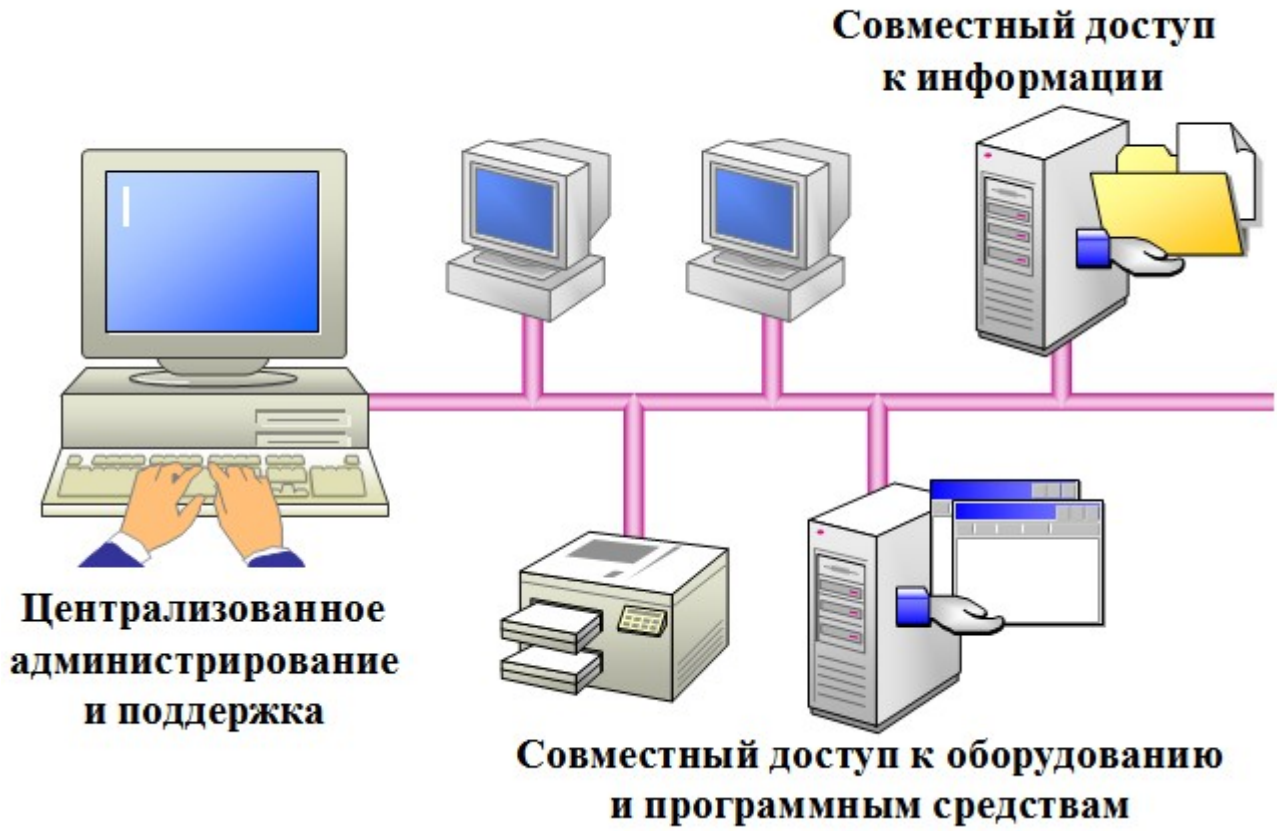
1. Сети – основные понятия

Компьютерная сеть – это совокупность компьютеров и различных устройств, обеспечивающих информационный обмен между компьютерами в сети без использования каких-либо промежуточных носителей информации.



1.1. Общая классификация

Все многообразие компьютерных сетей можно классифицировать по группе признаков:

1. Территориальная распространенность;
2. Ведомственная принадлежность;
3. Скорость передачи информации;
4. Тип среды передачи;

По территориальной распространенности сети могут быть локальными, глобальными, и региональными. Локальные – это сети, перекрывающие территорию в пределах нескольких километров, региональные – расположенные на территории города или области, глобальные на территории государства или группы государств, например, всемирная сеть Internet.

По принадлежности различают ведомственные и государственные сети. Ведомственные принадлежат одной организации и располагаются на ее территории. Государственные сети – сети, используемые в государственных структурах.

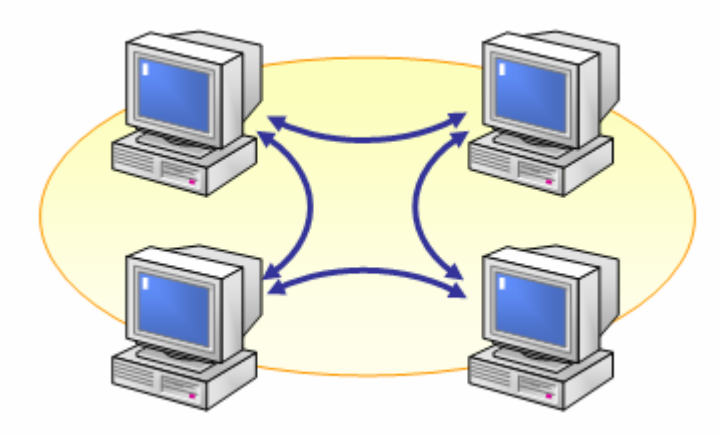
По скорости передачи информации компьютерные сети делятся на низко-, средне- и высокоскоростные.

По типу среды передачи разделяются на сети коаксиальные, на витой паре, оптоволоконные, с передачей информации по радиоканалам, в инфракрасном диапазоне.

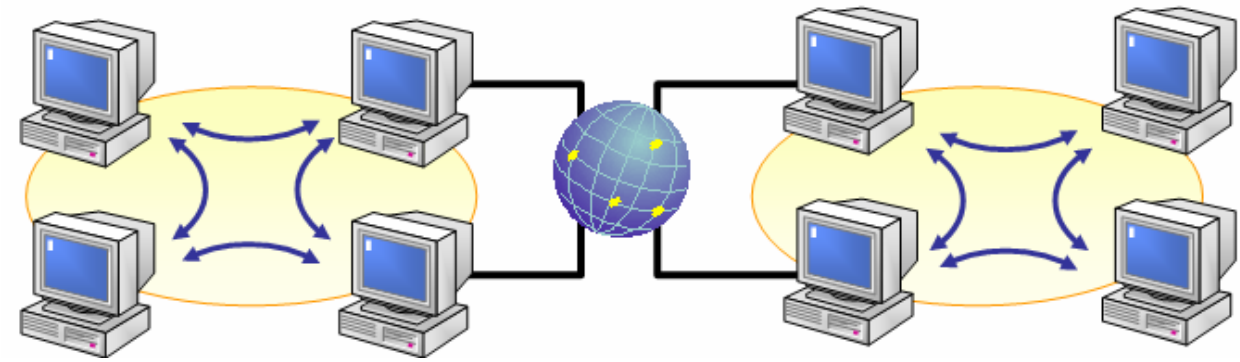
Компьютеры могут соединяться кабелями, образуя различную топологию сети (звездная, шинная, кольцевая и др.).

1.2. Локальные и глобальные сети

LAN (Local Area Network) – локальные сети, имеющие замкнутую инфраструктуру до выхода на поставщиков услуг. Термин «LAN» может описывать и маленькую офисную сеть, и сеть уровня большого завода, занимающего несколько сотен гектаров.



WAN (Wide Area Network) – глобальная сеть, покрывающая большие географические регионы, включающие в себя как локальные сети, так и прочие телекоммуникационные сети и устройства.



Можно выделить следующие отличительные признаки локальной сети:

- высокая скорость передачи, большая пропускная способность;
- низкий уровень ошибок передачи (или, что то же самое, высококачественные каналы связи);
- эффективный, быстродействующий механизм управления обменом;
- ограниченное, точно определенное число компьютеров, подключаемых к сети.

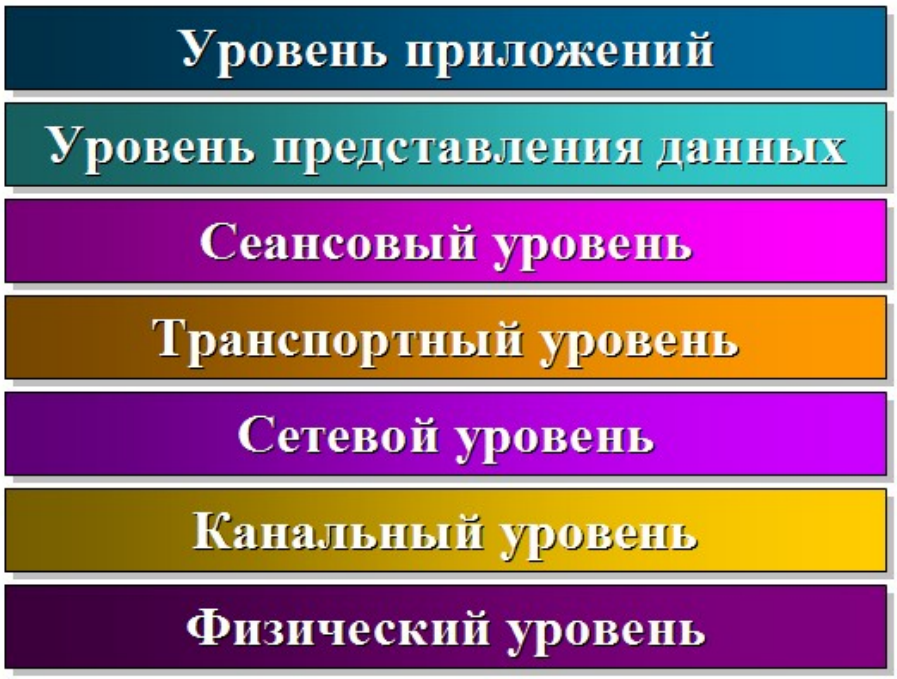
При таком определении понятно, что глобальные сети отличаются от локальных тем, что рассчитаны на неограниченное число абонентов и используют, как правило, не слишком качественные каналы связи и сравнительно низкую скорость передачи, а механизм управления обменом в них в принципе не может быть гарантированно быстрым. В глобальных сетях гораздо важнее не качество связи, а сам факт ее существования.

Иногда выделяют еще один класс компьютерных сетей - городские сети – **MAN (Metropolitan Area Network)**, которые обычно бывают ближе к глобальным сетям, хотя иногда имеют некоторые черты локальных сетей - например, высококачественные каналы связи и сравнительно высокие скорости передачи. В принципе городская сеть может быть действительно локальной, со всеми ее преимуществами.

1.3. Эталонная модель OSI

При передаче по сети вся передаваемая информация проходит много этапов обработки. Прежде всего она разбивается на блоки, каждый из которых снабжается управляющей информацией. Полученные блоки оформляются в виде сетевых пакетов, эти пакеты кодируются, передаются с помощью электрических или световых сигналов по сети в соответствии с выбранным методом доступа, затем из принятых пакетов вновь восстанавливаются заключенные в них блоки данных, блоки соединяются в данные, которые и становятся доступны другому приложению.

Часть из указанных процедур реализуется только программно, другая - аппаратно, а какие-то операции могут выполняться как программами, так и аппаратурой. Упорядочить все выполняемые процедуры, разделить их на уровни и подуровни, взаимодействующие между собой, как раз и призваны модели сетей.



Наибольшее распространение получила в настоящее время так называемая эталонная модель обмена информацией открытой системы OSI (Open System Interchange). Под термином «открытая система» в данном случае понимается незамкнутая в себе система, имеющая возможность взаимодействия с какими-то другими системами (в отличие от закрытой системы).

Модель OSI была предложена Международной организацией стандартов ISO (International Standards Organization) в 1984 году. С тех пор ее используют (более или менее строго) все производители сетевых продуктов.

Все сетевые функции в модели разделены на 7 уровней. При этом вышестоящие уровни выполняют более сложные, глобальные задачи, для чего используют в своих целях нижестоящие уровни, а также управляют ими. Цель нижестоящего уровня — предоставление услуг вышестоящему уровню, причем вышестоящему уровню не важны детали выполнения этих услуг. Нижестоящие уровни выполняют более простые, более конкретные функции. В идеале каждый уровень взаимодействует только с теми, которые находятся рядом с ним (выше него и ниже него). Верхний уровень соответствует прикладной задаче, работающему в данный момент приложению, нижний - непосредственной передаче сигналов по каналу связи.

Реальную связь абоненты одной сети имеют только на самом нижнем, первом, физическом уровне. В передающем абоненте информация проходит все уровни, начиная с верхнего и заканчивая нижним. В принимающем абоненте полученная информация совершает обратный путь: от нижнего уровня к верхнему.

Большинство функций двух нижних уровней модели (1 и 2) обычно реализуются аппаратно (часть функций уровня 2 - программным драйвером сетевого адаптера). Именно на этих уровнях определяется скорость передачи и топология сети, метод управления обменом и формат пакета, то есть то, что имеет непосредственное отношение к типу сети (Ethernet, Token-Ring, FDDI). Более высокие уровни не работают напрямую с конкретной аппаратурой, хотя уровни 3,4 и 5 еще могут учитывать ее особенности. Уровни 6 и 7 вообще не имеют к аппаратуре никакого отношения.

1.3.1. Уровень 1, физический

Физический уровень (Physical) получает пакеты данных от вышележащего канального уровня и преобразует их в оптические или электрические сигналы, соответствующие 0 и 1 бинарного потока. Эти сигналы посылаются через среду передачи на приемный узел. Механические и электрические/оптические свойства среды передачи определяются на физическом уровне и включают в себя:

- Тип кабелей и разъемов
- Разводку контактов в разъемах
- Схему кодирования сигналов для значений 0 и 1
- К числу наиболее распространенных спецификаций физического уровня относятся:
- EIA-RS-232-C, CCITT V.24/V.28 - механические/электрические характеристики несбалансированного последовательного интерфейса.
- EIA-RS-422/449, CCITT V.10 - механические, электрические и оптические характеристики сбалансированного последовательного интерфейса.
- IEEE 802.3 -- Ethernet
- IEEE 802.5 -- Token ring

1.3.2. Уровень 2, канальный

Канальный уровень или уровень управления линией передачи (Data link) обеспечивает создание, передачу и прием кадров данных. Этот уровень обслуживает запросы сетевого уровня и использует сервис физического уровня для приема и передачи пакетов. Здесь же производится управление доступом к сети,

обнаруживаются ошибки передачи и производится повторная пересылка приемнику ошибочных пакетов.

Спецификации IEEE 802.x делят канальный уровень на два подуровня:

- Верхний подуровень управления логическим каналом (LLC - Logical Link Control) обеспечивает обслуживание сетевого уровня, устанавливает виртуальный канал связи (часть его функций выполняется программой драйвера сетевого адаптера).
- Нижний подуровень управления доступом к среде (MAC - Media Access Control) осуществляет непосредственный доступ к среде передачи информации и напрямую связан с аппаратурой сети.

Наиболее часто используемые на уровне 2 протоколы включают:

- HDLC для последовательных соединений (основной компонент PPP на канальном уровне)
- IEEE 802.2 LLC (тип I и тип II) обеспечивают MAC для сред 802.x
- Ethernet
- Token ring
- FDDI
- X.25
- Frame relay

1.3.3. Уровень 3, сетевой

Сетевой уровень (Network) отвечает за адресацию пакетов и перевод логических имен в физические сетевые адреса (и обратно), а также за выбор маршрута, по которому пакет доставляется по назначению (если в сети имеется несколько маршрутов).

Наиболее часто на сетевом уровне используются протоколы:

- IP (Internet Protocol) – TCP/IP протокол для негарантированной передачи пакетов без установления соединений и маршрутизации пакетов;
- IPX (Internetwork Packet Exchange) – протокол компании Novell для негарантированной передачи пакетов и маршрутизации пакетов;
- NWLink – реализация протокола IPX/SPX компании Microsoft;
- NetBEUI – протокол, обеспечивающий услуги транспортировки данных для сеансов и приложений NetBIOS.

1.3.4. Уровень 4, транспортный

Транспортный уровень (Transport) производит разбивку передаваемых данных на блоки, помещаемые в пакеты, обеспечивает доставку пакетов и восстановление принимаемых данных. Доставка пакетов возможна как с установлением соединения (виртуального канала), так и без. Транспортный уровень является пограничным и связующим между верхними тремя, сильно зависящими от приложений, и тремя нижними уровнями, сильно привязанными к конкретной сети.

Наиболее распространенные протоколы транспортного уровня:

- TCP (Transmission Control Protocol) – протокол стека TCP/IP, гарантирует доставку при передаче данных

- UDP (User Datagram Protocol) - протокол стека TCP/IP, не гарантирует доставку при передаче данных
- SPX – протокол стека IPX/SPX (Internetwork Packet Exchange/Sequential Packet Exchange) компании Novell, гарантирует доставку при передаче данных
- NWLink – реализация протокола IPX/SPX компании Microsoft;
- NetBEUI – (NetBIOS Extended User Interface, расширенный интерфейс NetBIOS) – устанавливает сеансы связи между компьютерами (NetBIOS) и предоставляет верхним уровням транспортные услуги (NetBEUI).

