - поле длины и определяет длину поля данных, которое следует дальше. Если значение этого поля больше, чем 1536, оно определяет верхний протокол уровня, который используется для обслуживания Internet.
- **Данные.** Поле данных переносит данные, инкапсулированные из верхних протоколов уровня. Это минимум 46 и максимум 1500 байтов.
- **Циклический избыточный код (CRC - Cyclical Redundancy Check).** Последнее поле в этих кадрах по стандарту 802.3 содержит информацию для обнаружения ошибок, в этом случае CRC - 32

# Адресация

- Каждая станция типа PC, рабочая станция или принтер на сети Локальной сети Ethernet имеет ее собственную сетевую интерфейсную карту (NIC - Network Interface Card). NIC размещается внутри станции и обеспечивает станцию 6-байтовым физическим адресом (аппаратный адрес, MAC – адрес). Адрес Локальной сети Ethernet - 6 байтов (48 битов), он обычно записывается в шестнадцатеричной системе обозначений с дефисом, чтобы отделить байты, как показано ниже:
- **070102012C4B**
- Есть три типа адресов в Локальной сети Ethernet: однонаправленный, групповая рассылка и передача. В **однаправленном адресе** самый старший бит в начале байта - 0; в **адресе групповой рассылки** младший бит - 1. **Широковещательный адрес** - это поле 48 бит. Исходный адрес всегда однонаправленный. Адрес получателя может быть однонаправленным адресом (один единственный получатель), групповой рассылкой (группа получателей) или широковещательной передачей (все станции, подключенные к LAN).

# Ethernet



# Устройства подключения

- Сегодня обычная сеть состоит из многих локальных сетей и одной или нескольких базовых. Поэтому в технологиях должны быть предусмотрены способы объединить эти сети. Инструментальные средства, предназначенные для этих целей, называются устройствами подключения:
  - ретрансляторы,
  - концентраторы,
  - мосты,
  - маршрутизаторы
  - коммутаторы.

# Ретрансляторы

- Для увеличения длины общей сети, состоящей из различных сегментов кабеля, используются ретрансляторы. Сигналы, которые переносят информацию в пределах сети, могут пройти фиксированное расстояние до того момента, когда затухание создаст угрозу целостности данных. Ретранслятор получает сигнал, и прежде чем он становится слишком слабым или искаженным, восстанавливает первоначальный образец бита. Затем он передает регенерированный сигнал. Ретранслятор может увеличить физическую длину сети
- Применение ретранслятора вносит дополнительную задержку и ухудшает распознавание коллизии, поэтому их количество в сети Ethernet не должно превышать 4, при этом максимальная длина одного сегмента должна быть не более 500 метров, а диаметр всей сети - не более 2500 метров.



# Концентратор (Hub)

- Соединение узлов между собой осуществляется через центральное устройство – концентратор. Стандарт разрешает соединять концентраторы только в древовидные структуры, любые петли между портами концентратора запрещены. Для надежного распознавания коллизии между двумя любыми узлами должно быть не больше 4 концентраторов, при этом максимальная длина между концентраторами должна быть не более 100 метров, а диаметр всей сети - не более 500 метров. Построение локальных сетей большой емкости только с помощью концентраторов приводит к возрастанию числа коллизий и снижению пропускной способности сети. Поэтому концентраторы используются для построения небольших фрагментов сетей, которые затем объединяются с помощью мостов и коммутаторов.



# Мост (Bridge)

- Если мост получает кадр от узла 1, направленный к узлу В, то он по своей таблице определяет, что нужно ретранслировать кадр из буфера порта 1 в порт 2. Если же мост получает кадр от узла 3, направленный к узлу 4, то он по своей таблице определяет, что узлы находятся в одном сегменте, и стирает кадр в буферной памяти порта 1.

