

Лекции №15-16

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ. СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ. ЭТАЛОННАЯ МОДЕЛЬ ISO/OSI. КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

1. Разновидности сетей

Коммуникационная сеть – система, состоящая из объектов, осуществляющих функции генерации, преобразования, хранения и потребления продукта, называемых пунктами (узлами) сети, и линий передачи (связей, коммуникаций, соединений), осуществляющих передачу продукта между пунктами.

Отличительная особенность коммуникационной сети – большие расстояния между пунктами по сравнению с геометрическими размерами участков пространства, занимаемых пунктами. В качестве продукта могут фигурировать информация, энергия, масса, и соответственно различают группы сетей информационных, энергетических, вещественных. В группах сетей возможно разделение на подгруппы. Так, среди вещественных сетей могут быть выделены сети транспортные, водопроводные, производственные и др. При функциональном проектировании сетей решаются задачи синтеза топологии, распределения продукта по узлам сети, а при конструкторском проектировании выполняются размещение пунктов в пространстве и проведение (трассировка) соединений.

Информационная сеть – коммуникационная сеть, в которой продуктом генерирования, переработки, хранения и использования является информация.

Вычислительная сеть – информационная сеть, в состав которой входит вычислительное оборудование. Компонентами вычислительной сети могут быть ЭВМ и периферийные устройства, являющиеся источниками и приемниками данных, передаваемых по сети.

2. Классификация сетей.

Вычислительные сети классифицируются по ряду признаков.

2.1. В зависимости от расстояний между связываемыми узлами различают вычислительные сети:

территориальные – охватывающие значительное географическое пространство; среди территориальных сетей можно выделить сети региональные и глобальные, имеющие соответственно региональные или глобальные масштабы; региональные сети иногда называют сетями MAN (Metropolitan Area Network), а общее англоязычное название для территориальных сетей – WAN (Wide Area Network);

локальные (ЛВС) – охватывающие ограниченную территорию (обычно в пределах удаленности станций не более чем на несколько десятков или сотен метров друг от друга, реже на 1...2 км); локальные сети обозначают LAN (Local Area Network);

корпоративные (масштаба предприятия) – совокупность связанных между собой ЛВС, охватывающих территорию, на которой размещено одно предприятие или учреждение в одном или нескольких близко расположенных зданиях. Локальные и корпоративные вычислительные сети – основной вид вычислительных сетей, используемых в системах автоматизированного проектирования (САПР).

Особо выделяют единственную в своем роде глобальную сеть Internet это сеть сетей со своей технологией. В Internet существует понятие *интрасетей (Intranet)* – корпоративных сетей в рамках Internet.

Различают интегрированные сети, неинтегрированные сети и подсети. *Интегрированная вычислительная сеть (интерсеть)* представляет собой взаимосвязанную совокупность многих вычислительных сетей, которые в интерсети называются подсетями.

В автоматизированных системах крупных предприятий подсети включают вычислительные средства отдельных проектных подразделений. Интерсети нужны для объединения таких подсетей, а также для объединения технических средств автоматизированных систем проектирования и производства в единую систему комплексной автоматизации (СІМ – Computer Integrated Manufacturing). Обычно интерсети приспособлены для различных видов связи: телефонии, электронной почты, передачи видеоинформации, цифровых данных и т.п., и в этом случае они называются *сетями интегрального обслуживания*.

2.2. В зависимости от способа управления различают сети:

- *"клиент/сервер"* – в них выделяется один или несколько узлов (их название – серверы), выполняющих в сети управляющие или специальные обслуживающие функции, а остальные узлы (клиенты) являются терминальными, в них работают пользователи. Сети клиент/сервер различаются по характеру распределения функций между серверами, другими словами по типам серверов (например, файл-серверы, серверы баз данных). При специализации серверов по определенным приложениям имеем *сеть распределенных вычислений*. Такие сети отличают также от централизованных систем, построенных на мейнфреймах;
- *одноранговые* – в них все узлы равноправны; поскольку в общем случае под *клиентом* понимается объект (устройство или программа), запрашивающий некоторые услуги, а под *сервером* – объект, предоставляющий эти услуги, то каждый узел в одноранговых сетях может выполнять функции и клиента, и сервера.

2.3. В зависимости от того, одинаковые или неодинаковые ЭВМ применяют в сети, различают сети однотипных ЭВМ, называемые *однородными*, и разнотипных ЭВМ – *неоднородные (гетерогенные)*. В крупных автоматизированных системах, как правило, сети оказываются неоднородными.

2.4. В зависимости от прав собственности на сети последние могут быть *сетями общего пользования* (public) или *частными* (private). Среди сетей общего пользования выделяют телефонные сети ТфОП (PSTN – Public Switched Telephone Network) и сети передачи данных (PSDN- Public Switched Data Network).

Сети также различают в зависимости от используемых в них протоколов и по способам коммутации

3. Структура функционирования сетей

Современные сети построены по многоуровневому принципу. Чтобы организовать связь двух компьютеров, необходимо создать свод правил их взаимодействия – *протокол*.

Протокол – формализованные правила взаимодействия двух компьютеров, которые могут быть описаны в виде набора процедур, определяющие последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются сетевые компоненты, лежащие на одном уровне, но в разных узлах.

При организации взаимодействия используются два основных типа протоколов:

- 1) с установлением соединения (connection oriented network service, CONS) – перед обменом данными отправитель и получатель должны сначала установить логическое соединение, т.е. договориться о параметрах процедуры обмена, а после завершения диалога – разорвать соединение. Пример – телефонный звонок.
- 2) без предварительного установления соединения (connectionless network service, CLNS). Такие протоколы называют дейтаграммными. Отправитель просто передает сообщение, когда оно готово. Пример – опускание письма в почтовый ящик.

Для работы сетей необходимо множество различных протоколов: для управления физической связью, установления связи по сети, доступ к различным ресурсам и др. Многоуровневая структура позволяет упростить и упорядочить множество протоколов и отношений.