1.3.5. Уровень 5, сеансовый

Сеансовый уровень (Session) управляет проведением сеансов связи (то есть устанавливает, поддерживает и прекращает связь). Этот уровень предусматривает три режима установки сеансов: симплексный (передача данных в одном направлении), полудуплексный (передача данных поочередно в двух направлениях) и полнодуплексный (передача данных одновременно в двух направлениях). Сеансовый уровень может также вставлять в поток данных специальные контрольные точки, которые позволяют контролировать процесс передачи при разрыве связи. Этот же уровень распознает логические имена абонентов, контролирует предоставленные им права доступа.

1.3.6. Уровень 6, уровень представления

Представительский уровень (Presentation) или уровень представления данных отвечает за возможность диалога между приложениями на разных машинах, выполняя функцию переводчика. Этот уровень обеспечивает преобразование данных (шифрование, сжатие и т.п.) прикладного уровня в поток информации для транспортного уровня.

1.3.7. Уровень 7, прикладной

Прикладной уровень (Application), или уровень приложений, обеспечивает непосредственное взаимодействие приложений пользователя с сетью. Например, сюда относятся: программные средства передачи файлов, доступа к базам данных, средства электронной почты, службы регистрации на сервере. Этот уровень управляет остальными шестью уровнями.

К числу наиболее распространенных протоколов верхних уровней относятся:

- HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) – основной протокол передачи файлов глобальной сети сети Internet
- FTP (File Transfer Protocol) – протокол глобальной сети Интернет для передачи файлов;
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – протокол глобальной сети Интернет для обмена электронной почтой;
- SNMP (Simple Network Management Protocol) – протокол для мониторинга сети, контроля за работой сетевых компонентов и управления ими;
- Telnet – протокол глобальной сети Интернет для регистрации на удаленных серверах и обработки данных на них;
- SMB (Server Message Blocks) – протокол доступа к файлам и принтерам в операционных системах компании Microsoft
- NCP (Novell NetWare Core Protocol) – протокол доступа к файлам и принтерам в операционных системах компании Novell
- X.400 – протокол CCITT для международного обмена электронной почтой;

- X.500 – протокол CCITT служб файлов и каталогов на нескольких системах;

1.4. Протоколы IEEE 802

Помимо модели OSI существует также модель IEEE Project 802, принятая в феврале 1980 года (отсюда и число 802 в названии), которую можно рассматривать как модификацию, развитие, уточнение модели OSI. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) является профессиональной организацией (США), определяющей стандарты, связанные с сетями и другими аспектами электронных коммуникаций. Часть стандартов IEEE (802.1 - 802.11) была адаптирована ISO (8801-1 - 8802-11, соответственно), получив статус международных стандартов. В литературе, однако, гораздо чаще упоминаются исходные стандарты, а не международные (IEEE 802.3, а не ISO/IEC 8802-3).

Стандарты, определяемые этой моделью (так называемые 802-спецификации) относятся к нижним двум уровням модели OSI и делятся на двенадцать категорий, каждой из которых присвоен свой номер:

802.1 – объединение сетей с помощью мостов и коммутаторов

802.2 – управление логической связью на подуровне LLC.

802.3 – локальная сеть с методом доступа CSMA/CD и топологией шина (Ethernet).

802.4 – локальная сеть с топологией шина и маркерным доступом (Token-Bus).

802.5 – локальная сеть с топологией кольцо и маркерным доступом (Token-Ring).

802.6 – городская сеть (Metropolitan Area Network, MAN) с расстояниями между абонентами более 5 км.

802.7 – широкополосная технология передачи данных.

802.8 – оптоволоконная технология.

802.9 – интегрированные сети с возможностью передачи речи и данных.

802.10 – безопасность сетей, шифрование данных.

802.11 – беспроводная сеть по радиоканалу (WLAN – Wireless LAN).

802.12 – локальная сеть с централизованным управлением доступом по приоритетам запросов и топологией звезда (100VG-AnyLAN).

2. Локальные сети

2.1. Классификация локальных сетей

Локальные сети можно классифицировать по следующим параметрам:

- по классу локальные сети делятся на одноранговые и клиент-серверные сети
- по топологии сети делятся на кольцевые, шинные, звездообразные, гибридные;

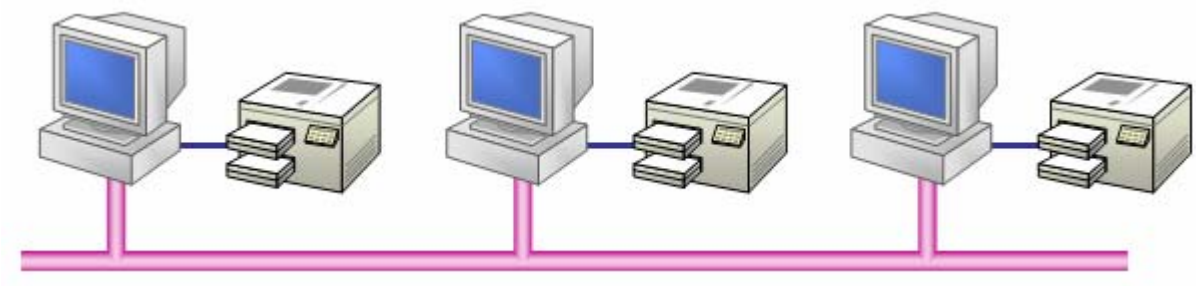
- по типу физической среды передачи – на витую пару, коаксиальный или оптоволоконный кабель, инфракрасный канал, радиоканал.
- по скорости доступа – на низкоскоростные (до 10 Мбит/с), среднескоростные (до 100 Мбит/с), высокоскоростные (свыше 100 Мбит/с);

2.2. Одноранговые и клиент-серверные сети

Локальные вычислительные сети подразделяются на два кардинально различающихся класса: одноранговые (одноуровневые или Peer-to-Peer) сети и клиент-серверные (иерархические).

2.2.1. Одноранговые сети

Одноранговая сеть – это сеть равноправных компьютеров, каждый из которых имеет уникальное имя (имя компьютера) и обычно пароль для входа в него во время загрузки ОС. Имя и пароль входа назначаются владельцем компьютера средствами ОС. Каждый компьютер такой сети может одновременно являться и сервером и клиентом сети, хотя вполне допустимо назначение одного компьютера только сервером, а другого только клиентом.



Достоинством одноранговых сетей является их высокая гибкость: в зависимости от конкретной задачи сеть может использоваться очень активно, либо совсем не использоваться. Из-за большой самостоятельности компьютеров в таких сетях редко бывает ситуация перегрузки (к тому же количество компьютеров обычно невелико). Установка одноранговых сетей довольно проста, к тому же не требуются дополнительные дорогостоящие серверы. Кроме того, нет необходимости в системном администрировании, пользователи могут сами управлять своими ресурсами.

В одноранговых сетях допускается определение различных прав пользователей по доступу к сетевым ресурсам, но система разграничения прав не слишком развита. Если каждый ресурс защищен своим паролем, то пользователю приходится запоминать большое число паролей.

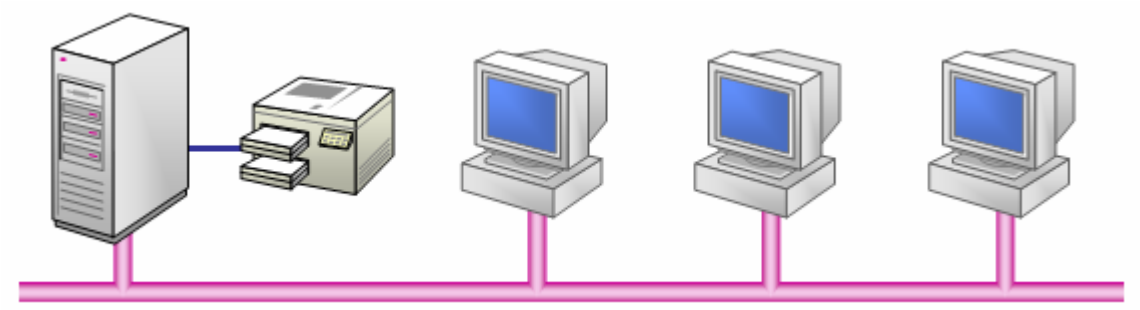
К недостаткам одноранговых сетей относятся также слабая система контроля и протоколирования работы сети, трудности с резервным копированием распределенной информации. К тому же выход из строя любого компьютера-сервера приводит к потере части общей информации, то есть все такие компьютеры должны быть по возможности высоконадежными. Эффективная скорость передачи информации по одноранговой сети часто оказывается недостаточной, поскольку трудно обеспечить быстродействие процессоров, большой объем оперативной памяти и высокие скорости обмена с жестким диском для всех компьютеров сети. К тому же компьютеры сети работают не только на сеть, но и решают другие задачи.

Сейчас считается, что одноранговая сеть наиболее эффективна в небольших сетях (около 10 компьютеров). При значительном количестве компьютеров сетевые операции сильно замедлят работу компьютеров и создадут множество других проблем. Тем не менее, для небольшого офиса одноранговая сеть – оптимальное решение.

Самая распространенная в настоящий момент одноранговая сеть – это сеть на основе Windows XP (или более ранних версий ОС Windows).

2.2.2. Клиент-серверные сети

Клиент-серверные локальные сети применяются в тех случаях, когда в сеть должно быть объединено много пользователей и возможностей одноранговой сети может не хватить. Тогда в сеть включается специализированный компьютер – сервер.



Сервером называется абонент сети, который предоставляет свои ресурсы другим абонентам, но сам не использует ресурсы других абонентов, то есть служит только сети. Выделенный сервер - это сервер, занимающийся только сетевыми задачами. Невыделенный сервер может заниматься помимо обслуживания сети и другими задачами. Специфический тип сервера - это сетевой принтер.

Серверы специально оптимизированы для быстрой обработки сетевых запросов на разделяемые ресурсы и для управления защитой файлов и каталогов. При больших размерах сети мощности одного сервера может оказаться недостаточно, и тогда в сеть включают несколько серверов. Серверы могут выполнять и некоторые другие задачи: сетевая печать, выход в глобальную сеть, связь с другой локальной сетью, обслуживание электронной почты и т.д.

Количество пользователей сети на основе сервера может достигать нескольких тысяч. Одноранговой сетью такого размера просто невозможно было бы управлять. Кроме того, в сети на основе серверов можно легко менять количество подключаемых компьютеров, такие сети называются масштабируемыми.

На сервере устанавливается специальная сетевая операционная система, рассчитанная на работу сервера. Эта сетевая ОС оптимизирована для эффективного выполнения специфических операций по организации сетевого обмена. На рабочих станциях (клиентах) может устанавливаться любая совместимая операционная система, поддерживающая сеть.

Наиболее популярные серверные операционные системы:

- Решения компании Microsoft: Windows NT/2000/2003 Server;
- Решения на базе Linux: SuSE Linux, Red Hat Linux и т.п.
- Решения на базе Unix: Solaris, HP-UX, AIX, FreeBSD, и т.п.
- Решения компании Novell: NetWare 5.1/6.0/6.5

Клиентом называется абонент сети, который только использует сетевые ресурсы, но сам свои ресурсы в сеть не отдает, то есть сеть его обслуживает. Компьютер-клиент также часто называют рабочей станцией. В принципе каждый компьютер может быть одновременно как клиентом, так и сервером. Под сервером и клиентом часто понимают также не сами компьютеры, а работающие на них программные приложения. В этом случае то приложение, которое только отдает ресурс в сеть, является сервером, а то приложение, которое только пользуется сетевыми ресурсами, является клиентом.

Достоинством сети на основе сервера часто называют надежность. Это верно, но только с одной оговоркой: если сервер действительно очень надежен. В противном случае любой отказ сервера приводит к полному параличу сети в отличие от ситуации с одноранговой сетью, где отказ одного из компьютеров не приводит к отказу всей сети.

Бесспорное достоинство сети на основе сервера – высокая скорость обмена, так как сервер всегда оснащается быстрым процессором (или даже несколькими процессорами), оперативной памятью большого объема и быстрыми жесткими дисками. Так как все ресурсы сети собраны в одном месте, возможно применение гораздо более мощных средств управления доступом, защиты данных, протоколирования обмена, чем в одноранговых сетях.

Для обеспечения надежной работы сети при авариях электропитания применяется бесперебойное электропитание сервера. В данном случае это гораздо проще, чем при одноранговой сети, где желательно оснащать источниками бесперебойного питания все компьютеры сети.

К **недостаткам** сети на основе сервера относятся ее громоздкость в случае небольшого количества компьютеров, зависимость всех компьютеров-клиентов от сервера, более высокая стоимость сети вследствие использования дорогого сервера.

Для администрирования сети (то есть управления распределением ресурсов, контроля прав доступа, защиты данных, файловой системы, резервирования файлов и т.д.) в случае сети на основе сервера необходимо выделять специального человека, имеющего соответствующую квалификацию. Централизованное администрирование облегчает обслуживание сети и позволяет оперативно решать все вопросы. Особенно это важно для надежной защиты данных от несанкционированного доступа. В случае же одноранговой сети можно обойтись и без специалиста-администратора, правда, при этом все пользователи сети должны иметь хоть какое-то представление об администрировании.

2.3. Топология локальных сетей

Под топологией (конфигурацией, структурой) компьютерной сети обычно понимается расположение компьютеров сети друг относительно друга и способ соединения их линиями связи.

Топология определяет требования к оборудованию, тип используемого кабеля, возможные и наиболее удобные методы управления обменом, надежность работы, возможности расширения сети.

Существует три основных топологии сети:

- **шина (bus)**, при которой все компьютеры параллельно подключаются к одной линии связи и информация от каждого компьютера одновременно передается всем остальным компьютерам;
- **звезда (star)**, при которой к одному центральному компьютеру присоединяются остальные периферийные компьютеры, причем каждый из них использует свою отдельную линию связи;
- **кольцо (ring)**, при которой каждый компьютер передает информацию всегда только одному компьютеру, следующему в цепочке, а получает информацию только от предыдущего в цепочке компьютера, и эта цепочка замкнута в «кольцо».

На практике нередко используют и комбинации базовых топологий, но большинство сетей ориентированы именно на эти три. Рассмотрим теперь кратко особенности перечисленных сетевых топологий.

2.3.1. Топология «шина»

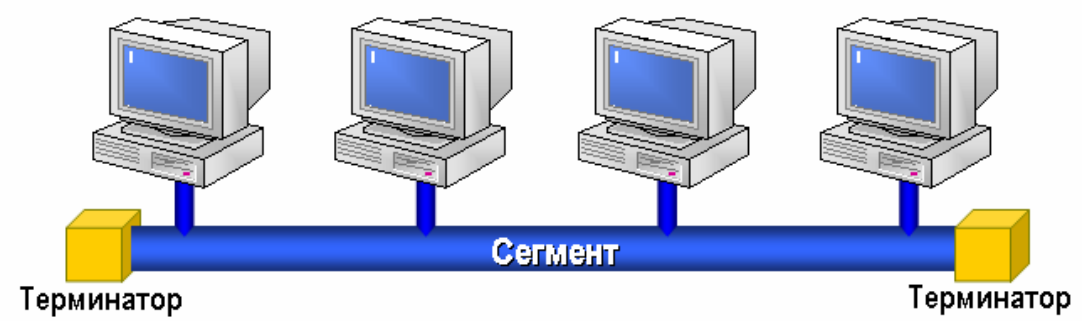
В топологии «шина» по своей структуре предполагается идентичность сетевого оборудования компьютеров, а также равноправие всех абонентов. При таком соединении компьютеры могут передавать только по очереди, так как линия связи единственная. В противном случае передаваемая информация будет искажаться в результате наложения сигналов (конфликта, коллизии). Таким образом, в шине реализуется режим полудуплексного (half duplex) обмена (в обоих направлениях, но по очереди, а не одновременно).

В топологии «шина» отсутствует центральный абонент, через которого передается вся информация, что увеличивает ее надежность (ведь при отказе любого центра перестает функционировать вся управляемая этим центром система). Добавление новых абонентов в шину довольно просто и обычно возможно даже во время работы сети. В большинстве случаев при использовании шины требуется минимальное количество соединительного кабеля по сравнению с другими топологиями.

Так как разрешение возможных конфликтов в данном случае ложится на сетевое оборудование каждого отдельного абонента, аппаратура сетевого адаптера при топологии «шина» получается сложнее, чем при других топологиях. Однако из-за широкого распространения сетей с топологией «шина» (Ethernet, Arcnet) стоимость сетевого оборудования получается не слишком высокой.

Шине не страшны отказы отдельных компьютеров, так как все остальные компьютеры сети могут нормально продолжать обмен. Может показаться, что шине не страшен и обрыв кабеля, поскольку в этом случае мы получим две вполне работоспособные шины. Однако из-за особенностей распространения электрических сигналов по длинным линиям связи необходимо предусматривать включение на концах шины специальных согласующих устройств - терминаторов.