Порт 1	Порт 2
MAC-адрес узла 1	MAC-адрес узла 3
MAC-адрес узла 2	MAC-адрес узла 4
.....	.....
MAC-адрес узла А	MAC-адрес узла В

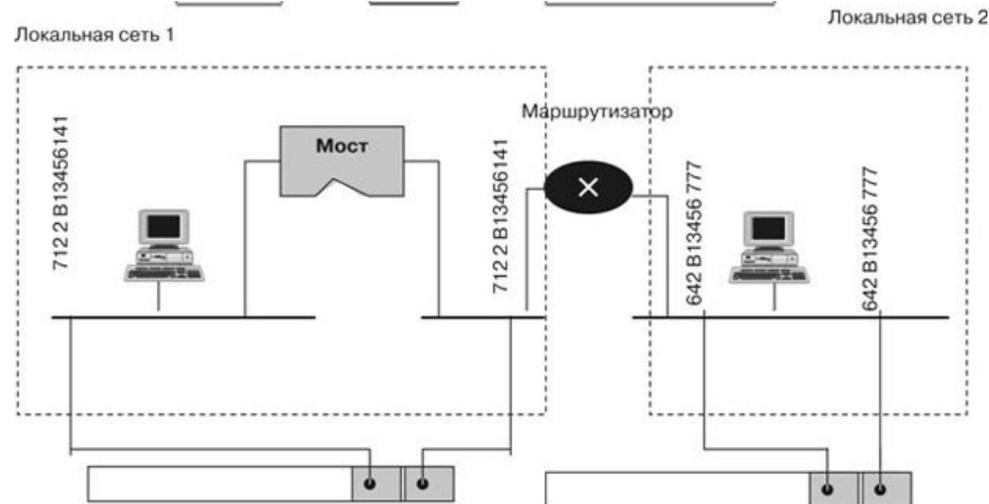


# Маршрутизатор

- Маршрутизатор может соединять локальные сети. Маршрутизатор - устройство межсетевого обмена; он соединяет вместе независимые сети, чтобы формировать сеть Internet. Согласно этому определению, сети, соединяемые маршрутизатором, становятся Internet-сетью, или Internet.
- Маршрутизатор имеет физический и логический (IP) адрес для каждого из его интерфейсов.
- Маршрутизатор действует только на тех пакетах, в которых адрес получателя соответствует адресу интерфейса, куда пакет прибывает.
- Маршрутизатор изменяет физический адрес пакета (и источник, и пункт назначения), когда он передает пакет вперед.

# Маршрутизатор

- Рассмотрим пример. Рассмотрим две сети LAN, разделенных маршрутизатором. Левая LAN имеет два сегмента, отделенные мостом. Маршрутизатор изменяет источник и адреса получателя пакета. Когда пакет перемещается в левую LAN, его исходный адрес - это адрес передающей станции; его адрес получателя - это адрес маршрутизатора. Когда тот же самый пакета перемещается во вторую LAN, его исходный адрес - адрес маршрутизатора, и его адрес получателя - адрес заключительного пункта назначения.



# Общие характеристики стандартов Ethernet 10 Мбит/сек

Характеристика	Значение
Номинальная пропускная способность	10 Мбит/с
Максимальное число станций в сети	1024
Максимальное расстояние между узлами в сети	2500 м (в 10Base-FB 2750 м)
Максимальное число коаксиальных сегментов в сети	5

# Fast Ethernet

- Технология Fast Ethernet является эволюционным развитием классической технологии Ethernet.
- В 1992 году группа производителей сетевого оборудования, включая таких лидеров технологии Ethernet как SynOptics, 3Com и ряд других, образовали некоммерческое объединение Fast Ethernet Alliance для разработки стандарта на новую технологию, которая обобщила бы достижения отдельных компаний в области Ethernet-преемственного высокоскоростного стандарта. Новая технология получила название Fast Ethernet.
- Отличия Fast Ethernet от Ethernet сосредоточены на физическом уровне. Более сложная структура физического уровня технологии Fast Ethernet вызвана тем, что в ней используется три варианта кабельных систем - оптоволокно, 2-х парная витая пара категории 5 и 4-х парная витая пара категории 3.

# Fast Ethernet

- Основными достоинствами технологии Fast Ethernet являются:
  - увеличение пропускной способности сегментов сети до 100 Мб/с;
  - сохранение метода случайного доступа Ethernet;
  - сохранение звездообразной топологии сетей и поддержка традиционных сред передачи данных - витой пары и оптоволоконного кабеля.