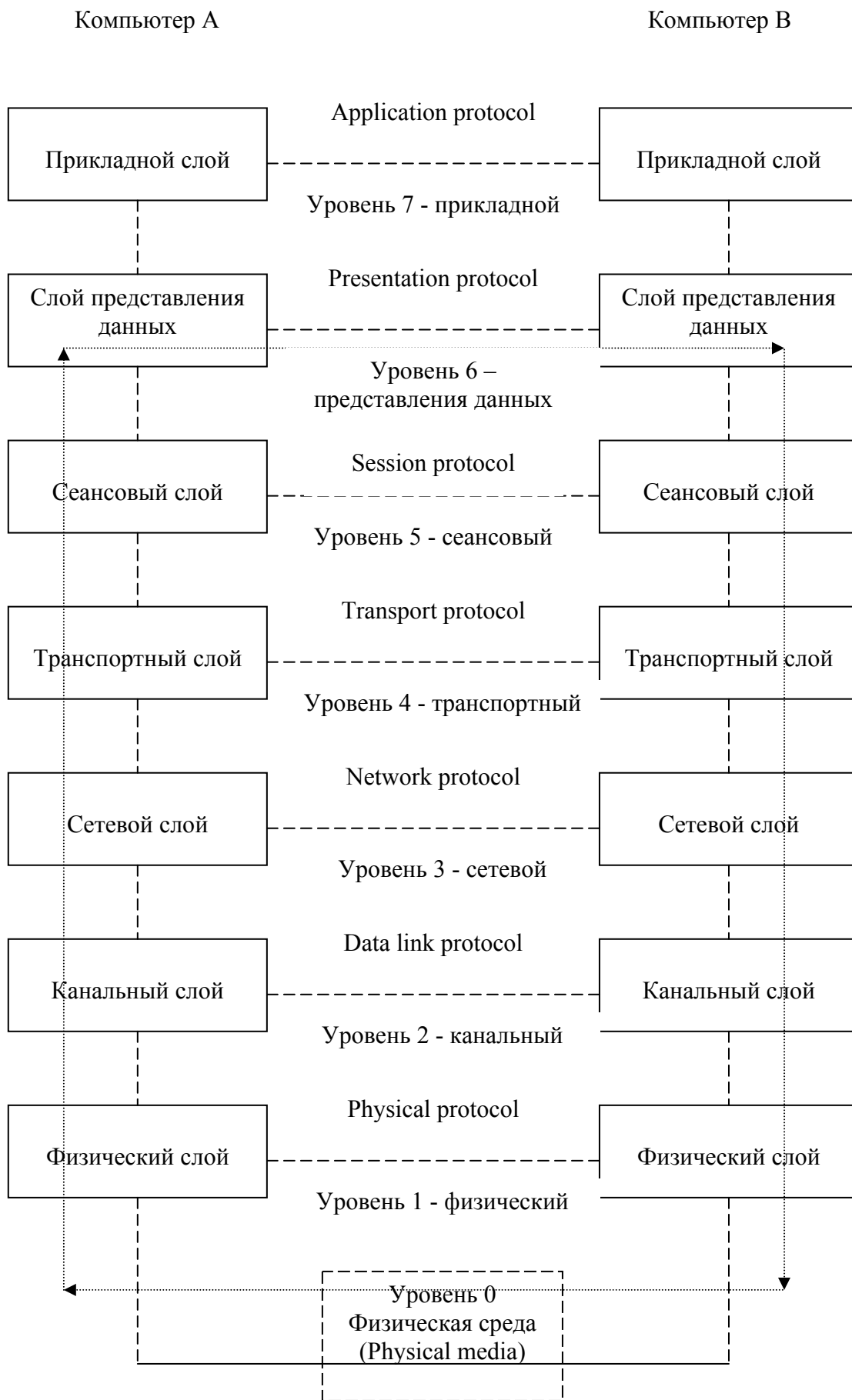
Общепринятой является семиуровневая коммуникационная модель OSI (Open System Interconnection), предложенная международной организацией стандартов ISO (International Organization of Standardization) в начале 80х годов – «эталонная модель ISO/OSI». Она позволяет составлять сетевые системы из модулей программного обеспечения, выпущенных различными производителями.

Взаимодействие уровней в этой модели – субординарное. Каждый уровень может реально взаимодействовать только с соседними уровнями (верхним и нижним), виртуально – только с аналогичным уровнем на конце

линии. Реальное взаимодействие – непосредственная передача информации, при которой данные остаются неизменными. Виртуальное взаимодействие – опосредованное взаимодействие и передача данных, причем данные в процессе передачи могут видоизменяться.

Физическая связь реально имеет место только на самом нижнем уровне. Горизонтальные связи между всеми остальными уровнями являются виртуальными, реально они осуществляются передачей информации сначала вниз, последовательно до самого нижнего уровня, где происходит реальная передача, а потом на другом конце – обратная передача вверх последовательно до соответствующего уровня.

Модель ISO/OSI предусматривает сильную стандартизацию вертикальных межуровневых взаимодействий. Такая стандартизация обеспечивает совместимость продуктов, работающих по стандарту какого-либо уровня, с продуктами, работающими по стандартам соседних уровней.



Уровень 0 – физическая среда передачи сигнала (кабели, радиолинии). Это уровень ничего не описывает, только указывает на среду.

Уровень 1 – физический. Включает физические аспекты передачи двоичной информации по линиям связи (напряжение, частота, природа физической среды). Выполняет поддержание связи и прием-передачу битового потока.

Уровень 2 – канальный. Обеспечивает передачу блоков данных – кадров – через уровень 1. Он определяет начало и конец кадра в битовом потоке, формирует из данных, передаваемых 1 уровнем, кадры и последовательности, проверяет ошибки и выполняет их исправление. Это уровень оперирует с битовыми последовательностями, методами кодирования, маркерами. Выполняет передачу данных и обеспечивает ее правильность на участках сети, непосредственно связанных между собой – отдельными ПК. Разделяется на два подуровня: MAC (Medium Access Control) – управление доступом к среде и LLC (Logical Link Control) – управление логической связью.