Без включения терминаторов сигнал отражается от конца линии и искажается так, что связь по сети становится невозможной. Так что при разрыве или повреждении кабеля нарушается согласование линии связи, и прекращается обмен даже между теми компьютерами, которые остались соединенными между собой. Короткое замыкание в любой точке кабеля шины выводит из строя всю сеть. Любой отказ сетевого оборудования в шине очень трудно локализовать, так как все адаптеры включены параллельно, и понять, какой из них вышел из строя, не так-то просто.



При прохождении по линии связи сети с топологией «шина» информационные сигналы ослабляются и никак не восстанавливаются, что накладывает жесткие ограничения на суммарную длину линий связи, кроме того, каждый абонент может получать из сети сигналы разного уровня в зависимости от расстояния до передающего абонента. Это предъявляет дополнительные требования к приемным узлам сетевого оборудования. Для увеличения длины сети с топологией «шина» часто используют несколько сегментов (каждый из которых представляет собой шину), соединенных между собой с помощью специальных восстановителей сигналов - репитеров, или повторителей.

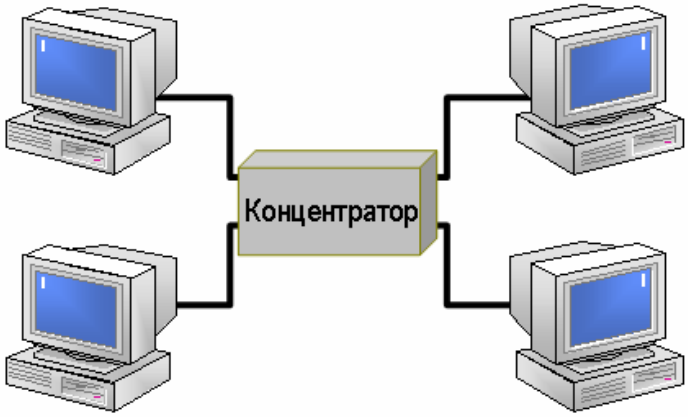
Однако такое наращивание длины сети не может продолжаться бесконечно, так как существуют еще и ограничения, связанные с конечной скоростью распространения сигналов по линиям связи.

2.3.2. Топология «звезда»

«Звезда» - это топология с явно выделенным центром, к которому подключаются все остальные абоненты. Весь обмен информацией идет исключительно через центральное устройство, на который таким образом ложится очень большая нагрузка, поэтому ничем другим, кроме сети, он заниматься не может. Понятно, что сетевое оборудование центрального абонента должно быть существенно более сложным, чем оборудование периферийных абонентов. О равноправии абонентов в данном случае говорить не приходится. Как правило, именно центральный абонент является самым мощным, и именно на него возлагаются все функции по управлению обменом. Никакие конфликты в сети с топологией «звезда» в принципе невозможны, так как управление полностью централизовано, конфликтовать нечему.

Если говорить об устойчивости звезды к отказам компьютеров, то выход из строя периферийного компьютера никак не отражается на функционировании оставшейся части сети, зато любой отказ центрального устройства делает сеть полностью неработоспособной. Поэтому должны приниматься специальные меры по повышению надежности центрального устройства. Обрыв любого кабеля или короткое замыкание в нем при топологии «звезда» нарушает обмен только с одним компьютером, а все остальные компьютеры могут нормально продолжать работу.

В отличие от шины, в звезде на каждой линии связи находятся только два абонента. Таким образом, на каждой линии связи имеется только один приемник и один передатчик. Все это существенно упрощает сетевое оборудование по сравнению с шиной и избавляет от необходимости применения дополнительных внешних терминаторов. Проблема затухания сигналов в линии связи также решается в «звезде» проще, чем в «шине», ведь каждый приемник всегда получает сигнал одного уровня.



Описанная выше топология носит название **активной**, или истинной, звезды.

Существует также топология, называемая **пассивной** звездой, которая только внешне похожа на звезду. В центре сети с данной топологией помещается не компьютер, а концентратор, или хаб (hub), выполняющий ту же функцию, что и репитер. Он восстанавливает приходящие сигналы и пересылает их в другие линии связи. Хотя схема прокладки кабелей подобна истинной или активной звезде, фактически мы имеем дело с шинной топологией, так как информация от каждого компьютера одновременно передается ко всем остальным компьютерам, а центрального абонента не существует. Естественно, пассивная звезда получается дороже обычной шины, так как в этом случае обязательно требуется еще и концентратор. Однако она предоставляет целый ряд дополнительных возможностей, связанных с преимуществами звезды. Именно поэтому в последнее время пассивная звезда все больше вытесняет истинную шину, которая считается малоперспективной топологией.

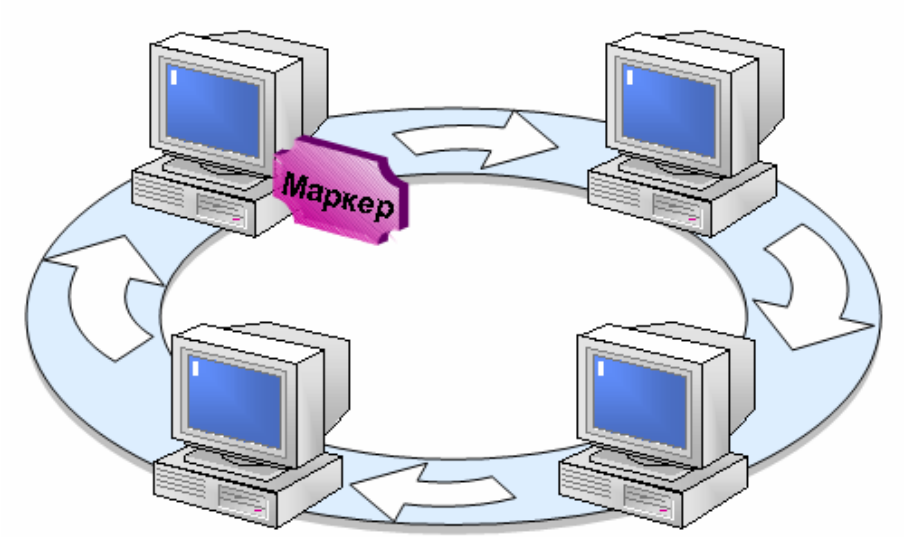
Большое достоинство звезды (как активной, так и пассивной) состоит в том, что все точки подключения собраны в одном месте. Это позволяет легко контролировать работу сети, локализовать неисправности сети путем простого отключения от центра тех или иных абонентов (что невозможно, например, в случае шины), а также ограничивать доступ посторонних лиц к жизненно важным для сети точкам подключения. К каждому периферийному абоненту в случае звезды может подходить как один кабель (по которому идет передача в обоих направлениях), так и два кабеля (каждый из них передает в одном направлении), причем вторая ситуация встречается чаще.

Общим недостатком для всех топологий типа «звезда» является значительно больший, чем при других топологиях, расход кабеля. Например, если компьютеры расположены в одну линию, то при выборе топологии «звезда» понадобится в несколько раз больше кабеля, чем при топологии «шина». Это может существенно повлиять на стоимость всей сети в целом.

2.3.3. Топология «кольцо»

«Кольцо» — это топология, в которой каждый компьютер соединен линиями связи только с двумя другими: от одного он только получает информацию, а другому только передает. На каждой линии связи, как и в случае звезды, работает только один передатчик и один приемник. Это позволяет отказаться от применения внешних терминаторов. Важная особенность кольца состоит в том, что каждый компьютер ретранслирует (восстанавливает) приходящий к нему сигнал, то есть выступает в роли репитера, поэтому затухание сигнала во всем кольце не имеет никакого значения, важно только затухание между соседними компьютерами кольца. Четко выделенного центра в данном случае нет, все компьютеры могут быть одинаковыми. Однако довольно часто в кольце выделяется специальный абонент, который управляет обменом или контролирует обмен. Понятно, что наличие такого

управляющего абонента снижает надежность сети, так как выход его из строя сразу же парализует весь обмен.



Строго говоря, компьютеры в кольце не являются полностью равноправными (в отличие, например, от шинной топологии). Одни из них обязательно получают информацию от компьютера, ведущего передачу в данный момент, раньше, а другие - позже. Именно на этой особенности топологии и строятся методы управления обменом по сети, специально рассчитанные на «кольцо». В этих методах право на следующую передачу (или, как еще говорят, на захват сети) переходит последовательно к следующему по кругу компьютеру.

Подключение новых абонентов в «кольцо» обычно совершенно безболезненно, хотя и требует обязательной остановки работы всей сети на время подключения. Как и в случае топологии «шина», максимальное количество абонентов в кольце может быть довольно велико (до тысячи и больше). Кольцевая топология обычно является самой устойчивой к перегрузкам, она обеспечивает уверенную работу с самыми большими потоками передаваемой по сети информации, так как в ней, как правило, нет конфликтов (в отличие от шины), а также отсутствует центральный абонент (в отличие от звезды).

Так как сигнал в кольце проходит через все компьютеры сети, выход из строя хотя бы одного из них (или же его сетевого оборудования) нарушает работу всей сети в целом. Точно так же любой обрыв или короткое замыкание в любом из кабелей кольца делает работу всей сети невозможной. Кольцо наиболее уязвимо к повреждениям кабеля, поэтому в этой топологии обычно предусматривают прокладку двух (или более) параллельных линий связи, одна из которых находится в резерве.

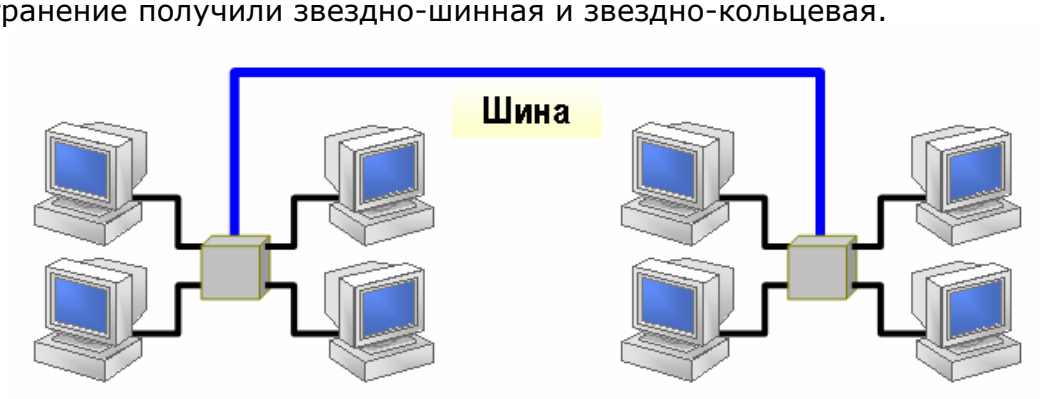
В то же время крупное преимущество кольца состоит в том, что ретрансляция сигналов каждым абонентом позволяет существенно увеличить размеры всей сети в целом (порой до нескольких десятков километров). Кольцо в этом отношении существенно превосходит любые другие топологии.

Недостатком кольца (по сравнению со звездой) можно считать то, что к каждому компьютеру сети необходимо подвести два кабеля.

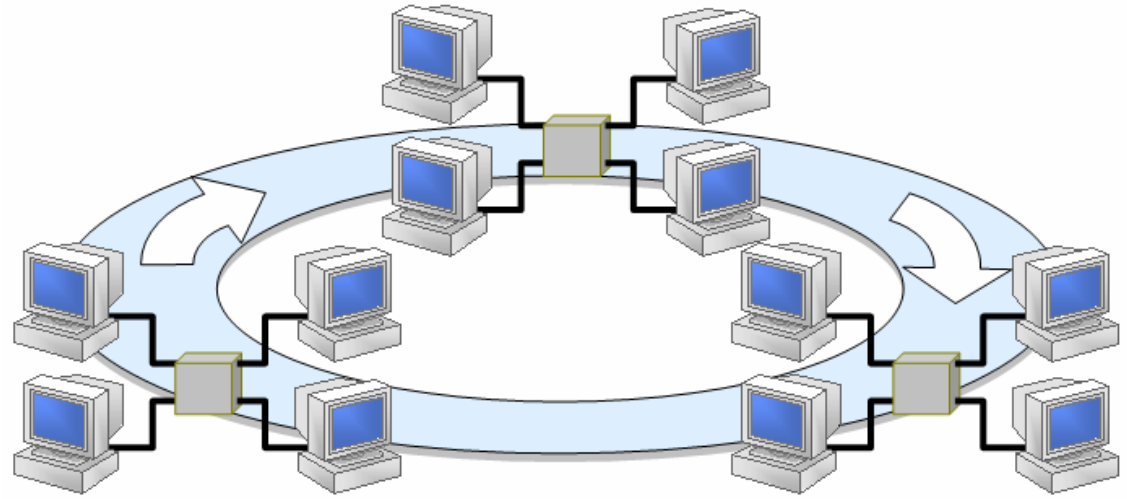
Иногда топология «кольцо» выполняется на основе двух кольцевых линий связи, передающих информацию в противоположных направлениях. Цель подобного решения — увеличение (в идеале - вдвое) скорости передачи информации. К тому же при повреждении одного из кабелей сеть может работать с другим кабелем (правда, предельная скорость уменьшится).

2.3.4. Гибридные топологии

Кроме трех рассмотренных основных, базовых топологий нередко применяются и комбинированные топологии, среди которых наибольшее распространение получили звездно-шинная и звездно-кольцевая.



В звездно-шинной (star-bus) топологии используется комбинация шины и пассивной звезды. В этом случае к концентратору подключаются как отдельные компьютеры, так и целые шинные сегменты, то есть на самом деле реализуется физическая топология «шина», включающая все компьютеры сети. В данной топологии может использоваться и несколько концентраторов, соединенных между собой и образующих так называемую магистральную, опорную шину. К каждому из концентраторов при этом подключаются отдельные компьютеры или шинные сегменты. Таким образом, пользователь получает возможность гибко комбинировать преимущества шинной и звездной топологий, а также легко изменять количество компьютеров, подключенных к сети.



В случае звездно-кольцевой (star-ring) топологии в кольцо объединяются не сами компьютеры, а специальные концентраторы, к которым в свою очередь подключаются компьютеры с помощью звездообразных двойных линий связи. В действительности все компьютеры сети включаются в замкнутое кольцо, так как внутри концентраторов все линии связи образуют замкнутый контур. Данная топология позволяет комбинировать преимущества звездной и кольцевой топологий.

2.3.5. Многозначность понятия топологии

Топология сети определяет не только физическое расположение компьютеров, но, что гораздо важнее, характер связей между ними, особенности распространения сигналов по сети. Именно характер связей определяет степень отказоустойчивости сети, требуемую сложность сетевой аппаратуры, наиболее подходящий метод управления обменом, возможные типы сред передачи (каналов связи), допустимый

размер сети (длина линий связи и количество абонентов), необходимость электрического согласования и многое другое.

Более того, физическое расположение компьютеров, соединяемых сетью, вообще довольно слабо влияет на выбор топологии. Любые компьютеры, как бы они ни были расположены, всегда можно соединить с помощью любой заранее выбранной топологии.

Когда в литературе упоминается о топологии сети, то могут подразумевать четыре совершенно разных понятия, относящихся к различным уровням сетевой архитектуры.

- Физическая топология (то есть схема расположения компьютеров и прокладки кабелей). В этом смысле, например, пассивная звезда ничем не отличается от активной звезды, поэтому ее нередко называют просто «звездой».
- Логическая топология (то есть структура связей, характер распространения сигналов по сети). Это, наверное, наиболее правильное определение топологии.
- Топология управления обменом (то есть принцип и последовательность передачи права на захват сети между отдельными компьютерами).
- Информационная топология (то есть направление потоков информации, передаваемой по сети).

Например, сеть с физической и логической топологией «шина» может в качестве метода управления использовать эстафетную передачу права захвата сети (то есть быть в этом смысле кольцом) и одновременно передавать всю информацию через один выделенный компьютер (быть в этом смысле звездой). Сеть с логической топологией «шина» может иметь физическую топологию «звезда» (пассивная).

Сеть с любой физической топологией, логической топологией, топологией управления обменом может считаться звездой в смысле информационной топологии, если она построена на основе одного сервера и нескольких клиентов, общающихся только с этим сервером. В этом случае справедливы все рассуждения о низкой отказоустойчивости сети к неполадкам центра (в данном случае - сервера). Точно так же любая сеть может быть названа шиной в информационном смысле, если она построена из компьютеров, являющихся одновременно как серверами, так и клиентами. Как и в случае любой другой шины, такая сеть будет мало чувствительна к отказам отдельных компьютеров.

2.4. Среды передачи информации в локальных сетях

Средой передачи информации называются те линии связи (или каналы связи), по которым производится обмен информацией между компьютерами. В подавляющем большинстве компьютерных сетей (особенно локальных) используются проводные или кабельные каналы связи, хотя существуют и беспроводные сети.