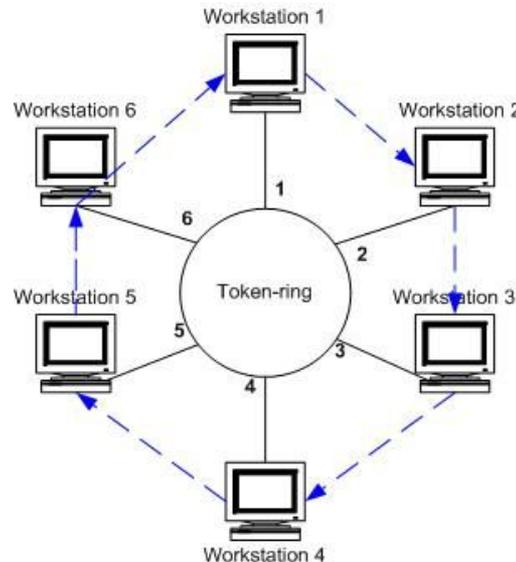
# Gigabit Ethernet

- Технология Gigabit Ethernet добавляет новую ступень в иерархию скоростей семейства Ethernet величиной в 1000 Мбит/сек. Эта ступень позволяет эффективно строить крупные локальные сети, в которых мощные серверы и магистрали нижних уровней сети работают на скорости 100 Мбит/сек, а магистраль Gigabit Ethernet объединяет их, обеспечивая достаточно большой запас пропускной способности.
- Разработчики технологии Gigabit Ethernet сохранили большую степень преемственности с технологиями Ethernet и Fast Ethernet. Gigabit Ethernet использует те же форматы кадров, что и предыдущие версии Ethernet, поддерживает тот же метод доступа CSMA/CD с минимальными изменениями.

# Token Ring IEEE 802.5

— «маркерное кольцо», архитектура кольцевой сети с маркерным (эстафетным) доступом.

Тип сети, в которой все компьютеры схематически объединены в кольцо. По кольцу от компьютера к компьютеру (станции сети) передается специальный блок данных, называемый **маркером** (англ. *token*). Когда какой-либо станции требуется передача данных, маркер ею модифицируется и больше не распознается другими станциями, как спецблок, пока не дойдёт до адресата. Адресат принимает данные и запускает новый маркер по кольцу. На случай потери маркера или хождения данных, адресат которых не находится, в сети присутствует машина со специальными полномочиями, умеющая удалять безадресные данные и запускать новый маркер.



# Передача маркера

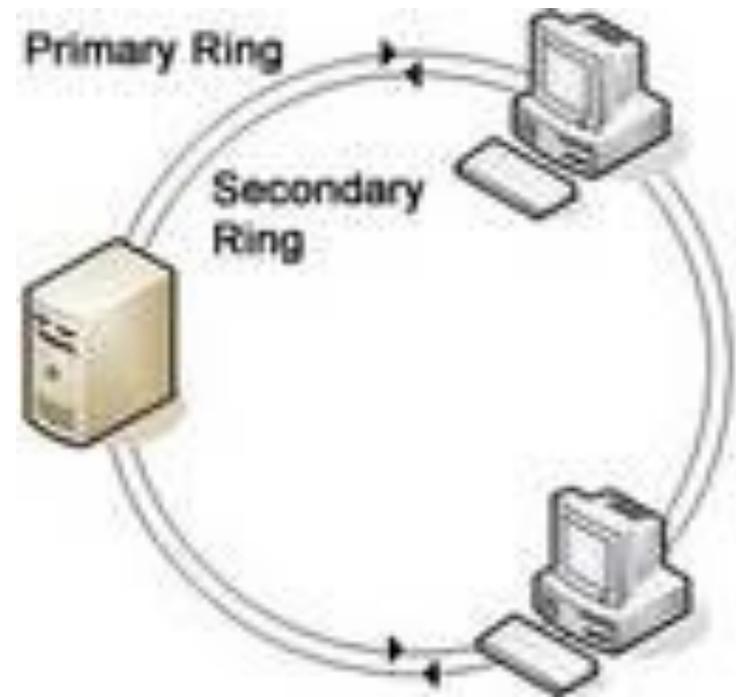
- Token Ring является главным примером сетей с передачей маркера. Сети с передачей маркера перемещают вдоль сети небольшой блок данных, называемый маркером. Владение этим маркером гарантирует право передачи. Если узел, принимающий маркер, не имеет информации для отправки, он просто переправляет маркер к следующей конечной станции. Каждая станция может удерживать маркер в течение определенного максимального времени (по умолчанию - 10 мс).
- Данная технология предлагает вариант решения проблемы коллизий, которая возникает при работе локальной сети.
- Если у станции, владеющей маркером, имеется информации для передачи, она захватывает маркер, изменяет у него один бит (в результате чего маркер превращается в последовательность «начало блока данных»), дополняет информацией, которую он хочет передать и, наконец, отправляет эту информацию к следующей станции кольцевой сети. Когда информационный блок циркулирует по кольцу, маркер в сети отсутствует, поэтому другие станции, желающие передать информацию, вынуждены ожидать. Следовательно, в сетях Token Ring не может быть коллизий