Уровень 3 – сетевой. Обеспечивает связь двух любых точек в сети.

Сообщения сетевого уровня принято называть пакетами (packets). При организации доставки пакетов на сетевом уровне используется понятие "номер сети". В этом случае адрес получателя состоит из номера сети и номера компьютера в этой сети.

Основной функцией программного обеспечения на этом уровне является выборка информации из источника, преобразование ее в пакеты и передача в точку назначения, т.е. адресация и маршрутизация пакетов.

Сети соединяются между собой специальными устройствами, называемым маршрутизаторами. *Маршрутизатор* – это устройство, которое собирает информацию о топологии межсетевых соединений и на ее основании пересылает пакеты сетевого уровня в сеть назначения. Для того, чтобы передать сообщение от отправителя", находящегося в одной сети, получателю, находящемуся в другой сети, нужно совершить некоторое количество транзитных передач (hops) между сетями, каждый раз выбирая подходящий маршрут. Таким образом, *маршрут* представляет собой последовательность маршрутизаторов, через которые проходит пакет.

Проблема выбора наилучшего пути называется маршрутизацией и ее решение является главной задачей сетевого уровня. Эта проблема осложняется тем, что самый короткий путь не всегда самый лучший. Часто критерием при выборе маршрута является *время передачи данных* по этому маршруту, оно зависит от *пропускной способности* каналов связи и *интенсивности трафика*, которая может изменяться с течением времени и. Некоторые алгоритмы маршрутизации пытаются приспособиться к изменению нагрузки, в то время, как другие принимают решения на основе средних показателей за длительное время. Выбор маршрута может осуществляться и по другим критериям, например, надежности передачи.

Существует два способа работы сетевого уровня:

- метод виртуальных каналов. Канал связи устанавливается при вызове по нему передается информация, по окончании канал закрывается (уничтожается). Пакеты данных не включают адрес пункта назначения, т.к. он определяется во время установления связи.

- метод дейтаграмм. Дейтаграмма (datagram) – пакет, передаваемый через сеть, независимо от других пакетов без установления логического соединения и подтверждения приема. Дейтаграмма содержит всю необходимую для ее передачи информацию, ее передача происходит без предварительной подготовки, она не содержит в себе средств обнаружения и исправления ошибок передачи.

Первый метод предоставляет следующему уровню канал, свободный от искажений и ошибок, второй требует от следующего уровня проверки ошибок и доставки адресату.

Уровень 4 – транспортный. Завершает организацию передачи данных: контролирует поток данных, проходящих по маршруту, определенному 3 уровнем, правильность передачи блоков данных, правильность доставки, сохранность и порядок следования. Собирает информацию из блоков в прежний вид или оперирует с дейтаграммами. Предусмотрено пять классов качества транспортировки и соответствующие процедуры управления. Включает развитую схему адресации для обеспечения связи через множество сетей и шлюзов.

Уровень 5 – сеансовый. Координирует взаимодействия связывающихся пользователей и приложений на их компьютерах: устанавливает связь, оперирует с ней, восстанавливает аварийно оконченные сеансы. Ответственен за картографию сети – преобразовывает доменные имена в числовые адреса и наоборот. Управляет сеансами связи между процессами прикладного уровня.

Уровень 6 – уровень представления данных. Преобразовывает форматы передаваемой информации из формата, который используют приложения, в промежуточный формат. Например, перекодировка текстовой информации и изображений, сжатие и распаковка, поддержка сетевых файловых систем, абстрактных структур данных и др.

Уровень 7 – прикладной. Обеспечивает интерфейс между пользователем и сетью, доступ приложений к сетевому сервису. Реализуется пять прикладных служб: передача файлов, удаленный терминальный доступ, электронная передача сообщений, служба справочника и управление сетью.

Т.о. компьютерная сеть – совокупность компьютеров, соединенных между собой в соответствии с одной из стандартных типовых топологий и использующих для передачи данных один из протоколов канального уровня, определенный для этой топологии.

Каналы передачи данных

1. Основные определения. **Среда передачи данных** – совокупность линий передачи данных и блоков взаимодействия (т.е. сетевого оборудования, не входящего в станции данных), предназначенных для передачи данных между станциями данных. Среды передачи данных могут быть общего пользования или выделенными для конкретного пользователя.

Линия передачи данных – средства, которые используются в информационных сетях для распространения сигналов в нужном направлении. Примерами линий передачи данных являются коаксиальный кабель, витая пара проводов, световод.

Характеристиками линий передачи данных являются:

- зависимости затухания сигнала от частоты и расстояния. Затухание принято оценивать в децибеллах, $1 \text{ дБ} = 10 \cdot \lg(P1/P2)$, где $P1$ и $P2$ – мощности сигнала на входе и выходе линии соответственно.

- При заданной длине можно говорить о полосе пропускания (полосе частот) линии.

- Полоса пропускания связана со скоростью передачи информации. Различают бодовую (модуляционную) и информационную скорости. Бодовая скорость измеряется в бодах, т.е. числом изменений дискретного сигнала в единицу времени, а информационная – числом битов информации, переданных в единицу времени. Именно бодовая скорость определяется полосой пропускания линии.

Если на бодовом интервале (между соседними изменениями сигнала) передается N бит, то число градаций модулируемого параметра несущей равно 2^N . Например, при числе градаций 16 и скорости 1200 бод одному боду соответствует 4 бит/с и информационная скорость составит 4800 бит/с.

Максимально возможная информационная скорость V связана с полосой пропускания F канала связи формулой Хартли-Шеннона (предполагается, что одно изменение величины сигнала приходится на $\log_2 k$ бит, где k – число возможных дискретных значений сигнала)

$$V = 2 \cdot F \cdot \log_2 k \text{ бит/с,}$$

так как $V = \log_2 k / t$, где t – длительность переходных процессов, приблизительно равная $3 \cdot T_B$, а $T_B = 1 / (2 \cdot p \cdot F)$, Здесь $k \approx 1 + A$, A – отношение сигнал/помеха.