Информация в локальных сетях чаще всего передается в последовательном коде, то есть бит за битом. Понятно, что такая передача медленнее и сложнее, чем при использовании параллельного кода. Однако надо учитывать то, что при более быстрой параллельной передаче увеличивается количество соединительных кабелей в число раз, равное количеству разрядов параллельного кода (например, в 8 раз при 8-разрядном коде). Это совсем не мелочь, как может показаться на первый взгляд. При значительных расстояниях между абонентами сети стоимость кабеля может быть вполне сравнима со стоимостью компьютеров и даже превосходить ее. К тому же проложить один кабель (реже два разнонаправленных) гораздо проще, чем 8, 16 или 32. Значительно дешевле обойдется также поиск повреждений и ремонт кабеля.

Но это еще не все. Передача на большие расстояния при любом типе кабеля требует сложной передающей и приемной аппаратуры: для этого надо формировать мощный сигнал на передающем конце и детектировать слабый сигнал на приемном конце. При последовательной передаче для этого требуется всего один передатчик и один приемник. При параллельной же передаче количество передатчиков и приемников возрастает пропорционально разрядности используемого параллельного кода. Поэтому даже при разработке сети незначительной длины (порядка десятка метров) чаще всего все равно выбирают последовательную передачу.

К тому же при параллельной передаче чрезвычайно важно, чтобы длины отдельных кабелей были точно равны друг другу, иначе в результате прохождения по кабелям разной длины между сигналами на приемном конце образуется временной сдвиг, который может привести к сбоям в работе или даже к полной неработоспособности сети. Например, при скорости передачи 100 Мбит/с и длительности бита 10 не этот временной сдвиг не должен превышать 5-10 не. Такую величину сдвига дает разница в длинах кабелей в 1-2 метра. При длине кабеля 1000 метров это составляет 0,1-0,2%.

В современных высокоскоростных локальных сетях все-таки используют параллельную передачу по 2-4 кабелям, что позволяет при заданной скорости передачи применять более дешевые кабели с меньшей полосой пропускания, но допустимая длина кабелей при этом не превышает сотни метров. Примером может служить сегмент 1000BASE-T сети Gigabit Ethernet.

Промышленностью выпускается огромное количество типов кабелей, например, крупнейшая кабельная фирма Belden предлагает более 2000 их наименований. Все выпускаемые кабели можно разделить на три большие группы:

- кабели на основе витых пар проводов (twisted pair), которые делятся на экранированные (shielded twisted pair, STP) и неэкранированные (unshielded twisted pair, UTP);
- коаксиальные кабели (coaxial cable);
- оптоволоконные кабели (fiber optic).

Каждый тип кабеля имеет свои преимущества и недостатки, так что при выборе типа кабеля надо учитывать как особенности решаемой задачи, так и особенности конкретной сети, в том числе и используемую топологию. В настоящее время действует стандарт на кабели EIA/TIA 568 (Commercial Building

Telecommunications Cabling Standard), принятый в 1995 году и заменивший все действовавшие ранее фирменные стандарты.

Основные факторы, влияющих на выбор физической среды передачи (кабельной системы):

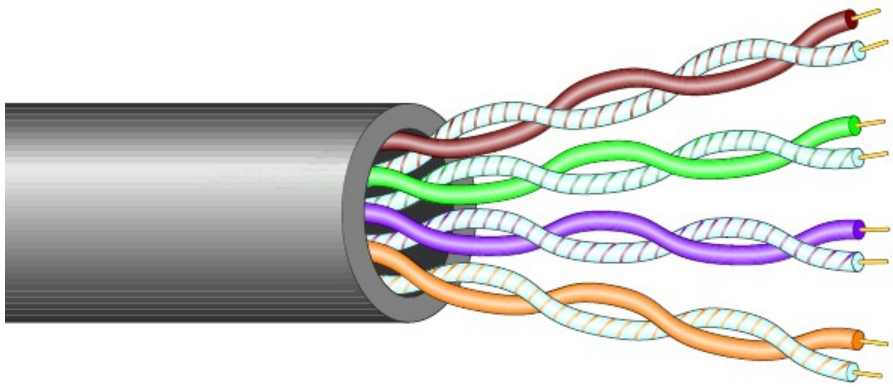
1. Требуемая пропускная способность, скорость передачи в сети;
2. Размер сети;
3. Требуемый набор служб (передача данных, речи, мультимедиа и т.д.), который необходимо организовать.
4. Требования к уровню шумов и помехозащищенности;
5. Общая стоимость проекта, включающая покупку оборудования, монтаж и последующую эксплуатацию.

Основные среды передачи данных в сетях – неэкранированная витая пара и многомодовое оптоволокно. Кабельные системы на коаксиальном кабеле еще сохранились, но их количество только уменьшается со временем.

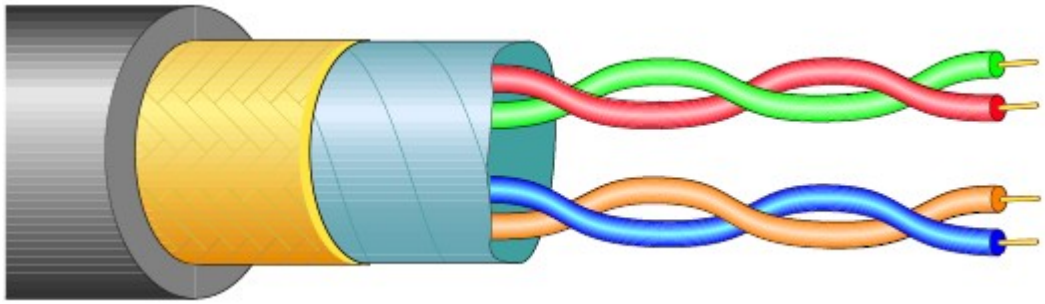
2.4.1. Кабели на основе витых пар

Витые пары проводов используются в самых дешевых и на сегодняшний день, пожалуй, самых популярных кабелях. Кабель на основе витых пар представляет собой несколько пар скрученных изолированных медных проводов в единой диэлектрической (пластиковой) оболочке. Он довольно гибкий и удобный для прокладки. Обычно в кабель входит две или четыре витые пары.

Неэкранированные витые пары характеризуются слабой защищенностью от внешних электромагнитных помех, а также слабой защищенностью от подслушивания с целью, например, промышленного шпионажа. Перехват передаваемой информации возможен как с помощью контактного метода (посредством двух иголочек, воткнутых в кабель), так и с помощью бесконтактного метода, сводящегося к радиоперехвату излучаемых кабелем электромагнитных полей. Для устранения этих недостатков применяется экранирование.



В случае экранированной витой пары STP каждая из витых пар помещается в металлическую оплетку-экран для уменьшения излучений кабеля, защиты от внешних электромагнитных помех и снижения взаимного влияния пар проводов друг на друга (crosstalk - перекрестные наводки). Естественно, экранированная витая пара гораздо дороже, чем неэкранированная, а при ее использовании необходимо применять и специальные экранированные разъемы, поэтому встречается она значительно реже, чем неэкранированная витая пара.



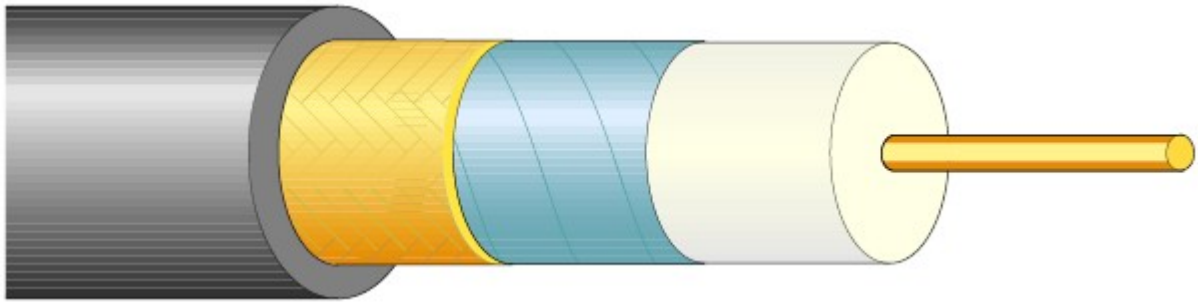
Основные достоинства неэкранированных витых пар - простота монтажа разъемов на концах кабеля, а также простота ремонта любых повреждений по сравнению с другими типами кабеля. Все остальные характеристики у них хуже, чем у других кабелей. Например, при заданной скорости передачи затухание сигнала (уменьшение его уровня по мере прохождения по кабелю) у них больше, чем у коаксиальных кабелей. Если учесть еще низкую помехозащищенность, то становится понятным, почему линии связи на основе витых пар, как правило, довольно короткие (обычно в пределах 100 метров). В настоящее время витая пара используется для передачи информации на скоростях до 100 Мбит/с и ведутся работы по повышению скорости передачи до 1000 Мбит/с.

Согласно стандарту EIA/TIA 568, существуют пять категорий кабелей на основе неэкранированной витой пары (UTP):

- Кабель категории 1 — это обычный телефонный кабель (пары проводов не витые), по которому можно передавать только речь, но не данные. Данный тип кабеля имеет большой разброс параметров (волнового сопротивления, полосы пропускания, перекрестных наводок).
- Кабель категории 2 - это кабель из витых пар для передачи данных в полосе частот до 1 МГц. Кабель не тестируется на уровень перекрестных наводок. В настоящее время он используется очень редко. Стандарт EIA/TIA 568 не различает кабели категорий 1 и 2.
- Кабель категории 3 — для передачи данных в полосе часто до 16 МГц. Кабель тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом.
- Кабель категории 4 - это кабель, передающий данные в полосе частот до 20 МГц. Используется редко, так как не слишком заметно отличается от категории 3. Стандартом рекомендуется вместо кабеля категории 3 переходить сразу на кабель категории 5. Кабель категории 4 тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Кабель был разработан для работы в сетях по стандарту IEEE 802.5.
- Кабель категории 5 - рассчитан на передачу данных в полосе частот до 100 МГц. Кабель тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Рекомендуется к применению в сетях Fast Ethernet.
- Кабель категории 6 - кабеля для передачи данных в полосе частот до 200 МГц. Кабель тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Рекомендуется к применению в сетях Gigabit Ethernet.
- Кабель категории 7 - перспективный тип кабеля для передачи данных в полосе частот до 600 МГц.
- Кабель категории 8 - перспективный тип кабеля для передачи данных в полосе частот до 1200 МГц.

2.4.2. Коаксиальные кабели

Коаксиальный кабель представляет собой электрический кабель, состоящий из центрального провода и металлической оплетки, разделенных между собой слоем диэлектрика (внутренней изоляции) и помещенных в общую внешнюю оболочку



Коаксиальный кабель ранее был достаточно распространен, что связано с его высокой помехозащищенностью (благодаря металлической оплетке), а также более высокими, чем в случае витой пары, допустимыми скоростями передачи данных (до 500 Мбит/с) и большими допустимыми расстояниями передачи (до километра и выше). К нему труднее механически подключиться для несанкционированного прослушивания сети, он также дает заметно меньше электромагнитных . излучений вовне. Однако монтаж и ремонт коаксиального кабеля существенно сложнее, чем витой пары, а стоимость его выше. Сложнее и установка разъемов на концах кабеля. Поэтому его сейчас применяют реже, чем витую пару.

Основное применение коаксиальный кабель находит в сетях с топологией типа «шина». При этом на концах кабеля обязательно должны устанавливаться терминаторы для предотвращения внутренних отражений сигнала, причем один (и только один!) из терминаторов должен быть заземлен. Без заземления металлическая оплетка не защищает сеть от внешних электромагнитных помех и не снижает излучение передаваемой по сети информации во внешнюю среду. Но при заземлении оплетки в двух или более точках из строя может выйти не только сетевое оборудование, но и компьютеры, подключенные к сети. Терминаторы должны быть обязательно согласованы с кабелем, то есть их сопротивление должно быть равно волновому сопротивлению кабеля. Например, если используется 50-омный кабель, для него подходят только 50-омные терминаторы.

Реже коаксиальные кабели применялись в сетях с топологией «звезда» и «пассивная звезда» (например, в сети Arcnet). В этом случае проблема согласования существенно упрощается, так как внешних терминаторов на свободных концах не требуется.

Волновое сопротивление кабеля указывается в сопроводительной документации. Чаще всего в локальных сетях применялись 50-омные (например, RG-58, RG-11) и 93-омные кабели (например, RG-62). 75-омные кабели, распространенные в телевизионной технике, в локальных сетях не используются. Вообще, марок коаксиального кабеля значительно меньше, чем кабелей на основе витых пар. Он не считается особо перспективным – в сетях Fast Ethernet и Gigabit Ethernet не предусмотрено применение коаксиальных кабелей.

Существует два основных типа коаксиального кабеля:

- тонкий (thin) кабель, имеющий диаметр около 0,5 см, более гибкий;
- толстый (thick) кабель, имеющий диаметр около 1 см, значительно более жесткий. Он представляет собой классический вариант коаксиального кабеля, который уже давно полностью вытеснен более современным тонким кабелем.

Тонкий кабель используется для передачи на меньшие расстояния, чем толстый, так как в нем сигнал затухает сильнее. Зато с тонким кабелем гораздо удобнее работать: его можно оперативно проложить к каждому компьютеру, а толстый требует жесткой фиксации на стене помещения. Подключение к тонкому кабелю (с помощью разъемов BNC байонетного типа) проще и не требует дополнительного оборудования, а для подключения к толстому кабелю надо использовать специальные довольно дорогие устройства (vampire tap - зуб вампира), прокалывающие его оболочки и устанавливающие контакт как с центральной жилой, так и с экраном. Толстый кабель к тому же примерно вдвое дороже, чем тонкий, поэтому обычно применяется только тонкий кабель.

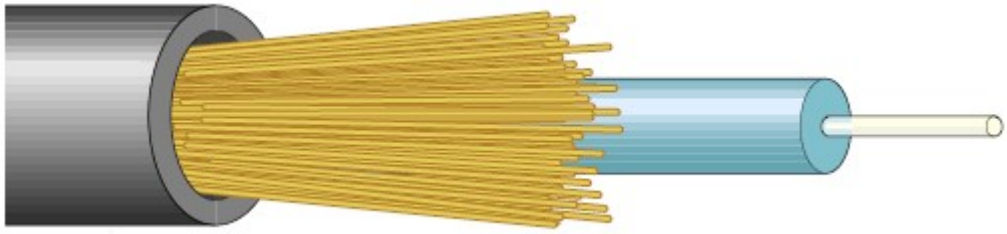
Типичные величины задержки распространения сигнала в коаксиальном кабеле составляют для тонкого кабеля около 5 нс/м, а для толстого — около 4,5 нс/м.

Существуют варианты коаксиального кабеля с двойным экраном (один экран расположен внутри другого и отделен от него дополнительным слоем изоляции). Такие кабели имеют лучшую помехозащищенность и защиту от прослушивания, но они немного дороже обычных.

В настоящее время считается, что коаксиальный кабель устарел, в большинстве случаев его вполне может заменить витая пара или оптоволоконный кабель. Новые стандарты на кабельные системы уже не включают его в перечень типов кабелей.

2.4.3. Оптоволоконные кабели

Оптоволоконный (он же волоконно-оптический) кабель — это принципиально иной тип кабеля по сравнению с рассмотренными двумя типами электрического или медного кабеля. Информация по нему передается не электрическим сигналом, а световым. Главный его элемент - это прозрачное стекловолокно, по которому свет проходит на огромные расстояния (до десятков километров) с незначительным ослаблением.



Структура оптоволоконного кабеля очень проста и похожа на структуру коаксиального электрического кабеля, только вместо центрального медного провода здесь используется тонкое (диаметром порядка 1-10 мкм) стекловолокно, а вместо внутренней изоляции - стеклянная или пластиковая оболочка, не позволяющая свету выходить за пределы стекловолокна. В данном случае мы имеем дело с режимом так называемого полного внутреннего отражения света от границы двух веществ с разными коэффициентами преломления (у стеклянной оболочки коэффициент преломления значительно ниже, чем у центрального волокна). Металлическая оплетка кабеля обычно отсутствует, так как экранирование от внешних электромагнитных помех здесь не требуется, однако иногда ее все-таки применяют для механической защиты от окружающей среды (такой кабель иногда называют броневым, он может объединять под одной оболочкой несколько оптоволоконных кабелей).

Оптоволоконный кабель обладает исключительными характеристиками по помехозащищенности и секретности передаваемой информации. Никакие внешние электромагнитные помехи в принципе не способны исказить световой сигнал, а сам этот сигнал принципиально не порождает внешних электромагнитных излучений.

Подключиться к этому типу кабеля для несанкционированного прослушивания сети практически невозможно, так как это требует нарушения целостности кабеля. Теоретически возможная полоса пропускания такого кабеля достигает величины 1012 Гц, что несравнимо выше, чем у любых электрических кабелей. Стоимость оптоволоконного кабеля постоянно снижается и сейчас примерно равна стоимости тонкого коаксиального кабеля. Однако в данном случае необходимо применение специальных оптических приемников и передатчиков, преобразующих световые сигналы в электрические и обратно, что порой существенно увеличивает стоимость сети в целом.