# Сравнение технологий

- По сравнению с аппаратурой Ethernet аппаратура Token-Ring оказывается заметно дороже, так как использует более сложные методы управления обменом, поэтому распространена сеть Token-Ring значительно меньше. Однако ее применение становится оправданным, когда требуются большие интенсивности обмена (например, при связи с большими компьютерами) и ограниченное время доступа.

# Сети FDDI (fiber distributed data interface)

- Одной из наиболее популярных сетей, использующих оптическое волокно, (не считая fast ethernet) является FDDI. Протокол рассчитан на физическую скорость передачи информации 100 Мбит/с и предназначен для сетей с суммарной длиной до 100км (40 км для мультимодовых волокон) при расстоянии между узлами 2 км или более. В FDDI используется схема двойного кольца. Кольцевая схема единственно возможное решение для оптического волокна (не считая схемы точка-точка). Для доступа к сети используется специальный маркер (развитие протокола IEEE 802.5 - Token Ring). Сети FDDI не имеют себе равных при построении опорных магистралей (backbone) локальных сетей, позволяя реализовать принципиально новые возможности – удаленную обработку изображений и интерактивную графику. В норме только одно кольцо активно (первичное), но при возникновении сбоя (отказ в одном из узлов) активизируется и второе кольцо, что заметно повышает надежность системы, позволяя обойти неисправный участок). К одному кольцу можно подключить до 1000 станций.

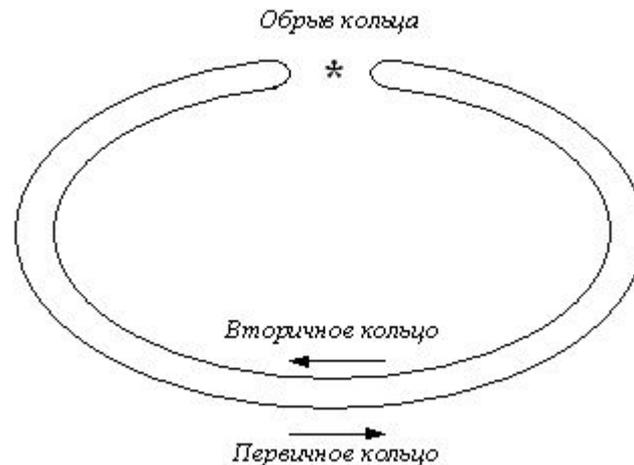


# FDDI

- **FDDI** (англ. *Fiber Distributed Data Interface* — распределённый волоконный интерфейс данных) — стандарт передачи данных в локальной сети, протянутой на расстоянии до 200 километров. Стандарт основан на протоколе Token Ring. Кроме большой территории, сеть FDDI способна поддерживать несколько тысяч пользователей.
- В качестве среды передачи данных в FDDI рекомендуется использовать оптоволоконный кабель, однако можно использовать и медный кабель, в таком случае используется сокращение CDDI (Copper Distributed Data Interface). В качестве топологии используется схема двойного кольца, при этом данные в кольцах циркулируют в разных направлениях. Одно кольцо считается основным, по нему передаётся информация в обычном состоянии; второе — вспомогательным, по нему данные передаются в случае обрыва на первом кольце. Для контроля за состоянием кольца используется сетевой маркёр, как и в технологии Token Ring.
- Поскольку такое дублирование повышает надёжность системы, данный стандарт с успехом применяется в магистральных каналах связи.