Канал (канал связи) – средства односторонней передачи данных. Примером канала может быть полоса частот, выделенная одному передатчику при радиосвязи. В некоторой линии можно образовать несколько каналов связи, по каждому из которых передается своя информация. При этом говорят, что линия разделяется между несколькими каналами. Существуют два метода разделения линии передачи данных: временное мультиплексирование (иначе разделение по времени или TDM), при котором каждому каналу выделяется некоторый квант времени, и частотное разделение (FDM – Frequency Division Method), при котором каналу выделяется некоторая полоса частот.

Канал передачи данных – средства двустороннего обмена данными, включающие АКД и линию передачи данных.

По природе физической среды передачи данных (ПД) различают каналы передачи данных на оптических линиях связи, электрических (проводных) линиях связи и беспроводные. В свою очередь, проводные каналы могут быть представлены коаксиальными кабелями и витыми парами, а беспроводные – радио- и инфракрасными каналами.

В зависимости от способа представления информации электрическими сигналами различают аналоговые и цифровые каналы передачи данных. В аналоговых каналах для согласования параметров среды и сигналов применяют амплитудную, частотную, фазовую и квадратурно-амплитудную модуляции. В цифровых каналах для передачи данных используют самосинхронизирующиеся коды, а для передачи аналоговых сигналов – кодово-импульсную модуляцию.

Первые сети ПД были аналоговыми, поскольку использовали распространенные телефонные технологии. Но в дальнейшем устойчиво растет доля цифровых коммуникаций (это каналы типа E1/T1, ISDN, сети Frame Relay, выделенные цифровые линии и др.)

В зависимости от направления передачи различают каналы симплексные (односторонняя передача), дуплексные (возможность одновременной передачи в обоих направлениях) и полудуплексные (возможность попеременной передачи в двух направлениях).

В зависимости от числа каналов связи в аппаратуре ПД различают одно- и многоканальные средства ПД. В локальных вычислительных сетях и в цифровых каналах передачи данных обычно используют временное мультиплексирование, в аналоговых каналах – частотное разделение.

Если канал ПД монопольно используется одной организацией, то такой канал называют выделенным, в противном случае канал является разделяемым или виртуальным (общего пользования).

К передаче информации имеют прямое отношение телефонные сети, вычислительные сети передачи данных, спутниковые системы связи, системы сотовой радиосвязи.

2. Проводные линии связи. В вычислительных сетях проводные линии связи представлены коаксиальными кабелями и витыми парами проводов.

Используются коаксиальные кабели: "толстый" диаметром 12,5 мм и "тонкий" диаметром 6,25 мм. "Толстый" кабель имеет меньшее затухание, лучшую помехозащищенность, что обеспечивает возможность работы на больших расстояниях, но он плохо гнется, что затрудняет прокладку соединений в помещениях, и дороже "тонкого".

Существуют экранированные (STP – Shielded Twist Pair) и неэкранированные (UTP – Unshielded Twist Pair) витые пары проводов. Экранированные пары сравнительно дороги. Неэкранированные витые пары имеют несколько категорий (типов). Обычный телефонный кабель – пара

категории 1. Пара категории 2 может использоваться в сетях с пропускной способностью до 4 Мбит/с. Для сетей Ethernet (точнее, для ее варианта с названием 10Base-T) разработана пара категории 3, а для сетей Token Ring – пара категории 4. Наиболее совершенной является витая пара категории 5, которая применима при частотах до 100 МГц. В паре категории 5 проводник представлен медными жилами диаметром 0,51 мм, навитыми по определенной технологии и заключенными в термостойкую изолирующую оболочку. В высокоскоростных ЛВС на УТР длины соединений обычно не превышают 100 м. Затухание на 100 МГц и при длине 100 м составляет около 24 дБ, при 10 МГц и 100 м – около 7 дБ.

Витые пары иногда называют сбалансированной линией в том смысле, что в двух проводах линии передаются одни и те же уровни сигнала (по отношению к земле), но разной полярности. При приеме воспринимается разность сигналов, называемая парафазным сигналом. Синфазные помехи при этом самокомпенсируются.

3. Аналоговые каналы передачи данных. Типичным и наиболее распространенным типом аналоговых каналов являются телефонные каналы общего пользования (каналы тональной частоты). В каналах тональной частоты полоса пропускания составляет 0,3...3,4 кГц, что соответствует спектру человеческой речи.

Для передачи дискретной информации по каналам тональной частоты необходимы устройства преобразования сигналов, согласующие характеристики дискретных сигналов и аналоговых линий. Кроме того, в случае непосредственной передачи двоичных сигналов по телефонному каналу с полосой пропускания 0,3...3,4 кГц скорость передачи не превысит 3 кбит/с. Действительно, пусть на передачу одного бита требуются два перепада напряжения, а длительность одного перепада $T_B = (3...4)/(6,28*F_B)$, где F_B – верхняя частота полосы пропускания. Тогда скорость передачи есть $V < 1/(2*T_B)$.

Согласование параметров сигналов и среды при использовании аналоговых каналов осуществляется с помощью воплощения сигнала, выражающего передаваемое сообщение, в некотором процессе, называемом переносчиком и приспособленном к реализации в данной среде. Переносчик в системах связи представлен электромагнитными колебаниями U некоторой частоты, называемой несущей частотой:

$$U = U_m * \sin(v * t + y),$$

где U_m – амплитуда, v – частота, y – фаза колебаний несущей. Изменение параметров несущей (переносчика) по закону передаваемого сообщения называется модуляцией.

Если это изменение относится к амплитуде U_m , то модуляцию называют амплитудной (АМ), если к частоте v – частотной (ЧМ), и если к фазе y – фазовой (ФМ). При приеме сообщения предусматривается обратная

процедура извлечения полезного сигнала из переносчика, называемая демодуляцией. Модуляция и демодуляция выполняются в устройстве, называемом модемом.

4. Модемы. Модем – устройство преобразования кодов и представляющих их электрических сигналов при взаимодействии аппаратуры окончания канала данных и линий связи. Слово "модем" образовано из частей слов "модуляция" и "демодуляция", что подчеркивает способы согласования параметров сигналов и линий связи – сигнал, подаваемый в линию связи, модулируется, а при приеме данных из линии сигналы подвергаются обратному преобразованию (рис. 1).