Типичная величина затухания сигнала в оптоволоконных кабелях на частотах, используемых в локальных сетях, составляет около 5 дБ/км, что примерно соответствует показателям электрических кабелей на низких частотах. Но в случае оптоволоконного кабеля при росте частоты передаваемого сигнала затухание увеличивается очень незначительно, и на больших частотах (особенно свыше 200 МГц) его преимущества перед электрическим кабелем неоспоримы, он просто не имеет конкурентов.

Однако оптоволоконный кабель имеет и некоторые недостатки. Главный из них - высокая сложность монтажа (при установке разъемов необходима микронная точность, от точности скола стекловолокна и степени его полировки сильно зависит затухание в разъеме). Для установки разъемов применяют сварку или склеивание с помощью специального геля, имеющего такой же коэффициент преломления света, что и стекловолокно. В любом случае для этого нужна высокая квалификация персонала и специальные инструменты. Поэтому чаще всего оптоволоконный кабель продается в виде заранее нарезанных кусков разной длины, на обоих концах которых уже установлены разъемы нужного типа.

Хотя оптоволоконные кабели и допускают разветвление сигналов (для этого выпускаются специальные разветвители на 2-8 каналов), как правило, их используют для передачи данных только в одном направлении, между одним передатчиком и одним приемником. Ведь любое разветвление неизбежно сильно ослабляет световой сигнал, и если разветвлений будет много, то свет может просто не дойти до конца сети.

Оптоволоконный кабель менее прочен, чем электрический, и менее гибкий (типичная величина допустимого радиуса изгиба составляет около 10—20 см). Чувствителен он и к ионизирующим излучениям, из-за которых снижается прозрачность стекловолокна, то есть увеличивается затухание сигнала. Чувствителен он также к резким перепадам температуры, в результате которых стекловолокно может треснуть.

Оптоволоконные кабели чувствительны также к механическим воздействиям (удары, ультразвук) — так называемый микрофонный эффект. Для его уменьшения используют мягкие звукопоглощающие оболочки.

Применяют оптоволоконный кабель только в сетях с топологией «звезда» и «кольцо». Никаких проблем согласования и заземления в данном случае не существует. Кабель обеспечивает идеальную гальваническую развязку компьютеров сети. В будущем этот тип кабеля, вероятно, вытеснит электрические кабели всех типов или, во всяком случае, сильно потеснит их. Запасы меди на планете истощаются, а сырья для производства стекла более чем достаточно.

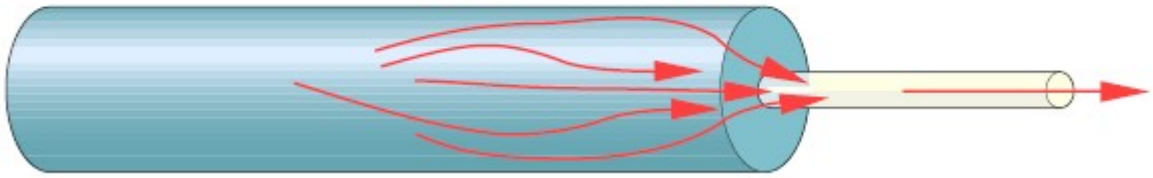
Существуют два различных типа оптоволоконных кабелей:

- многомодовый (multimode), или мультимодовый, кабель, более дешевый, но менее качественный;
- одномодовый (single mode) кабель, более дорогой, но имеющий лучшие характеристики.

Основные различия между этими типами связаны с разным режимам прохождения световых лучей в кабеле.

В одномодовом кабеле практически все лучи проходят один и тот же путь, в результате чего все они достигают приемника одновременно, и форма сигнала практически не искажается. Одномодовый кабель имеет диаметр центрального волокна около 1,3 мкм и передает свет только с такой же длиной волны (1,3 мкм). Дисперсия и потери сигнала при этом очень незначительны, что позволяет передавать сигналы на значительно большее расстояние, чем в случае применения многомодового кабеля. Для одномодового кабеля применяются лазерные приемопередатчики, использующие свет исключительно с требуемой длиной волны. Такие приемопередатчики сравнительно дороги. Однако в перспективе одномодовый кабель должен стать основным благодаря своим прекрасным характеристикам.

Single-Mode



Multimode

В многомодовом кабеле траектории световых лучей имеют заметный разброс, в результате чего форма сигнала на приемном конце кабеля искажается. Центральное волокно имеет диаметр 62,5 мкм, а диаметр внешней оболочки - 125 мкм (это иногда обозначается как 62,5/125). Для передачи используется обычный (не лазерный) светодиод, что снижает стоимость приемопередатчиков по сравнению с одномодовым кабелем. Длина волны света в многомодовом кабеле равна 0,85 мкм. Допустимая длина кабеля достигает 2-5 км. В настоящее время многомодовый кабель - основной тип оптоволоконного кабеля, так как стоимость оборудования для него ниже.

Задержка распространения сигнала в оптоволоконном кабеле не сильно отличается от задержки в электрических кабелях. Типичная величина задержки для наиболее распространенных кабелей составляет около 4-5 нс/м.

2.4.4. Беспроводные каналы связи

Кроме кабельных, в компьютерных сетях иногда используются также бескабельные каналы. Их главное преимущество состоит в том, что не требуется никакой прокладки проводов (не надо делать отверстий в стенах, не надо закреплять кабель в трубах и желобах, прокладывать его под фальшполами, над подвесными потолками или в вентиляционных коробах, не надо искать и устранять повреждения кабеля). К тому же компьютеры сети можно в этом случае легко перемещать в пределах комнаты или здания, так как они ни к чему не привязаны.

Радиоканал использует передачу информации по радиоволнам, поэтому я может обеспечить связь на многие десятки, сотни и даже тысячи километров. Скорость передачи может достигать десятков мегабит в секунду здесь многое зависит от выбранной длины волны и способа кодирования). В настоящее время в локальных сетях все чаще используют радиоканалы. Для глобальных сетей радиоканал часто является единственно возможным решением, так как позволяет с помощью спутников-ретрансляторов сравнительно просто обеспечить связь со всем миром. Используют радиоканалы и для связи в единую сеть двух и более локальных сетей, находящихся далеко друг от друга.

Существует несколько стандартных типов радиопередачи информации. Остановимся на двух из них.

- Передача в узком спектре (или одночастотная передача) рассчитана на охват площади до 46 500 м^2. Радиосигнал в данном случае не проникает через металлические и железобетонные преграды, поэтому даже в пределах одного здания могут быть серьезные проблемы со связью. Связь в данном случае относительно медленная (около 4,8 Мбит/с).
- Передача в рассеянном спектре для преодоления недостатков одночастотной передачи предполагает использование некоторой полосы частот, разделенной на каналы. Все абоненты сети через определенный временной интервал синхронно переходят на следующий канал. Для повышения секретности используется специальное кодирование информации. Скорость передачи при этом невысока - не более 2 Мбит/с, расстояние между абонентами - не более 3,2 км на открытом пространстве и не более 120 м внутри здания.

Кроме указанных типов, существуют и другие радиоканалы, например сотовые сети, строящиеся по тем же принципам, что и сотовые телефонные сети (они используют равномерно распределенные по площади ретрансляторы), а также микроволновые сети, применяющие узконаправленную передачу между наземными объектами или между спутником и наземной станцией.

Инфракрасный канал также не требует соединительных проводов, так как использует для связи инфракрасное излучение (подобно пульту дистанционного управления домашнего телевизора). Главное его преимущество по сравнению с радиоканалом - нечувствительность к электромагнитным помехам, что позволяет применять его, например, в производственных условиях. Правда, в данном случае требуется довольно высокая мощность передачи, чтобы не влияли никакие другие источники теплового (инфракрасного) излучения. Плохо работает инфракрасная связь и в условиях сильной запыленности воздуха.

Предельные скорости передачи информации по инфракрасному каналу не превышают 5-10 Мбит/с. Секретность передаваемой информации, как и для радиоканала, также не достигается. Как и в случае радиоканала требуются сравнительно дорогие приемники и передатчики. Все это приводит к тому, что применяют инфракрасные каналы довольно редко.

Инфракрасные каналы делятся на две группы:

- Каналы прямой видимости, в которых связь осуществляется на лучах, идущих непосредственно от передатчика к приемнику. При этом связь возможна только при отсутствии препятствий между компьютерами сети. Протяженность канала прямой видимости может достигать нескольких километров.
- Каналы на рассеянном излучении, которые работают на сигналах, отраженных от стен, потолка, пола и других препятствий. Препятствия в данном случае не страшны, но связь может осуществляться только в пределах одного помещения

2.5. Оборудование для локальных сетей

Аппаратура локальных сетей обеспечивает взаимодействие по сети между абонентами. Выбор аппаратуры имеет важнейшее значение на этапе проектирования сети, так как стоимость аппаратуры составляет наиболее существенную часть от стоимости сети в целом, а замена аппаратуры связана не только с дополнительными расходами, но зачастую и с трудоемкими работами. К аппаратуре локальных сетей относятся:

- кабели для передачи информации;
- разъемы для присоединения кабелей;
- согласующие терминаторы;
- сетевые адаптеры;
- репитеры;
- трансиверы;
- концентраторы;
- мосты;
- маршрутизаторы;
- шлюзы.

О первых трех компонентах сетевой аппаратуры уже говорилось ранее. Остановимся теперь на функциях остальных компонентов.

2.5.1. Сетевые адаптеры

Сетевые адаптеры (они же контроллеры, карты, платы, интерфейсы, NIC - Network Interface Card) - это основная часть аппаратуры локальной сети, без которой сеть невозможна. Назначение сетевого адаптера - сопряжение компьютера (или другого абонента) с сетью, то есть обеспечение обмена информацией между компьютером и каналом связи в соответствии с принятыми правилами обмена. Именно они выполняют функции нижних уровней модели OSI. Как правило, сетевые адаптеры выполняются в виде платы, вставляемой в слоты расширения шины компьютера. Плата сетевого адаптера обычно имеет также один или несколько внешних разъемов для подключения к ней кабеля сети.

Все функции сетевого адаптера делятся на магистральные и сетевые. К магистральным относятся те функции, которые осуществляют обмен адаптера с магистралью (системной шиной) компьютера (то есть опознание своего магистрального адреса, пересылка данных в компьютер и из компьютера, выработка сигнала прерывания компьютера и т.д.). Сетевые функции обеспечивают общение адаптера с сетью.

К основным сетевым функциям адаптеров относятся следующие:

- гальваническая развязка компьютера и кабеля локальной сети (для этого обычно используется передача сигналов через импульсные трансформаторы);
- преобразование логических сигналов в сетевые и обратно;
- кодирование и декодирование сетевых сигналов;
- опознание принимаемых пакетов (выбор из всех приходящих пакетов тех, которые адресованы данному абоненту);
- преобразование параллельного кода в последовательный при передаче и обратное преобразование при приеме;
- буферирование передаваемой и принимаемой информации в буферной памяти адаптера;
- организация доступа к сети в соответствии с принятым методом управления обменом;

- подсчет контрольной суммы пакетов при передаче и приеме.

Некоторые адаптеры позволяют реализовать функцию удаленной загрузки, то есть поддерживать работу в сети бездисковых компьютеров, загружающих свою операционную систему прямо из сети. Для этого в состав таких адаптеров включается постоянная память с соответствующей программой загрузки. Правда, не все сетевые программные средства поддерживают данный режим работы.

2.5.2. Трансиверы

Трансиверы, или приемопередатчики (от английского TRANsmitter + reCEIVER), служат для передачи информации между адаптером и кабелем сети или между двумя сегментами (частями) сети. Трансиверы усиливают сигналы, преобразуют их уровни или преобразуют сигналы в другую форму (например, из электрической в световую и обратно). Трансиверами также часто называют встроенные в адаптер приемопередатчики.

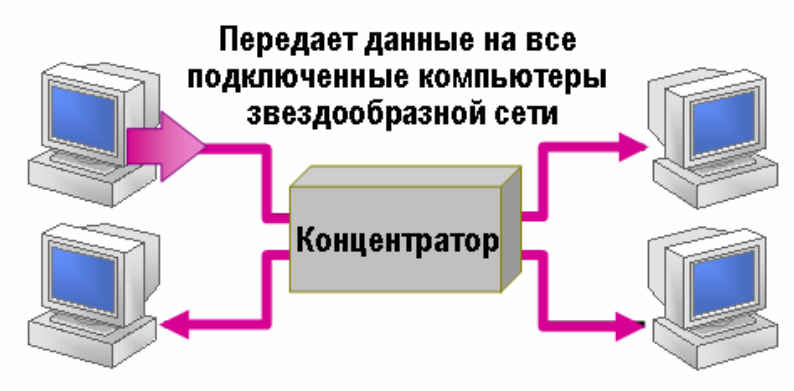
2.5.3. Повторители

Репитеры, или повторители (repeater), выполняют более простую функцию, чем трансиверы. Они не преобразуют ни уровни сигналов, ни их вид, а только восстанавливают ослабленные сигналы (их амплитуду и форму), приводя их форму к исходному виду. Цель такой ретрансляции сигналов состоит в увеличении длины сети. Однако часто репитеры выполняют и некоторые другие функции, например гальваническую развязку соединяемых сегментов. В любом случае, как репитеры, так и трансиверы не производят никакой информационной обработки проходящих через них сигналов.

2.5.4. Концентраторы

Концентраторы (hub), как следует из их названия, служат для объединения в сеть нескольких сегментов. Концентраторы (или репитерные концентраторы) представляют собой несколько собранных в едином конструктиве репитеров, они выполняют те же функции, что и репитеры.

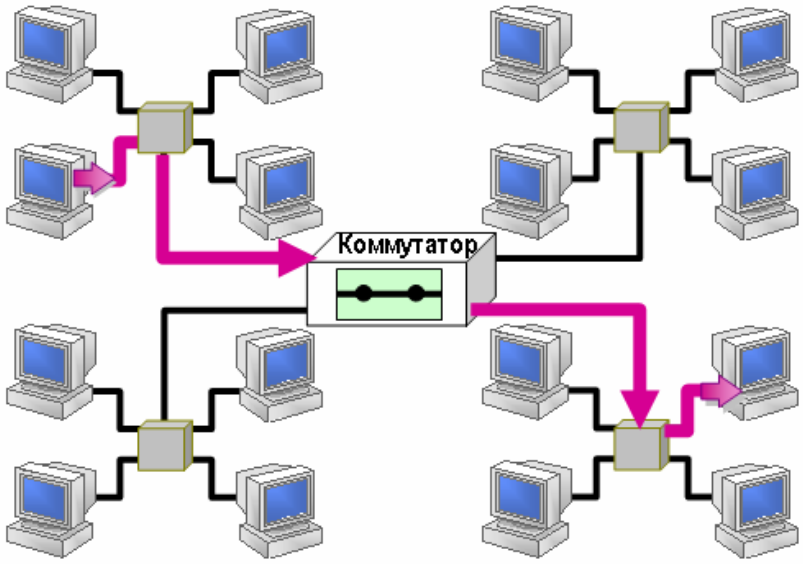
Преимущество подобных концентраторов по сравнению с отдельными репитерами в том, что все точки подключения собраны в одном месте, это упрощает реконфигурацию сети, контроль и поиск неисправностей. К тому же все репитеры в данном случае питаются от единого качественного источника питания.



Концентраторы иногда вмешиваются в обмен, помогая устранять некоторые явные ошибки обмена. В любом случае они работают на первом уровне модели OSI, так как имеют дело только с физическими сигналами, с битами пакета и не анализируют содержимое пакета, рассматривая пакет как единое целое. На первом же уровне работают и трансиверы, и репитеры.

2.5.5. Коммутаторы

Коммутаторы (коммутирующие концентраторы, switch), как и концентраторы, служат для соединения сегментов в сеть. Они также выполняют более сложные функции, производя сортировку поступающих на них пакетов.



Коммутаторы передают из одного сегмента сети в другой не все поступающие на них пакеты, а только те, которые адресованы компьютерам из другого сегмента. Пакеты, передаваемые между абонентами одного сегмента, через коммутатор не проходят. При этом сам пакет коммутатором не принимается, а только пересылается. Интенсивность обмена в сети снижается вследствие разделения нагрузки, поскольку каждый сегмент работает не только со своими пакетами, но и с пакетами, пришедшими из других сегментов.

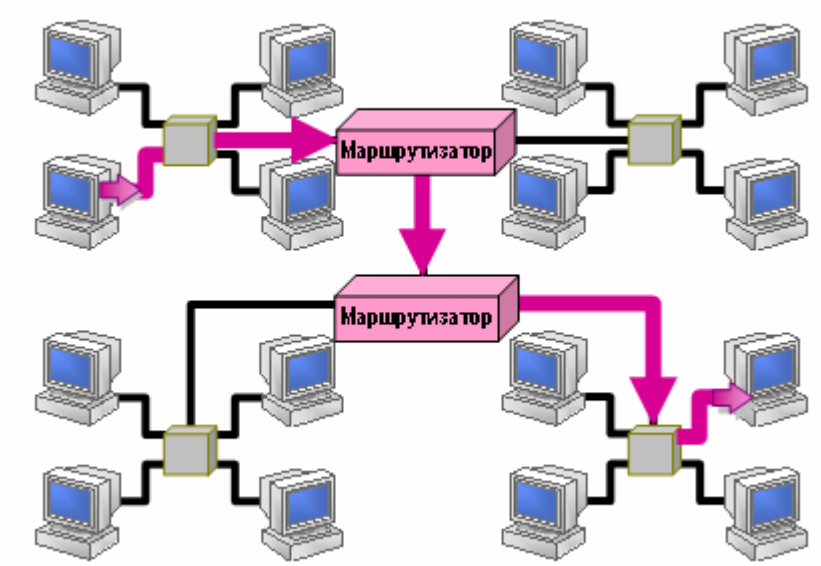
Коммутатор работает на втором уровне модели OSI (подуровень MAC), анализируя MAC-адреса внутри пакета. Естественно, он выполняет и функции первого уровня.