# Сети FDDI

- При обрывах оптоволоконна возможно частичное (при двух обрывах) или полное (при одном обрыве) восстановление связности сети.



# Сравнение базовых технологий локальных сетей

Характеристика	Ethernet	Token Ring	FDDI
Битовая скорость	10 Мбит/сек	16 Мбит/сек	100 Мбит/сек
Топология	Шина/звезда	Звезда/кольцо	Двойное кольцо
Максимальная длина	2500 м	4000 м	200 км
Максимальное количество узлов	1024	260	1000

# Коммутация пакетов

- Коммутация пакетов в сетях осуществляется двумя способами:
  - 1) Первый способ ориентирован на предварительное образование виртуальных каналов. Существуют два типа виртуальных каналов: коммутируемые и постоянные. Виртуальным каналом называется логическое соединение, осуществляемое по различным существующим физическим каналам, которое обеспечивает надежный двухсторонний обмен данными между двумя узлами.

Коммутируемый виртуальный канал обмена данными требует установления (устанавливается динамически), поддержания и завершения сеанса связи каждый раз при обмене данными между узлами. Постоянный виртуальный канал устанавливается вручную и не требует сеанса связи, узлы могут обмениваться данными в любой момент, так как постоянное виртуальное соединение всегда активно.

- - 2) Второй способ основан на самостоятельном продвижении пакетов в пакетных сетях без установления логических каналов. Пакеты снабжены адресом назначения, и они независимо друг от друга движутся в узлы назначения

# Маршрутизация пакетов

- Маршрутизация в глобальных сетях TCP/IP осуществляется на основе IP-протокола, т.е. основана на самостоятельном продвижении пакетов.
- Принцип маршрутизации в глобальных сетях: X.25, Frame Relay, ATM основан на предварительном образовании виртуального канала и передаче в пункт назначения пакетов, кадров или ячеек по этому каналу, т.е. одному маршруту.

# Сети X.25

- Сети X.25 являются первой сетью с коммутацией пакетов и на сегодняшний день самыми распространенными сетями с коммутацией пакетов, используемыми для построения корпоративных сетей. Сети X.25 разработаны для линий низкого качества с высоким уровнем помех (для аналоговых телефонных линий) и обеспечивают передачу данных со скоростью до 64 Кбит/с. X.25 хорошо работает на линиях связи низкого качества благодаря применению протоколов подтверждения установления соединений и коррекции ошибок на канальном и сетевом уровнях.

# сети X.25

- Достоинства сети X.25:
  - · высокая надежность, сеть с гарантированной доставкой информации;
  - · могут быть использованы как аналоговые, так и цифровые каналы передачи данных (выделенные и коммутируемые линии связи).
- Недостатки сети:
  - значительные задержки передачи пакетов, поэтому ее невозможно использовать для передачи голоса и видеоинформации.

## **ISDN (*Integrated Services Digital Network*) — цифровая сеть с интеграцией служб**

- Суть технологии ISDN, состоит в том, что различные устройства, например, телефоны, компьютеры, факсы и другие устройства, могут одновременно передавать и принимать цифровые сигналы после установления коммутируемого соединения с удаленным абонентом.

# ISDN (*Integrated Services Digital Network*) — цифровая сеть с интеграцией служб

- В стандартах ISDN определяются базовые типы каналов, из которых формируются различные пользовательские интерфейсы.

Тип	Полоса	Описание
A	—	Аналоговая телефонная линия, 4кГц.
B	64 кб/с	передача данных или 1 телефонная линия (1 поток оцифрованного звука)
C	8/16 кб/с	передача данных
D	16/64 кб/с	Канал внеканальной сигнализации (управление другими каналами)
E	64 кб/с	Внутренняя сигнализация ISDN
H0	384 кб/с	передача данных
H10	1472 кб/с	передача данных
H11	1536 кб/с	передача данных
H12	1920 кб/с	передача данных

В большинстве случаев применяются каналы типов *B* и *D*.