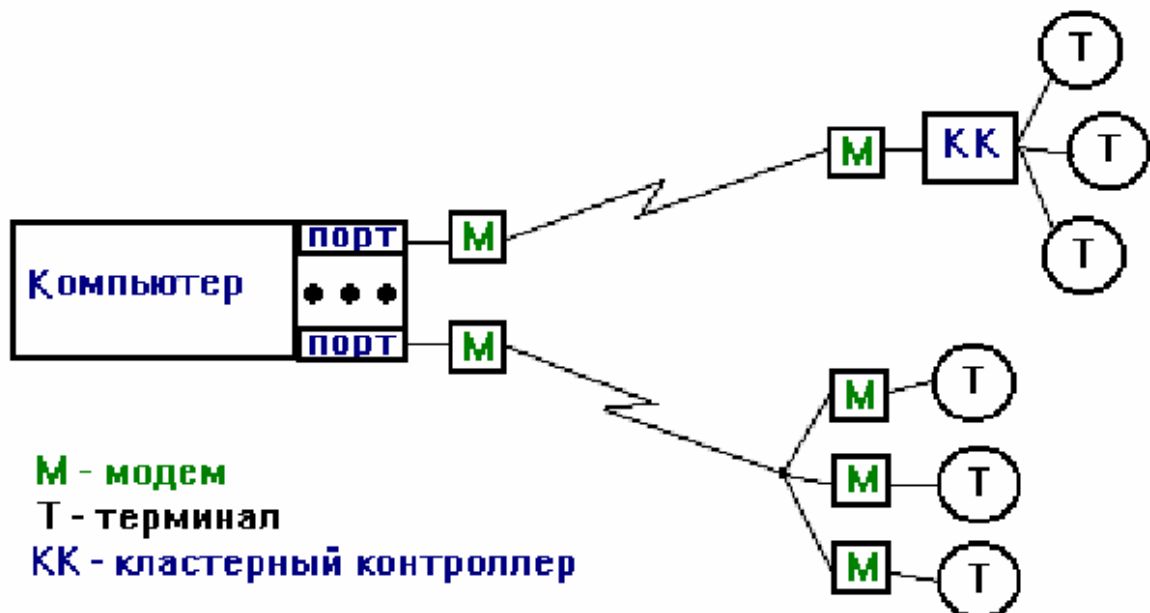


Рис. 1. Связь узлов сети с помощью модемов

Модем выполняет функции аппаратуры окончания канала данных. В качестве окончного оборудования обычно выступает компьютер, в котором имеется приемопередатчик – микросхема UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter).

Приемопередатчик подключается к модему через один из последовательных портов компьютера и последовательный интерфейс RS-232С, в котором обеспечивается скорость не ниже 9,6 кбит/с на расстоянии до 15 м.

Более высокая скорость (до 1000 кбит/с на расстояниях до 100 м) обеспечивается интерфейсом RS-422, в котором используются две витые пары проводов с согласующими сопротивлениями на концах, образующие сбалансированную линию.

Протоколы физического уровня для модемной связи. Протоколы физического уровня определяют в телекоммуникационных технологиях способ модуляции, направленность передачи (дуплекс, симплекс, полудуплекс), ориентированность на выделенный или коммутируемый канал. Возможно отражение в протоколах и некоторых других характеристик передачи, например способа исправления ошибок и/или сжатия информации.

Краткие сведения о некоторых протоколах (двухпроводных на основе RS-232C) подытожены ниже (указаны имя протокола, способ модуляции, скорость в килобитах в секунду и возможно другие особенности).

- V.21_ЧМ_0.3_ для "1" используются частоты 980 и 1650 Гц, для "0" – 1180 и 1850 Гц.
- V.22_ФМ_1,2_ частотное разделение прямого и обратного каналов, несущие частоты 1200 и 2400 Гц; четыре значения фазы.
- V.22bis_QAM дуплекс_2,4_ частотное разделение каналов; QAM четырех и 16-позиционная; модуляционная скорость 600 бод; основной протокол для среднескоростных модемов.
- V/29_QAM_9,6_QAM 16-позиционная, дуплекс при выделенных каналах (четырёхпроводная) или полудуплекс при коммутируемых каналах (двухпроводная).
- V.32_QAM_9,6_QAM 16-позиционная, выделенные или коммутируемые каналы.
- V.32bis_QAM_14,4_QAM 128-позиционная.
- V.32ter_QAM_19,2_QAM, дуплекс, выделенные или коммутируемые каналы.
- V.34_QAM_28,8_QAM 256-позиционная, дуплекс. Перечисленные протоколы предназначены для работы в телефонных аналоговых сетях с коммутацией каналов. Они опираются на двухпроводные линии связи и начиная с V.29 используют эхо-компенсацию. На выделенных телефонных линиях с интенсивным трафиком часто применяют четырехпроводные линии для дуплексной и двухпроводные для полудуплексной связи (протоколы V.23, V.26, V.27, V.29).

В высокоскоростных выделенных каналах можно использовать аналоговые протоколы V.35, V.36, V.37, рассчитанные соответственно на скорости 48, 72, 168 кбит/с.

Протоколы канального уровня для модемной связи. Центральное место среди канальных протоколов телекоммуникаций занимают протоколы передачи файлов по телефонным каналам. Функции канальных протоколов: управление потоком данных, координация работы передатчика с приемником. Различают протоколы по способам обнаружения и исправления ошибок, по реакции на возникновение ошибок (старт-стопные и конвейерные), по способам защиты от несанкционированного доступа.

Старт-стопный протокол характеризуется тем, что, прежде чем посылать новый кадр информации, передатчик ждет подтверждения о правильном получении приемником предыдущего кадра, в конвейерных протоколах такое подтверждение может быть получено после передачи

нескольких кадров. В последнем случае меньше задержки на ожидание подтверждений (квитанций), но больше затраты на повторную пересылку в случае ошибок.