В настоящее время цена на коммутаторы находится на уровне концентраторов, поэтому выпуск концентраторов прекращен большинством производителей сетевого оборудования.

2.5.6. Маршрутизаторы

Маршрутизаторы, как и коммутаторы, ретранслируют пакеты из одной части сети в другую (из одного сегмента в другой). Но между ними есть принципиальные отличия:

- Маршрутизаторы работают не с физическими адресами устройств в сети (MAC-адресами), а с логическими сетевыми адресами (IP-адресами).
- Маршрутизаторы ретранслируют не всю приходящую информацию, а только ту информацию, которая адресована им лично, и отбрасывают широковещательные пакеты. (Все абоненты должны знать о существовании в сети маршрутизатора.)
- Самое главное — маршрутизаторы поддерживают сети с множеством возможных маршрутов, путей передачи информации. Коммутаторы же требуют, чтобы в сети не было петель, чтобы путь распространения информации между двумя любыми абонентами был единственным.
- Маршрутизаторы используются для связи локальных сетей с глобальными, в частности с сетью Internet.



Маршрутизаторы часто применяются для связи локальных сетей разных типов. Преобразование формата пакетов, требуемое в данной ситуации, для маршрутизатора не представляет никакой сложности. Например, большие пакеты сети FDDI могут разбиваться (фрагментироваться) на несколько меньших пакетов Ethernet.

Маршрутизаторы легко преобразуют скорости передачи, связывая, например, между собой сети Ethernet, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet. Не пропуская широковещательных пакетов, они лучше справляются с этой задачей, чем коммутаторы, так как защищают медленные сегменты от перегрузок со стороны быстрых сегментов.

2.6. Современные стандартные технологии локальных сетей

За время, прошедшее с момента появления первых локальных сетей, было разработано несколько сот самых разных сетевых технологий, однако заметное распространение получили немногие. Это связано, прежде всего, с высоким уровнем стандартизации принципов организации сетей и с поддержкой их известными компаниями. Тем не менее, не всегда стандартные сети обладают рекордными характеристиками, обеспечивают наиболее оптимальные режимы обмена. Но большие объемы выпуска их аппаратуры и, следовательно, ее невысокая стоимость дают им огромные преимущества. Немаловажно и то, что производители программных средств также в первую очередь ориентируются на самые распространенные сети. Поэтому пользователь, выбирающий стандартные сети, имеет полную гарантию совместимости аппаратуры и программ.

В настоящее время уменьшение количества типов используемых сетей стало тенденцией. Дело в том, что увеличение скорости передачи в локальных сетях до 100 и даже до 1000 Мбит/с требует применения самых передовых технологий, проведения дорогих научных исследований. Естественно, это могут позволить себе только крупнейшие фирмы, которые поддерживают свои стандартные сети и их более совершенные разновидности. К тому же большинство потребителей уже установило у себя какие-то сети и не желает сразу и полностью заменять сетевое оборудование, В ближайшем будущем вряд ли стоит ожидать того, что будут приняты принципиально новые стандарты.

2.6.1. Ethernet

Наибольшее распространение среди стандартных сетей получила сеть Ethernet. Впервые она появилась в 1972 году (разработчиком выступила известная фирма Xerox). Сеть оказалась довольно удачной, и вследствие этого ее в 1980 году поддержали такие крупнейшие компании, как DEC и Intel (объединение этих компаний назвали DIX по первым буквам их названий). Их стараниями в 1985 году сеть Ethernet стала международным стандартом, ее приняли крупнейшие международные организации по стандартам: комитет 802 IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) и ECMA (European Computer Manufacturers Association).

Стандарт получил название IEEE 802.3 (по-английски читается как «eight oh two dot three»). Он определяет два режима работы:

- **полудуплексный** (half duplex), в котором используется множественный доступ к моноканалу типа шина с обнаружением конфликтов и контролем передачи – метод доступа CSMA/CD – в любой момент времени абонент сети может выполнять либо прием, либо передачу данных, но не обе эти задачи
- **полнодуплексный** (full duplex) - в любой момент времени абонент сети может одновременно выполнять прием и передачу данных.

Этому стандарту удовлетворяли и некоторые другие сети, так как уровень его детализации невысок. В результате сети стандарта IEEE 802.3 нередко были несовместимы между собой как по конструктивным, так и по электрическим характеристикам. Однако в последнее время стандарт IEEE 802.3 считается стандартом именно сети Ethernet.

Основные характеристики первоначального стандарта IEEE 802.3:

- топология – шина
- среда передачи – коаксиальный кабель

- скорость передачи – 10 Мбит/с
- максимальная длина сети – 5 км
- максимальное количество абонентов – до 1024
- длина сегмента сети – до 500 м
- количество абонентов на одном сегменте – до 100
- метод доступа – CSMA/CD

Строго говоря, между стандартами IEEE 802.3 и Ethernet существуют незначительные отличия, но о них обычно предпочитают не вспоминать.

Сеть Ethernet сейчас наиболее популярна в мире (более 90% рынка), предположительно таковой она и останется в ближайшие годы. Этому в немалой степени способствовало то, что с самого начала характеристики, параметры, протоколы сети были открыты, в результате чего огромное число производителей во всем мире стали выпускать аппаратуру Ethernet, полностью совместимую между собой.

Следует отметить, что сеть Ethernet не отличается ни рекордными характеристиками, ни оптимальными алгоритмами, она уступает по ряду параметров другим стандартным сетям. Но благодаря мощной поддержке, высочайшему уровню стандартизации, огромным объемам выпуска технических средств, Ethernet выгодно выделяется среди других стандартных сетей, и поэтому любую другую сетевую технологию принято сравнивать именно с Ethernet.

Для сети Ethernet, работающей на скорости 10 Мбит/с, стандарт определяет четыре основных типа сегментов сети, ориентированных на различные среды передачи информации:

- 10BASE5 (толстый коаксиальный кабель);
- 10BASE2 (тонкий коаксиальный кабель);
- 10BASE-T (витая пара);
- 10BASE-FL (оптоволоконный кабель).

Наименование сегмента включает в себя три элемента: цифра «10» означает скорость передачи 10 Мбит/с, слово BASE – передачу в основной полосе частот (то есть без модуляции высокочастотного сигнала), а последний элемент – допустимую длину сегмента: «5» – 500 метров, «2» – 200 метров (точнее, 185 метров) или тип линии связи: «T» – витая пара (от английского «twisted-pair»), «F» – оптоволоконный кабель (от английского «fiber optic»).

Доступ к сети Ethernet в полудуплексном режиме осуществляется по случайному методу CSMA/CD, обеспечивающему равноправие абонентов. Название CSMA/CD можно разбить на две части: Carrier Sense Multiple Access и Collision Detection. Из первой части имени можно заключить, каким образом узел с сетевым адаптером определяет момент, когда ему следует послать сообщение. В соответствии с протоколом CSMA, сетевой узел вначале "слушает" сеть, чтобы определить, не передается ли в данный момент какое-либо другое сообщение. Если прослушивается несущий сигнал (carrier tone), значит в данный момент сеть занята другим сообщением - сетевой узел переходит в режим ожидания и пребывает в нем, пока сеть не освободится. Когда в сети наступает молчание, узел начинает передачу. Фактически данные посылаются всем узлам сети или сегмента, но принимаются лишь тем узлом, которому они адресованы.

Collision Detection - вторая часть имени - служит для разрешения ситуаций, когда два или более узла пытаются передавать сообщения одновременно. Согласно протоколу CSMA, каждый готовый к передаче узел должен вначале слушать сеть, чтобы определить, свободна ли она. Однако, если два узла слушают в одно и тоже время, оба они решат, что сеть свободна, и начнут передавать свои пакеты

одновременно. В этой ситуации передаваемые данные накладываются друг на друга (сетевые инженеры называют это конфликтом), и ни одно из сообщений не доходит до пункта назначения. Collision Detection требует, чтобы узел прослушал сеть также и после передачи пакета. Если обнаруживается конфликт, то узел повторяет передачу через случайным образом выбранный промежуток времени и вновь проверяет, не произошел ли конфликт.

В сети используются пакеты переменной длины. Минимальная длина кадра составляет 64 байта, максимальная равна 1518 байтам. Предусмотрена индивидуальная, групповая и широковещательная адресация.

Помимо стандартной топологии шина применяется топология типа пассивная звезда, при этом предполагается использование репитеров и репитерных концентраторов, соединяющих между собой различные части (сегменты) сети. В качестве сегмента (части сети) может выступать классическая шина или единичный абонент. Для шинных сегментов используется коаксиальный кабель, а для лучей пассивной звезды (для присоединения к концентратору одиночных компьютеров) – витая пара и оптоволоконный кабель. Главное требование к полученной в результате топологии – чтобы в ней не было замкнутых путей (петель). Фактически получается, что все абоненты соединены в физическую шину, так как сигнал от каждого из них распространяется сразу во все стороны и не возвращается назад (как в кольце).

В классической сети Ethernet применялся 50-омный коаксиальный кабель двух видов (толстый и тонкий). Однако в последнее время (с начала 90-х годов) наибольшее распространение получила версия Ethernet, использующая в качестве среды передачи витые пары. Определен также стандарт для применения в сети оптоволоконного кабеля. Для учета этих изменений в изначальный стандарт IEEE 802.3 были сделаны соответствующие добавления.

В 1995 году появился дополнительный стандарт на более быструю версию Ethernet, работающую на скорости 100 Мбит/с (так называемый Fast Ethernet, стандарт IEEE 802.3u), использующую в качестве среды передачи витую пару или оптоволоконный кабель. В 1997 году появилась и версия на скорость 1000 Мбит/с (Gigabit Ethernet, стандарты IEEE 802.3z и 802.3ab), а в 2002 году появилась версия на скорость 10 Гбит/с (10G Ethernet, стандарты IEEE 802.3ae и 802.3an).

Развитие технологии Ethernet идет по пути все большего отхода от первоначального стандарта. Применение новых сред передачи и коммутаторов позволяет существенно увеличить размер сети. Отказ от старого способа кодирования (в сети Fast Ethernet и Gigabit Ethernet) обеспечивает увеличение скорости передачи данных и снижение требований к кабелю. Отказ от метода управления CSMA/CD (при полнодуплексном режиме обмена) дает возможность резко повысить эффективность работы и снять ограничения с длины сети. Тем не менее, все новые разновидности сети также называются сетью Ethernet.

2.6.2. Fast Ethernet

В сети Fast Ethernet не предусмотрена физическая топология шина, используется только пассивная звезда или пассивное дерево. К тому же в Fast Ethernet гораздо более жесткие требования к предельной длине сети. Ведь при увеличении в 10 раз скорости передачи и сохранении формата пакета его минимальная длина становится в десять раз короче. Таким образом в 10 раз уменьшается допустимая величина двойного времени прохождения сигнала по сети (5,12 мкс против 51,2 мкс в Ethernet).

Точно так же для сети Ethernet, работающей на скорости 100 Мбит/с (Fast Ethernet) стандарт определяет три типа сегментов, отличающихся типами среды передачи:

- 100BASE-T4 (счетверенная витая пара);
- 100BASE-TX (сдвоенная витая пара);
- 100BASE-FX (оптоволоконный кабель).

Здесь цифра «100» означает скорость передачи 100 Мбит/с, буква «T» – витую пару, буква «F» – оптоволоконный кабель. Типы 100BASE-TX и 100BASE-FX иногда объединяют под именем 100BASE-X, а 100BASE-T4 и 100BASE-TX – под именем 100BASE-T.

2.6.3. Gigabit Ethernet

Сеть Gigabit Ethernet – это естественный, эволюционный путь развития концепции, заложенной в стандартной сети Ethernet. Безусловно, она наследует и все недостатки своих прямых предшественников, например, негарантированное время доступа к сети. Однако огромная пропускная способность приводит к тому, что загрузить сеть до тех уровней, когда этот фактор становится определяющим, довольно трудно. Зато сохранение преемственности позволяет достаточно просто соединять сегменты Ethernet, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet в сеть, и, самое главное, переходить к новым скоростям постепенно, вводя гигабитные сегменты только на самых напряженных участках сети.

В сети Gigabit Ethernet сохраняется все тот же хорошо зарекомендовавший себя в Fast Ethernet полнодуплексный метод доступа, используются те же форматы пакетов (кадров) и те же их размеры. Не требуется никакого преобразования протоколов в местах соединения с сегментами Ethernet и Fast Ethernet. Единственно, что нужно, – это согласование скоростей обмена.

С появлением сверхбыстродействующих серверов и распространением наиболее совершенных персональных компьютеров класса «high-end» преимущества Gigabit Ethernet становятся все более явными. Так, 64-разрядная системная магистраль PCI, уже фактический стандарт, вполне достигает требуемой для такой сети скорости передачи данных.

Работы по созданию сети Gigabit Ethernet ведутся с 1995 года. В 1998 году был принят стандарт, получивший наименование IEEE 802.3z (1000BASE-SX, 1000BASE-LX и 1000BASE-CX). В 1999 году был принят стандарт IEEE 802.3ab (1000BASE-T).

Номенклатура сегментов сети Gigabit Ethernet в настоящее время включает в себя следующие типы:

- 1000BASE-SX – сегмент на многомодовом оптоволоконном кабеле с длиной волны светового сигнала 850 нм (длиной до 550 метров). Используются светодиодные передатчики.
- 1000BASE-LX – сегмент на многомодовом (длиной до 550 метров) и одномодовом (длиной до 5000 метров) оптоволоконном кабеле с длиной волны светового сигнала 1300 нм. Используются лазерные передатчики.
- 1000BASE-CX – сегмент на экранированной витой паре (длиной до 25 метров) – на практике практически не реализован.
- 1000BASE-T (стандарт IEEE 802.3ab) – сегмент на счетверенной неэкранированной витой паре категории 5 (длиной до 100 метров). Передача ведется по каждой паре в двух направлениях.

В связи с необходимостью обеспечивать более высокую скорость, минимальная длина пакета увеличена до 512 байт (4096 бит), все пакеты с длиной меньше 512 байт расширяются до 512 байт. В противном случае пришлось бы ограничивать предельную длину сегмента сети Gigabit Ethernet. Кроме того, в Gigabit Ethernet предусмотрена возможность блочного режима передачи пакетов (frame bursting). При этом абонент, получивший право передавать и имеющий для передачи несколько пакетов, может передать не один, а несколько пакетов, последовательно, причем адресованных разным абонентам-получателям. Дополнительные передаваемые пакеты могут быть только короткими, а суммарная длина всех пакетов блока не должна превышать 8192 байта. Такое решение позволяет снизить количество захватов сети и уменьшить число коллизий. При использовании блочного режима расширяется до 512 байт только первый пакет блока для того, чтобы проверить, нет ли в сети коллизий. Остальные пакеты до 512 байт могут не расширяться.

Передача в сети Gigabit Ethernet производится в полнодуплексном режиме (аналогично предшествующей сети Fast Ethernet), не налагающем ограничений на длину сети (кроме ограничений в связи с затуханием сигнала в кабеле) и обеспечивающий отсутствие конфликтов. Полудуплексный режим (с сохранением метода доступа CSMA/CD) формально описан в стандарте, но никем из производителей сетевых устройств он не был поддержан.

Сеть Gigabit Ethernet, прежде всего, находит применение в сетях, объединяющих компьютеры крупных предприятий, которые располагаются в нескольких зданиях. Она позволяет с помощью соответствующих коммутаторов, преобразующих скорости передачи, обеспечить каналы связи с высокой пропускной способностью между отдельными частями сложной сети или линии связи коммутаторов со сверхбыстродействующими серверами

Но даже сеть Gigabit Ethernet не может решить некоторых задач. Уже предлагается и 10-гигабитная версия Ethernet, называемая 10Gigabit Ethernet (стандарт IEEE 802.3ae, принятый в 2002 году). Она принципиально отличается от предыдущих версий. В качестве среды передачи используется исключительно оптоволоконный кабель. Стандарт 802.3an, описывающий применение UTP, находится до сих пор в стадии разработки. Режим обмена – полнодуплексный. Формат пакета Ethernet прежний. Это, наверное, единственное, что остается от изначального стандарта Ethernet (IEEE 802.3).