# Сети Frame Relay

- Сеть Frame Relay является сетью с коммутацией кадров или сетью с ретрансляцией кадров, ориентированной на использование цифровых линий связи. Первоначально технология Frame Relay была стандартизирована как служба в сетях ISDN со скоростью передачи данных до 2 Мбит/с. В дальнейшем эта технология получила самостоятельное развитие. Frame Relay поддерживает физический и канальный уровни OSI. Технология Frame Relay использует для передачи данных технику виртуальных соединений (коммутируемых и постоянных).

Каждый кадр канального уровня содержит заголовок, содержащий номер логического соединения, который используется для маршрутизации и коммутации трафика. Frame Relay - осуществляет мультиплексирование в одном канале связи нескольких потоков данных. Кадры при передаче через коммутатор не подвергаются преобразованиям, поэтому сеть получила название ретрансляции кадров. Таким образом, сеть коммутирует кадры, а не пакеты. Скорость передачи данных до 44 Мбит/с, но без гарантии целостности данных и достоверности их доставки.

# Сети Frame Relay

- Процесс передачи данных через коммутируемые виртуальные каналы осуществляется следующим образом:  
установление вызова - образуется коммутируемый логический канал между двумя DTE;  
передача данных по установленному логическому каналу;  
режим ожидания, когда коммутируемая виртуальная цепь установлена, но обмен данными не происходит  
завершение вызова - используется для завершения сеанса, осуществляется разрыв конкретного виртуального соединения.

# Сети Frame Relay

- Технология Frame Relay начинает занимать в территориальных сетях с коммутацией пакетов ту же нишу, которую заняла в локальных сетях технология Ethernet. Их роднит то, что они предоставляют базовые транспортные услуги, доставляя кадры в узел назначения без гарантий, дейтаграммным способом. Поэтому сети Frame Relay следует применять только при наличии на магистральных каналах волоконно – оптических кабелей высокого качества.

# ATM (Asynchronous Transfer Mode)

- Гетерогенность – неотъемлимое качество любой крупной сети и на согласование разнородных компонентов системные администраторы тратят большую часть своего времени. Поэтому любое средство, сулящее перспективу снижения неоднородности сети, привлекает пристальный интерес. Технология асинхронного режима передачи (ATM) разработана как единый универсальный транспорт для нового поколения сетей с интеграцией услуг.

# ATM (Asynchronous Transfer Mode)

- Технология асинхронного режима передачи (Asynchronous Transfer Mode, ATM) - технология передачи данных является одной из перспективных технологий построения высокоскоростных сетей (от локальных до глобальных).
- Технология ATM разрабатывалась для передачи всех видов трафика, т.е. передачи разнородного трафика (цифровых, голосовых и мультимедийных данных) по одним и тем же системам и линиям связи. Скорость передачи данных в магистралях ATM составляет 155 Мбит/с - 2200 Мбит/с.

ATM поддерживает физический и канальный уровни OSI. Технология ATM использует для передачи данных технику виртуальных соединений (коммутируемых и постоянных).

- В технологии ATM информация передается в ячейках (cell) фиксированного размера в 53 байта, из них 48 байт предназначены для данных, а 5 байт - для служебной информации (для заголовка ячейки ATM). Ячейки не содержат адресной информации и контрольной суммы данных, что ускоряет их обработку и коммутацию.

# Персональные сети и технология Blue Tooth

- Персональные сети (Personal Area Networks, PAN) предназначены для взаимодействия устройств, принадлежащих одному владельцу на небольшом расстоянии, обычно в радиусе 10 метров.
- В пикосеть могут входить до 255 устройств, но только 8 из них могут в каждый момент времени быть активными и обмениваться данными. Одно из устройств является главным, а остальные подчиненными. Активное подчиненное устройство может обмениваться данными только с главным устройством.
- Пропускная способность сети не превышает 777 Кбит/сек. Пропускная способность сети делится главным устройством между семью подчиненными на основе технологии TDM.
- Для сетей Blue Tooth был разработан специальный (упрощенный) стек протоколов