5. Цифровые каналы передачи данных. Различают несколько технологий связи, основанных на цифровых каналах передачи данных.

Связь ООД с АКД (например, компьютера с модемом или низкоскоростными периферийными устройствами) чаще всего осуществляется при помощи последовательных интерфейсов RS-232C, RS-422 (их аналогами в системе стандартов

ITU являются V.24, V.11), а связь ООД с цифровыми сетями передачи данных – при помощи интерфейсов X.21, X.35, G.703.

В современных сетях важное значение имеет передача как данных, представляемых дискретными сигналами, так и аналоговой информации (например, голос и видеоизображения первоначально имеют аналоговую форму). Поэтому для многих применений современные сети должны быть сетями интегрального обслуживания.

Наиболее перспективными сетями интегрального обслуживания являются сети с цифровыми каналами передачи данных, например, сети ISDN.

Сети ISDN могут быть коммутируемыми и некоммутируемыми. Различают обычные ISDN со скоростями от 56 кбит/с до 1,54 Мбит/с и широкополосные ISDN (Broadband ISDN, или B-ISDN) со скоростями 155... 2048 Мбит/с. Более перспективны B-ISDN, в настоящее время технология B-ISDN активно осваивается.

Применяют два варианта обычных сетей ISDN – базовый и специальный. В базовом варианте имеются два канала по 64 кбит/с (эти каналы называют В каналами) и один служебный канал с 16 кбит/с (D канал). В специальном варианте – 23 канала В по 64 кбит/с и один или два служебных канала D по 16 кбит/с. Каналы В могут использоваться как для передачи закодированной голосовой информации (коммутация каналов), так и для передачи пакетов. Служебные каналы используются для сигнализации – передачи команд, в частности, для вызова соединения. Применяют специальные сигнальные системы, устанавливающие перечень и форматы команд. В настоящее время основной сигнальной системой становится система SS7 (Signaling System-7).

Схема ISDN показана на рис. 2. Здесь S-соединение – 4-проводная витая пара. Если оконечное оборудование не имеет интерфейса ISDN, то оно подключается к S через специальный адаптер ТА. Устройство NT2 объединяет S-линии в одну T-шину, которая имеет два провода от передатчика и два – к приемнику. Устройство NT1 реализует схему эхо-компенсации и служит для интерфейса T-шины с обычной телефонной двухпроводной абонентской линией U.

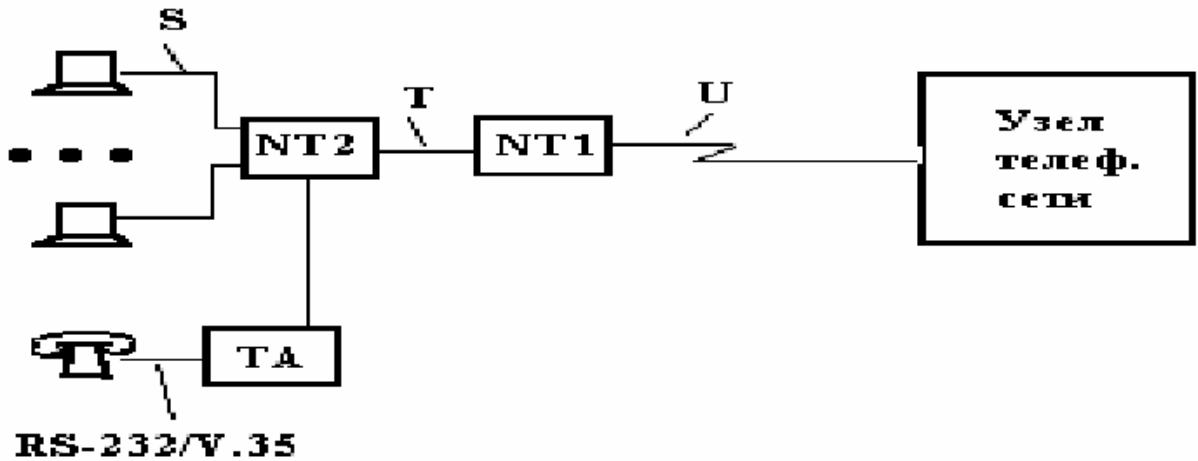


Рис. 2. Схема ISDN

6. Беспроводные каналы связи. В беспроводных каналах передача информации осуществляется на основе распространения радиоволн. В табл. 1 приведены сведения о диапазонах электромагнитных колебаний, используемых в беспроводных и оптических каналах связи.

Таблица 1

Диапазон	Длины волн, м	Частоты, ГГц	Применение
Дециметровый	1..0,1	0,3..3	Сотовые радиотелефоны, ТВ, спутниковая связь, РК в ЛВС*
Сантиметровый	0,1..0,01	3..30	Радиорелейные линии, РК в ЛВС, спутниковая связь
Миллиметровый	0,01..0,001	30..300	РК в ЛВС
Инфракрасный	0,001..7,5*10 ⁻⁷	3*10 ² ..4*10 ⁵	ВОЛС, WDM**
Видимый свет	(7,5...4,0)*10 ⁻⁷	(4,0...7,5)*10 ⁵	
*) РК в ЛВС - радиоканалы в локальных сетях и системах связи;			
**) WDM - мультиплексирование с разделением каналов по длинам волн.			

Чем выше рабочая частота, тем больше емкость (число каналов) системы связи, но тем меньше предельные расстояния, на которых возможна прямая передача между двумя пунктами без ретрансляторов. Первая из причин и порождает тенденцию к освоению новых более высокочастотных диапазонов.

Радиоканалы входят необходимой составной частью в спутниковые и радиорелейные системы связи, применяемые в территориальных сетях, в сотовые системы мобильной связи, они используются в качестве альтернативы кабельным системам в локальных сетях и при объединении сетей отдельных офисов и предприятий в корпоративные сети. Во многих

случаях применение радиоканалов оказывается более дешевым решением по сравнению с другими вариантами.