2.6.4. Беспроводные сети

До недавнего времени беспроводная связь в локальных сетях практически не применялась. Однако с конца 90-х годов 20 века наблюдается настоящий бум беспроводных локальных сетей (WLAN – Wireless LAN). Это связано в первую очередь с успехами технологии и с теми удобствами, которые способны предоставить беспроводные сети. По имеющимся прогнозам, число пользователей беспроводных сетей в 2005 году достигнет 44 миллионов, а 80% всех мобильных компьютеров будут оснащены встроенными средствами доступа к таким сетям.

В 1997 году был принят стандарт для беспроводных сетей IEEE 802.11. Сейчас этот стандарт активно развивается и включает в себя уже несколько разделов, в том числе три локальные сети (802.11a, 802.11b и 802.11g). Стандарт содержит следующие спецификации:

- 802.11 – первоначальный стандарт WLAN. Поддерживает передачу данных со скоростями от 1 до 2 Мбит/с.
- 802.11a – высокоскоростной стандарт WLAN для частоты 5 ГГц. Поддерживает скорость передачи данных 54 Мбит/с.
- 802.11b – стандарт WLAN для частоты 2,4 ГГц. Поддерживает скорость передачи данных 11 Мбит/с.
- 802.11e – устанавливает требования качества запроса, необходимое для всех радио интерфейсов IEEE WLAN.
- 802.11f – описывает порядок связи между равнозначными точками доступа.
- 802.11g – устанавливает дополнительную технику модуляции для частоты 2,4 ГГц. Предназначен для обеспечения скоростей передачи данных до 54 Мбит/с.
- 802.11h – описывает управление спектром частоты 5 ГГц для использования в Европе и Азии.
- 802.11i – исправляет существующие проблемы безопасности в областях аутентификации и протоколов шифрования.

Разработкой и поддержкой стандарта IEEE 802.11 занимается комитет Wi-Fi Alliance. Термин Wi-Fi (wireless fidelity) используется в качестве общего имени для стандартов 802.11a и 802.11b, а также всех последующих, относящихся к беспроводным локальным сетям (WLAN).

Оборудование беспроводных сетей включает в себя точки беспроводного доступа (Access Point) и беспроводные адаптеры для каждого абонента.

Точки доступа выполняют роль концентраторов, обеспечивающих связь между абонентами и между собой, а также функцию мостов, осуществляющих связь с кабельной локальной сетью и с Интернет. Несколько близкорасположенных точек доступа образуют зону доступа Wi-Fi, в пределах которой все абоненты, снабженные беспроводными адаптерами, получают доступ к сети. Такие зоны доступа (Hotspot) создаются в местах массового скопления людей: в аэропортах, студенческих городках, библиотеках, магазинах, бизнес-центрах и т.д.

Каждая точка доступа может обслуживать несколько абонентов, но чем больше абонентов, тем меньше эффективная скорость передачи для каждого из них. Метод доступа к сети – CSMA/CD. Сеть строится по сотовому принципу. В сети предусмотрен механизм роуминга, то есть поддерживается автоматическое подключение к точке доступа и переключение между точками доступа при перемещении абонентов, хотя строгих правил роуминга стандарт не устанавливает.

Поскольку радиоканал не обеспечивает высокой степени защиты от прослушивания, в сети Wi-Fi используется специальный встроенный механизм защиты информации. Он включает средства и процедуры аутентификации для противодействия несанкционированному доступу к сети и шифрование для предотвращения перехвата информации.

Стандарт IEEE 802.11b был принят в 1999 г. и благодаря ориентации на освоенный диапазон 2,4 ГГц завоевал наибольшую популярность у производителей оборудования. В качестве базовой радиотехнологии в нем используется метод DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), который отличается высокой устойчивостью к искажению данных, помехам, в том числе преднамеренным, а также к обнаружению. Поскольку оборудование 802.11b, работающее на максимальной скорости 11 Мбит/с, имеет меньший радиус действия, чем на более низких скоростях, то стандартом 802.11b предусмотрено автоматическое понижение скорости при

ухудшении качества сигнала. Пропускная способность (теоретическая 11 Мбит/с, реальная – от 1 до 6 Мбит/с) отвечает требованиям большинства приложений. Расстояния – до 300 метров, но обычно – до 160 метров.

Стандарт IEEE 802.11a рассчитан на работу в частотном диапазоне 5 ГГц. Скорость передачи данных до 54 Мбит/с, то есть примерно в пять раз быстрее сетей 802.11b. Это наиболее широкополосный из семейства стандартов 802.11. Определены три обязательные скорости – 6, 12 и 24 Мбит/с и пять необязательных – 9, 18, 36, 48 и 54 Мбит/с. В качестве метода модуляции сигнала принято ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM). Его наиболее существенное отличие от методов DSSS заключается в том, что OFDM предполагает параллельную передачу полезного сигнала одновременно по нескольким частотам диапазона, в то время как технологии расширения спектра передают сигналы последовательно. В результате повышается пропускная способность канала и качество сигнала. К недостаткам 802.11a относятся большая потребляемая мощность радиопередатчиков для частот 5 ГГц, а также меньший радиус действия (около 100 м). Кроме того, устройства для 802.11a дороже, но со временем ценовой разрыв между продуктами 802.11b и 802.11a будет уменьшаться.

Стандарт IEEE 802.11g является новым стандартом, регламентирующим метод построения WLAN, функционирующих в нелицензируемом частотном диапазоне 2,4 ГГц. Благодаря применению технологии ортогонального частотного мультиплексирования (OFDM) максимальная скорость передачи данных в беспроводных сетях IEEE 802.11g составляет 54 Мбит/с. Оборудование, поддерживающее стандарт IEEE 802.11g, например точки доступа беспроводных сетей, обеспечивает одновременное подключение к сети беспроводных устройств стандартов IEEE 802.11g и IEEE 802.11b. Стандарт 802.11g представляет собой развитие 802.11b и обратно совместим с 802.11b. Теоретически 802.11g обладает достоинствами двух своих предшественников. В числе преимуществ 802.11g надо отметить низкую потребляемую мощность, большие расстояния (до 300 м) и высокую проникающую способность сигнала.

Спецификация IEEE 802.11d устанавливает универсальные требования к физическому уровню (процедуры формирования каналов, псевдослучайные последовательности частот и т. д.). Стандарт 802.11d пока находится в стадии разработки.

Спецификация IEEE 802.11e позволит создавать мультисервисные беспроводные сети для корпораций и индивидуальных потребителей. При сохранении полной совместимости с действующими стандартами 802.11a и b она расширит их функциональность за счет обслуживания потоковых мультимедиа-данных и гарантированного качества услуг. Пока утвержден предварительный вариант спецификаций 802.11e.

Спецификация IEEE 802.11f описывает протокол обмена служебной информацией между точками доступа (Inter-Access Point Protocol, IAPP), что необходимо для построения распределенных беспроводных сетей передачи данных. Находится в стадии разработки.

Спецификация IEEE 802.11h предусматривает возможность дополнения действующих алгоритмами эффективного выбора частот для офисных и уличных беспроводных сетей, а также средствами управления использованием спектра, контроля излучаемой мощности и генерации соответствующих отчетов. Находится в стадии разработки.

Таким образом, беспроводные сети весьма перспективны. Несмотря на свои недостатки, главный из которых – незащищенность среды передачи, они обеспечивают простое подключение абонентов, не требующее кабелей, мобильность, гибкость и масштабируемость сети. К тому же, что немаловажно, от пользователей не требуется знания сетевых технологий.

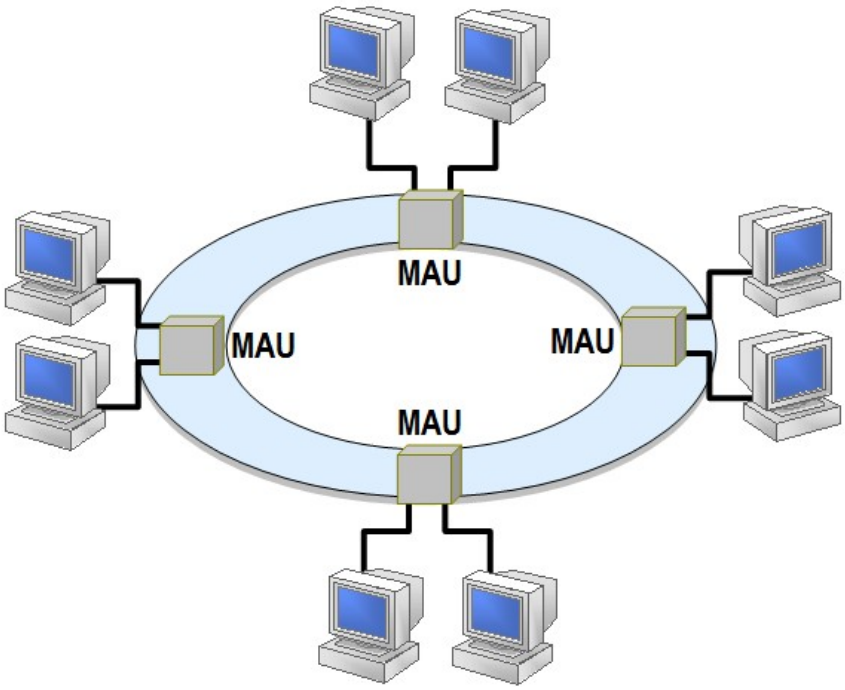
2.7. Устаревшие стандартные технологии локальных сетей

2.7.1. Сеть Token-Ring

Сеть Token-Ring (маркерное кольцо) была предложена компанией IBM в 1985 году (первый вариант появился в 1980 году). Она предназначалась для объединения в сеть всех типов компьютеров, выпускаемых IBM. Token-Ring является в настоящее время международным стандартом IEEE 802.5 (хотя между Token-Ring и IEEE 802.5 есть незначительные отличия).

Разрабатывалась Token-Ring как надежная альтернатива Ethernet, но сейчас Ethernet вытеснил все остальные сети, и Token-Ring можно считать безнадежно устаревшей. Уже в 1999 году большинством производителей оборудования было прекращено производство новых устройств для сетей Token-Ring

Сеть Token-Ring имеет топологию кольцо, хотя внешне она больше напоминает звезду. Это связано с тем, что отдельные абоненты (компьютеры) присоединяются к сети не напрямую, а через специальные концентраторы или многостанционные устройства доступа (MSAU или MAU – Multistation Access Unit). Физически сеть образует звездно-кольцевую топологию. В действительности же абоненты объединяются все-таки в кольцо, то есть каждый из них передает информацию одному соседнему абоненту, а принимает информацию от другого.



Концентратор (MAU) при этом позволяет централизовать задание конфигурации, отключение неисправных абонентов, контроль работы сети и т.д. Никакой обработки информации он не производит.

Для каждого абонента в составе концентратора применяется специальный блок подключения к магистрали (TCU – Trunk Coupling Unit), который обеспечивает автоматическое включение абонента в кольцо, если он подключен к концентратору и исправен. Если абонент отключается от концентратора или же он неисправен, то блок TCU автоматически восстанавливает целостность кольца без участия данного абонента. Срабатывает TCU по сигналу постоянного тока (так называемый

«фантомный» ток), который приходит от абонента, желающего включиться в кольцо. Абонент может также отключиться от кольца и провести процедуру самотестирования. «Фантомный» ток никак не влияет на информационный сигнал, так как сигнал в кольце не имеет постоянной составляющей.

Существуют как пассивные, так и активные концентраторы MAU. Активный концентратор восстанавливает сигнал, приходящий от абонента (то есть работает, как концентратор Ethernet). Пассивный концентратор не выполняет восстановление сигнала, только перекоммутирует линии связи.

Концентратор в сети может быть единственным, в этом случае в кольцо замыкаются только абоненты, подключенные к нему. Внешне такая топология выглядит, как звезда. Если же нужно подключить к сети большое число абонентов, несколько концентраторов соединяют магистральными кабелями и образуют звездно-кольцевую топологию.

Как уже отмечалось, кольцевая топология очень чувствительна к обрывам кабеля кольца. Для повышения живучести сети, в Token-Ring предусмотрен режим так называемого сворачивания кольца, что позволяет обойти место обрыва.

В нормальном режиме концентраторы соединены в кольцо двумя параллельными кабелями, но передача информации производится при этом только по одному из них.

В случае одиночного повреждения (обрыва) кабеля сеть осуществляет передачу по обоим кабелям, обходя тем самым поврежденный участок. При этом даже сохраняется порядок обхода абонентов, подключенных к концентраторам, но увеличивается суммарная длина кольца.

В случае множественных повреждений кабеля сеть распадается на несколько частей (сегментов), не связанных между собой, но сохраняющих полную работоспособность. Максимальная часть сети остается при этом связанной, как и прежде. Конечно, это уже не спасает сеть в целом, но позволяет при правильном распределении абонентов по концентраторам сохранять значительную часть функций поврежденной сети.

Несколько концентраторов может конструктивно объединяться в группу, кластер (cluster), внутри которого абоненты также соединены в кольцо. Применение кластеров позволяет увеличивать количество абонентов, подключенных к одному центру.

В качестве среды передачи в сети IBM Token-Ring сначала применялась витая пара, как неэкранированная (UTP), так и экранированная (STP), но затем появились варианты аппаратуры для коаксиального кабеля, а также для оптоволоконного кабеля в стандарте FDDI.

Основные технические характеристики классического варианта сети Token-Ring:

- максимальное количество концентраторов типа IBM 8228 MAU – 12;
- максимальное количество абонентов в сети – 96;
- максимальная длина кабеля между абонентом и концентратором – 45 метров;
- максимальная длина кабеля между концентраторами – 45 метров;
- максимальная длина кабеля, соединяющего все концентраторы – 120 метров;
- скорость передачи данных – 4 Мбит/с и 16 Мбит/с.

Все приведенные характеристики относятся к случаю использования неэкранированной витой пары. Если применяется другая среда передачи, характеристики сети могут отличаться. Например, при использовании экранированной витой пары (STP) количество абонентов может быть увеличено до

260 (вместо 96), длина кабеля – до 100 метров (вместо 45), количество концентраторов – до 33, а полная длина кольца, соединяющего концентраторы – до 200 метров. Оптоволоконный кабель позволяет увеличивать длину кабеля до двух километров.

Больший допустимый размер передаваемых данных в одном пакете по сравнению с сетью Ethernet сильно позволяет увеличить производительность сети: теоретически для скоростей передачи 16 Мбит/с и 100 Мбит/с длина поля данных может достигать даже 18 Кбайт, что принципиально при передаче больших объемов данных. Но даже при скорости 4 Мбит/с благодаря маркерному методу доступа сеть Token-Ring часто обеспечивает большую фактическую скорость передачи, чем сеть Ethernet (10 Мбит/с). Особенно заметно преимущество Token-Ring при больших нагрузках (свыше 30—40%), так как в этом случае метод CSMA/CD требует много времени на разрешение повторных конфликтов.

Сеть Token-Ring в классическом варианте уступает сети Ethernet как по допустимому размеру, так и по максимальному количеству абонентов. Также по сравнению с аппаратурой Ethernet аппаратура Token-Ring заметно дороже, так как используется более сложный метод управления обменом. По скорости передачи – хотя и имеются версии Token-Ring на скорость 100 Мбит/с (High Speed Token-Ring, HSTR) и на 1000 Мбит/с (Gigabit Token-Ring), однако еще в 1999 году все производители оборудования, изначально поддержавшие эту инициативу, отказались от нее.

В сети Token-Ring используется классический маркерный метод доступа, то есть по кольцу постоянно циркулирует маркер, к которому абоненты могут присоединять свои пакеты данных. Отсюда следует такое важное достоинство данной сети, как отсутствие конфликтов, но есть и недостатки, в частности необходимость контроля целостности маркера и зависимость функционирования сети от каждого абонента (в случае неисправности абонент обязательно должен быть исключен из кольца).

Каждый абонент сети (его сетевой адаптер) должен выполнять следующие функции:

- выявление ошибок передачи;
- контроль конфигурации сети (восстановление сети при выходе из строя того абонента, который предшествует ему в кольце);
- контроль многочисленных временных соотношений, принятых в сети.

Большое количество функций, конечно, усложняет и удорожает аппаратуру сетевого адаптера.

Для контроля целостности маркера в сети используется один из абонентов (так называемый активный монитор). При этом его аппаратура ничем не отличается от остальных, но его программные средства следят за временными соотношениями в сети и формируют в случае необходимости новый маркер.

Активный монитор выполняет следующие функции:

- запускает в кольцо маркер в начале работы и при его исчезновении;
- регулярно (раз в 7 с) сообщает о своем присутствии специальным управляющим пакетом (AMP – Active Monitor Present);
- удаляет из кольца пакет, который не был удален пославшим его абонентом;
- следит за допустимым временем передачи пакета.

Активный монитор выбирается при инициализации сети, им может быть любой компьютер сети, но, как правило, становится первый включенный в сеть абонент. Абонент, желающий передавать пакет, ждет прихода свободного маркера и захватывает его. Захваченный маркер превращается в обрамление информационного пакета. Затем абонент передает информационный пакет в кольцо и ждет его возвращения. После этого он освобождает маркер и снова посылает его в сеть.