Радиосвязь используется в корпоративных и локальных сетях, если затруднена прокладка других каналов связи. Радиоканал либо выполняет роль моста между подсетями (двухточечное соединение), либо является общей средой передачи данных в ЛВС, либо служит соединением между центральным и терминальными узлами в сети с централизованным управлением.

В первом случае (связь двух сетей) имеем двухточечное соединение с направленными антеннами, дальность в пределах прямой видимости (обычно до 15-20 км с расположением антенн на крышах зданий). Мост имеет два адаптера: один для формирования сигналов для радиоканала, другой – для кабельной подсети.

В случае использования радиоканала в качестве общей среды передачи данных в ЛВС сеть называют RadioEthernet (стандарт IEEE 802.11), она обычно используется внутри зданий. В состав аппаратуры входят приемопередатчики и антенны. Связь осуществляется на частотах от одного до нескольких гигагерц. Расстояния между узлами – несколько десятков метров.

В варианте использования радиоканалов для связи центрального и периферийного узлов центральный пункт имеет ненаправленную антенну, а терминальные пункты при этом используют направленные антенны. Дальность связи составляет также десятки метров, а вне помещений – сотни метров. Пример многоточечной системы:

ненаправленная антенна по горизонтали, угол 30 градусов по вертикали, 5,8 ГГц – к терминалам, 2,4 ГГц – к центральному узлу, до 62 терминалов, дальность – 80 м без прямой видимости. В системе RoomAbout связь на частоте 920 МГц гарантируется на расстоянии в 120 метров, предусмотрена защита от перехвата информации.

В условиях высоких уровней электромагнитных помех иногда используют инфракрасные каналы связи. В последнее время их стали применять не только в цехах, но и в офисах, где лучи можно направлять над перегородками помещения.

В оборудование беспроводных каналов ПД входят: Сетевые адаптеры и радиомодемы, поставляемые вместе с комнатными антеннами и драйверами. Различаются способами обработки сигналов, характеризуются частотой передачи, пропускной способностью, дальностью связи.

1. Радиомосты используются для объединения между собой кабельных сегментов и отдельных ЛВС в пределах прямой видимости и для организации магистральных каналов в опорных сетях, выполняют ретрансляцию и фильтрацию пакетов. Например, мост ARLAN 640 (Aironet) взаимодействует с сетями Ethernet, обеспечивает 2 Мбит/с

2. Направленные и ненаправленные антенны, антенные усилители, и вспомогательное оборудование типа кабелей, полосовых фильтров, грозозащитников и т.п.

7. Спутниковые каналы передачи данных. Спутники в системах связи могут находиться на геостационарных (высота 36 тысяч км) или низких орбитах. При геостационарных орбитах заметны задержки на прохождение сигналов (туда и обратно около 520 мс). Возможно покрытие поверхности всего земного шара с помощью четырех спутников. В низкоорбитальных системах обслуживание конкретного пользователя происходит попеременно разными спутниками. Чем ниже орбита, тем меньше площадь покрытия и, следовательно, нужно или больше наземных станций, или требуется межспутниковая связь, что естественно утяжеляет спутник. Число спутников также значительно больше (обычно несколько десятков)

Структура спутниковых каналов передачи данных может быть проиллюстрирована на примере широкоизвестной системы VSAT (Very Small Aperture Terminal). Наземная часть системы представлена совокупностью комплексов, в состав каждого из них входят центральная станция (ЦС) и абонентские пункты (АП). Связь ЦС со спутником происходит по радиоканалу (пропускная способность 2 Мбит/с) через направленную антенну диаметром 1...3 м и приемопередающую аппаратуру. АП подключаются к ЦС по схеме "звезда" с помощью многоканальной аппаратуры (обычно это аппаратура T1 или E1, хотя возможна и связь через телефонные линии) или по радиоканалу через спутник. Те АП, которые соединяются по радиоканалу (это подвижные или труднодоступные объекты), имеют свои антенны, и для каждого АП выделяется своя частота. ЦС передает свои сообщения широкоэмитально на одной фиксированной частоте, а принимает на частотах АП. Арендная плата за соединение "точка-точка" через VSAT со скоростью 64 кбит/с составляет около 3900 долл. в месяц, что для больших расстояний дешевле, чем аренда выделенной наземной линии.

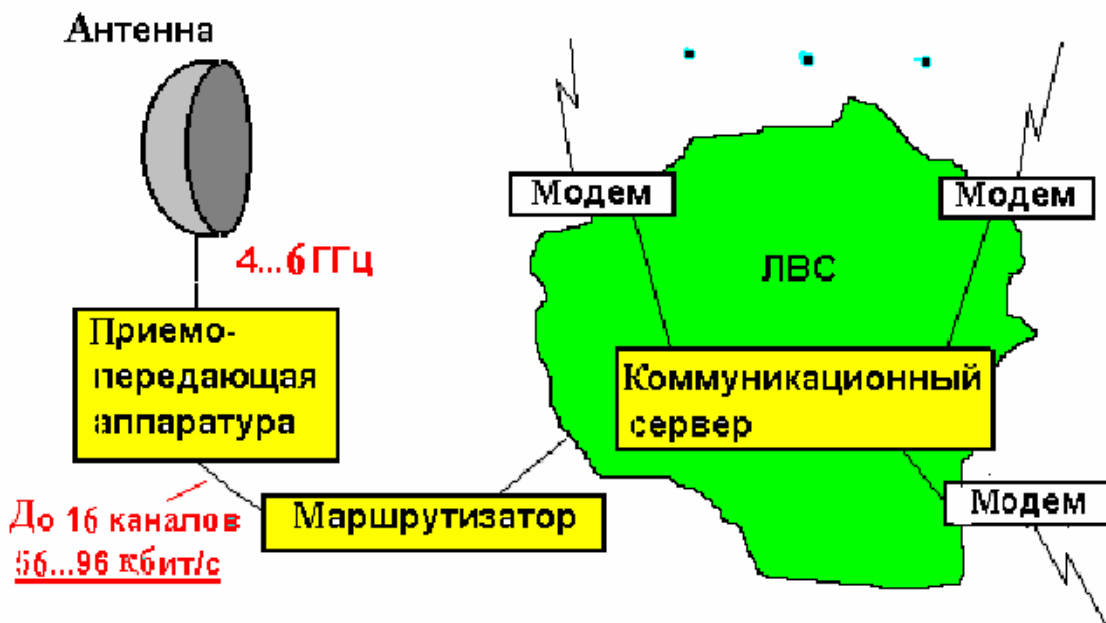


Рис. 3. Схема спутниковой связи

8. Системы мобильной связи. Системы мобильной связи осуществляют передачу информации между пунктами, один из них или оба являются подвижными.

Характерным признаком систем мобильной связи является применение радиоканала. К технологиям мобильной связи относятся пейджинг, твейджинг, сотовая телефония, транкинг, для мобильной связи используются также спутниковые каналы.

Пейджинг – система односторонней связи, при которой передаваемое сообщение поступает на пейджер пользователя, извещая его о необходимости предпринять то или действие или просто информируя его о тех или иных текущих событиях. Это наиболее дешевый вид мобильной связи.

Твейджинг – это двухсторонний пейджинг. В отличие от пейджинга возможно подтверждение получения сообщения и даже проведение некоторого подобия диалога.

Сотовые технологии обеспечивают телефонную связь между подвижными абонентами (ячейками). Связь осуществляется через посредство базовых (стационарных) станций, выполняющих коммутирующие функции.

Диапазон скоростей в цифровых системах сотовой связи довольно широк – от 19,2 кбит/с (в американском стандарте CDPD – Cellular Digital Packet Data) до 1,23 Мбит/с (в другом стандарте CDMA – Code Division Multiple Access). Типичный радиус действия 10...12 км.

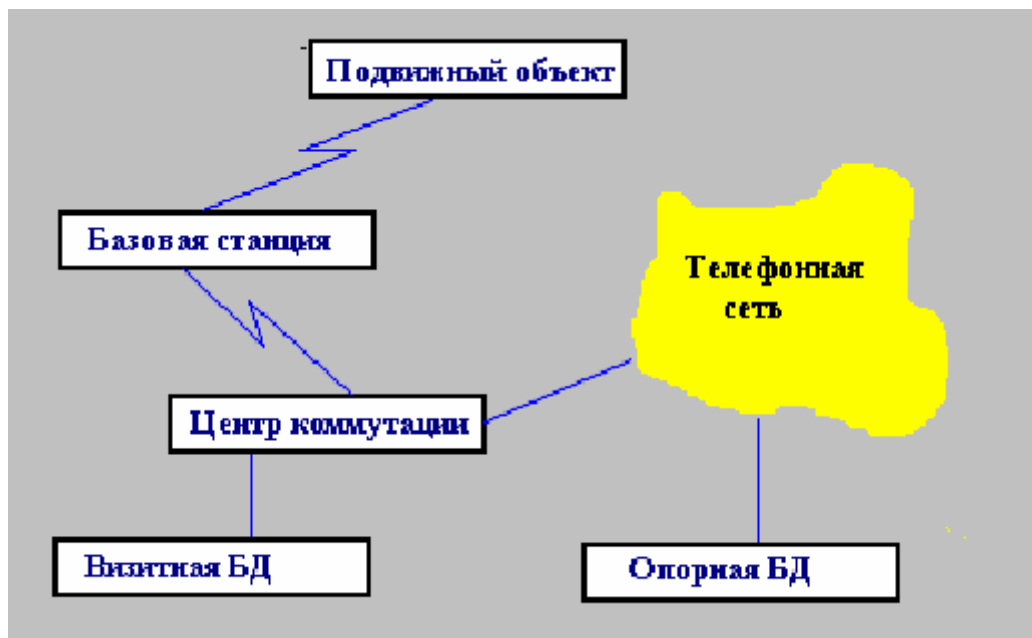


Рис. 4. Схема сотовой телефонной связи

Мобильная связь для предприятий (т.е. ведомственная или профессиональная) может отличаться от сотовой связи индивидуальных пользователей. Такую ведомственную связь называют транкинговой (или транковой). Для транкинговой связи характерны следующие особенности:

- связь внутри некоторой группы (бригады) и групповой вызов от центра ко всем членам группы;
- наличие приоритетности;
- скорость соединения должна быть выше, чем в обычных сотовых системах;
- возможность выхода в телефонную сеть общего пользования имеет меньшее значение, во многих случаях она вообще может отсутствовать;
- преимущественная передача данных, в некоторых случаях голосовая связь не нужна; чаще используется полудуплексная передача. В результате растет оперативность связи при уменьшенной цене.

9. Оптические линии связи. Оптические линии связи реализуются в виде волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Конструкция ВОЛС – кварцевый сердечник диаметром 10 мкм, покрытый отражающей оболочкой с внешним диаметром 125...200 мкм. Типичные характеристики ВОЛС: работа на волнах 0,85...1,55 мкм, затухание 0,7 дБ/км, полоса частот – до 2 ГГц; ориентировочная цена – 4...5 долл. за 1 м. Предельные расстояния D для передачи данных по ВОЛС (без ретрансляции) зависят от длины волны излучения L : для $L=850$ нм имеем $D=5$ км, а для $L=1300$ нм $D=50$ км, но аппаратурная реализация дороже.

ВОЛС являются основой высокоскоростной передачи данных, особенно на большие расстояния. Именно на ВОЛС достигнуты рекордные скорости передачи информации. В экспериментальной аппаратуре с использованием метода мультиплексирования с разделением каналов по длинам волн (WDM – Wavelengths Division Multiplexing) достигнута скорость 1100 Гбит/с на расстоянии 150 км. В одной из действующих систем на основе WDM передача идет со скоростью 40 Гбит/с на расстоянии до 320 км.

В методе WDM выделяется несколько несущих частот (каналов). Так, в последней упомянутой системе имеются 16 таких каналов вблизи частоты $4 \cdot 10^5$ ГГц, отстоящих друг от друга на 103 ГГц, в каждом канале достигается скорость 2,5 Гбит/с.