В сети Token-Ring предусмотрено также использование мостов и коммутаторов. Они применяются для разделения большого кольца на несколько кольцевых сегментов, имеющих возможность обмена пакетами между собой. Это позволяет снизить нагрузку на каждый сегмент и увеличить долю времени, предоставляемую каждому абоненту.

В результате можно сформировать распределенное кольцо, то есть объединение нескольких кольцевых сегментов одним большим магистральным кольцом или же звездно-кольцевую структуру с центральным коммутатором, к которому подключены кольцевые сегменты

2.7.2. Сеть Arcnet

Сеть Arcnet (или ARCnet от английского Attached Resource Computer Net, компьютерная сеть соединенных ресурсов) – это одна из старейших сетей. Она была разработана компанией Datapoint Corporation еще в 1977 году. Международные стандарты на эту сеть отсутствуют, хотя именно она считается родоначальницей метода маркерного доступа. Несмотря на отсутствие стандартов, сеть Arcnet до недавнего времени (в 1980 – 1990 г.г.) пользовалась популярностью, даже серьезно конкурировала с Ethernet. Большое количество компаний (например, Datapoint, Standard Microsystems, Xircom и др.) производили аппаратуру для сети этого типа. Но сейчас производство аппаратуры Arcnet практически прекращено.

Среди основных достоинств сети Arcnet по сравнению с Ethernet можно назвать ограниченную величину времени доступа, высокую надежность связи, простоту диагностики, а также сравнительно низкую стоимость адаптеров. К наиболее существенным недостаткам сети относятся низкая скорость передачи информации (2,5 Мбит/с), система адресации и формат пакета.

В качестве среды передачи в сети используется коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 93 Ом, к примеру, марки RG-62A/U. Варианты с витой парой (экранированной и неэкранированной) не получили широкого распространения. Были предложены и варианты на оптоволоконном кабеле, но и они также не спасли Arcnet.

В качестве топологии сеть Arcnet использует классическую шину (Arcnet-BUS), а также пассивную звезду (Arcnet-STAR). В звезде применяются концентраторы (хабы). Возможно объединение с помощью концентраторов шинных и звездных сегментов в древовидную топологию (как и в Ethernet). Главное ограничение – в топологии не должно быть замкнутых путей (петель). Еще одно ограничение: количество сегментов, соединенных последовательной цепочкой с помощью концентраторов, не должно превышать трех.

Концентраторы бывают двух видов:

- Активные концентраторы (восстанавливают форму приходящих сигналов и усиливают их). Количество портов – от 4 до 64. Активные концентраторы могут соединяться между собой (каскадироваться). Шинные сегменты могут подключаться только к активным концентраторам.

- Пассивные концентраторы (просто смешивают приходящие сигналы без усиления). Количество портов – 4. Пассивные концентраторы не могут соединяться между собой. Они могут связывать только активные концентраторы и/или сетевые адаптеры.

Сетевые адаптеры также бывают двух видов:

- Высокоимпедансные (Bus), предназначенные для использования в шинных сегментах.
- Низкоимпедансные (Star), предназначенные для использования в пассивной звезде.

Низкоимпедансные адаптеры отличаются от высокоимпедансных тем, что они содержат в своем составе согласующие 93-омные терминаторы. При их применении внешнее согласование не требуется. В шинных сегментах низкоимпедансные адаптеры могут использоваться как оконечные для согласования шины. Высоимпедансные адаптеры требуют применения внешних 93-омных терминаторов. Некоторые сетевые адаптеры имеют возможность переключения из высокоимпедансного состояния в низкоимпедансное, они могут работать и в шине, и в звезде.

Основные технические характеристики сети Arcnet следующие.

- Среда передачи – коаксиальный кабель, витая пара.
- Максимальная длина сети – 6 километров.
- Максимальная длина кабеля от абонента до пассивного концентратора – 30 метров.
- Максимальная длина кабеля от абонента до активного концентратора – 600 метров.
- Максимальная длина кабеля между активным и пассивным концентраторами – 30 метров.
- Максимальная длина кабеля между активными концентраторами – 600 метров.
- Максимальное количество абонентов в сети – 255.
- Максимальное количество абонентов на шинном сегменте – 8.
- Минимальное расстояние между абонентами в шине – 1 метр.
- Максимальная длина шинного сегмента – 300 метров.
- Скорость передачи данных – 2,5 Мбит/с.

В сети Arcnet используется маркерный метод доступа (метод передачи права), но он несколько отличается от аналогичного в сети Token-Ring. Ближе всего этот метод к тому, который предусмотрен в стандарте IEEE 802.4. Последовательность действий абонентов при данном методе:

1. Абонент, желающий передавать, ждет прихода маркера.
2. Получив маркер, он посылает запрос на передачу абоненту-приемнику информации (спрашивает, готов ли приемник принять его пакет).
3. Приемник, получив запрос, посылает ответ (подтверждает свою готовность).
4. Получив подтверждение готовности, абонент-передатчик посылает свой пакет.
5. Получив пакет, приемник посылает подтверждение приема пакета.
6. Передатчик, получив подтверждение приема пакета, заканчивает свой сеанс связи. После этого маркер передается следующему абоненту по порядку убывания сетевых адресов.

Таким образом, в данном случае пакет передается только тогда, когда есть уверенность в готовности приемника принять его. Это существенно увеличивает надежность передачи.

Так же, как и в случае Token-Ring, конфликты в Arcnet полностью исключены. Как и любая маркерная сеть, Arcnet хорошо держит нагрузку и гарантирует величину времени доступа к сети (в отличие от Ethernet).

Размер пакета сети Arcnet составляет 0,5 Кбайта. Помимо поля данных в него входят также 8-битные адреса приемника и передатчика и 16-битная циклическая контрольная сумма (CRC). Такой небольшой размер пакета оказывается не слишком удобным при высокой интенсивности обмена по сети.

Адаптеры сети Arcnet отличаются от адаптеров других сетей тем, что в них необходимо с помощью переключателей или перемычек установить собственный сетевой адрес (всего их может быть 255, так как последний, 256-ой адрес применяется в сети для режима широкого вещания). Контроль уникальности каждого адреса сети полностью возлагается на пользователей сети. Подключение новых абонентов становится при этом довольно сложным, так как необходимо задавать тот адрес, который еще не использовался. Выбор 8-битного формата адреса ограничивает допустимое количество абонентов в сети – 255, что недостаточно для крупных компаний.

В результате все это привело к практически полному отказу от сети Arcnet. Существовали варианты сети Arcnet, рассчитанные на скорость передачи 20 Мбит/с, но они не получили широкого распространения.

2.7.3. Сеть FDDI

Сеть FDDI (от английского Fiber Distributed Data Interface, оптоволоконный распределенный интерфейс данных) – стандарт локальных сетей, развивающий идею Token Ring. Стандарт FDDI был предложен Американским национальным институтом стандартов ANSI (спецификация ANSI X3T9.5). Затем был принят стандарт ISO 9314, соответствующий спецификациям ANSI.

В отличие от других стандартных локальных сетей, стандарт FDDI изначально ориентировался на высокую скорость передачи (100 Мбит/с) и на применение оптоволоконного кабеля.

Выбор оптоволокна в качестве среды передачи определил такие преимущества новой сети, как высокая помехозащищенность, максимальная секретность передачи информации и прекрасная гальваническая развязка абонентов. Высокая скорость передачи, которая в случае оптоволоконного кабеля достигается гораздо проще, позволяет решать многие задачи, недоступные менее скоростным сетям, например, передачу изображений в реальном масштабе времени. Кроме того, оптоволоконный кабель легко решает проблему передачи данных на расстояние нескольких километров без ретрансляции, что позволяет строить большие по размерам сети, охватывающие даже целые города и имеющие при этом все преимущества локальных сетей (в частности, низкий уровень ошибок).

За основу стандарта FDDI был взят метод маркерного доступа, предусмотренный международным стандартом IEEE 802.5 (Token-Ring). Несущественные отличия от этого стандарта определяются необходимостью обеспечить высокую скорость передачи информации на большие расстояния. Топология сети FDDI – это кольцо, наиболее подходящая топология для оптоволоконного кабеля. В сети применяется два разнонаправленных оптоволоконных кабеля, один из которых обычно находится в резерве, однако такое решение позволяет использовать и полнодуплексную передачу информации (одновременно в двух направлениях) с удвоенной эффективной скоростью в 200 Мбит/с (при этом каждый из двух каналов работает на скорости 100 Мбит/с).

Применяется и звездно-кольцевая топология с концентраторами, включенными в кольцо (как в Token-Ring).

Основные технические характеристики сети FDDI.

- Максимальное количество абонентов сети – 1000.
- Максимальная протяженность кольца сети – 20 километров.
- Максимальное расстояние между абонентами сети – 2 километра.
- Среда передачи – многомодовый оптоволоконный кабель (возможно применение витой пары).
- Метод доступа – маркерный.
- Скорость передачи информации – 100 Мбит/с (200 Мбит/с для дуплексного режима передачи).

Ограничение на общую длину сети в 20 км связано не с затуханием сигналов в кабеле, а с необходимостью ограничения времени полного прохождения сигнала по кольцу для обеспечения предельно допустимого времени доступа. А вот максимальное расстояние между абонентами (2 км при многомодовом кабеле) определяется как раз затуханием сигналов в кабеле (оно не должно превышать 11 дБ). Предусмотрена также возможность применения одномодового кабеля, и в этом случае расстояние между абонентами может достигать 45 километров, а полная длина кольца – 200 километров.

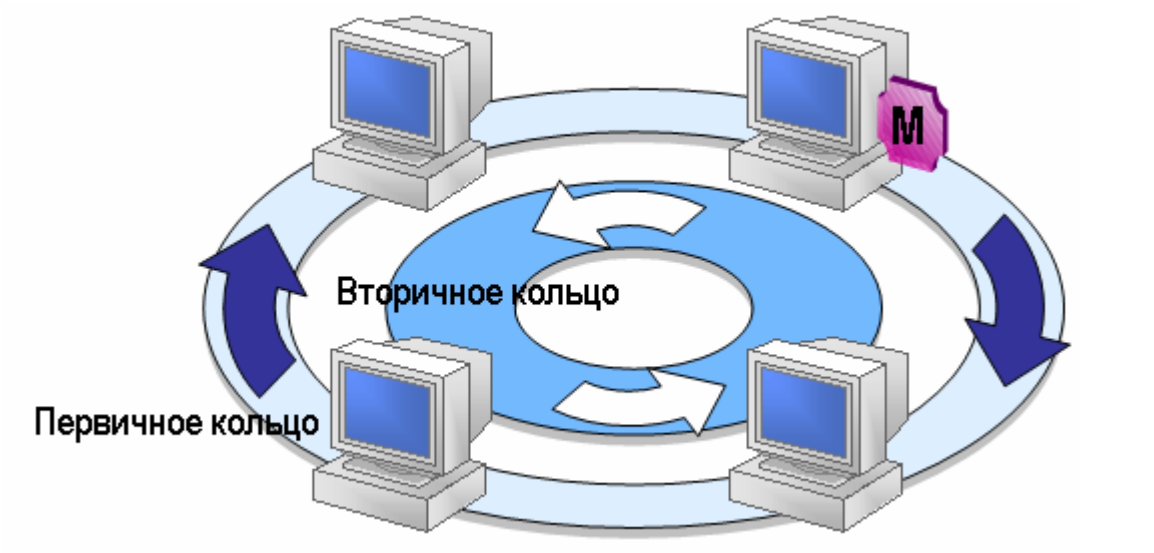
Имеется также реализация FDDI на электрическом кабеле (CDDI – Copper Distributed Data Interface или TPDDI – Twisted Pair Distributed Data Interface). При этом используется кабель категории 5 с разъемами RJ-45. Максимальное расстояние между абонентами в этом случае должно быть не более 100 метров. Стоимость оборудования сети на электрическом кабеле в несколько раз меньше. Но эта версия сети уже не имеет столь очевидных преимуществ перед конкурентами, как изначальная оптоволоконная FDDI. Электрические версии FDDI стандартизованы гораздо хуже оптоволоконных, поэтому совместимость оборудования разных производителей не гарантируется.

Стандарт FDDI для достижения высокой гибкости сети предусматривает включение в кольцо абонентов двух типов:

- Абоненты (станции) класса A (абоненты двойного подключения, DAS – Dual-Attachment Stations) подключаются к обоим (внутреннему и внешнему) кольцам сети. При этом реализуется возможность обмена со скоростью до 200 Мбит/с или резервирования кабеля сети (при повреждении основного кабеля используется резервный). Аппаратура этого класса применяется в самых критичных с точки зрения быстродействия частях сети.
- Абоненты (станции) класса B (абоненты одинарного подключения, SAS – Single-Attachment Stations) подключаются только к одному (внешнему) кольцу сети. Они более простые и дешевые, по сравнению с адаптерами класса A, но не имеют их возможностей. В сеть они могут включаться только через концентратор или обходной коммутатор, отключающий их в случае аварии.

Кроме собственно абонентов (компьютеров, терминалов и т.д.) в сети используются связные концентраторы (Wiring Concentrators), включение которых позволяет собрать в одно место все точки подключения с целью контроля работы сети, диагностики неисправностей и упрощения реконфигурации. При применении кабелей разных типов (например, оптоволоконного кабеля и витой пары)

концентратор выполняет также функцию преобразования электрических сигналов в оптические и наоборот. Концентраторы также бывают двойного подключения (DAC – Dual-Attachment Concentrator) и одинарного подключения (SAC – Single-Attachment Concentrator).



Стандарт FDDI предусматривает также возможность реконфигурации сети с целью сохранения ее работоспособности в случае повреждения кабеля. Поврежденный участок кабеля исключается из кольца, но целостность сети при этом не нарушается вследствие перехода на одно кольцо вместо двух (то есть абоненты DAS начинают работать, как абоненты SAS). Это равносильно процедуре сворачивания кольца в сети Token-Ring.

В отличие от метода доступа, предлагаемого стандартом IEEE 802.5, в FDDI применяется так называемая множественная передача маркера. Если в случае сети Token-Ring новый (свободный) маркер передается абонентом только после возвращения к нему его пакета, то в FDDI новый маркер передается абонентом сразу же после окончания передачи им пакета. Последовательность действий здесь следующая:

1. Абонент, желающий передавать, ждет маркера, который идет за каждым пакетом.
2. Когда маркер пришел, абонент удаляет его из сети и передает свой пакет. Таким образом, в сети может быть одновременно несколько пакетов, но только один маркер.
3. Сразу после передачи своего пакета абонент посылает новый маркер.
4. Абонент-получатель, которому адресован пакет, копирует его из сети и, сделав пометку в поле статуса пакета, отправляет его дальше по кольцу.
5. Получив обратно по кольцу свой пакет, абонент уничтожает его. В поле статуса пакета он имеет информацию о том, были ли ошибки, и получил ли пакет приемник.

В сети FDDI не используется система приоритетов и резервирования, как в Token-Ring. Но предусмотрен механизм адаптивного планирования нагрузки, что позволяет абонентам гибко реагировать на загрузку сети и автоматически поддерживать ее на оптимальном уровне.

В заключение следует отметить, что несмотря на очевидные преимущества FDDI данная сеть не получила широкого распространения, что связано главным образом с высокой стоимостью ее аппаратуры (порядка нескольких сот и даже тысяч долларов). Основная область применения FDDI сейчас – это базовые,

опорные (Backbone) сети, объединяющие несколько сетей. Применяется FDDI также для соединения мощных рабочих станций или серверов, требующих высокоскоростного обмена.

В настоящее время сети Fast Ethernet и Gigabit Ethernet почти полностью вытеснили FDDI, несмотря на все преимущества данной технологии.

2.7.4. Сеть 100VG-AnyLAN

Сеть 100VG-AnyLAN – разработана компаниями Hewlett-Packard и IBM и соответствует международному стандарту IEEE 802.12.

Главными достоинствами ее являются большая скорость обмена, вдвое большую длину кабеля UTP категории 5 (до 200 метров), сравнительно невысокая стоимость аппаратуры (примерно вдвое дороже оборудования наиболее популярной сети Ethernet 10BASE-T), централизованный метод управления обменом без конфликтов, а также совместимость на уровне форматов пакетов с сетями Ethernet и Token-Ring.

В названии сети 100VG-AnyLAN цифра 100 соответствует скорости 100 Мбит/с, буквы VG обозначают дешевую неэкранированную витую пару категории 3 (Voice Grade), а AnyLAN (любая сеть) обозначает то, что сеть совместима с двумя самыми распространенными сетями.

Основные технические характеристики сети 100VG-AnyLAN:

- Скорость передачи – 100 Мбит/с.
- Топология – звезда с возможностью наращивания (дерево). Количество уровней каскадирования концентраторов (хабов) – до 5.
- Метод доступа – централизованный, бесконфликтный (Demand Priority – с запросом приоритета).
- Среда передачи – счетверенная неэкранированная витая пара (кабели UTP категории 3, 4 или 5), сдвоенная витая пара (кабель UTP категории 5), сдвоенная экранированная витая пара (STP), а также оптоволоконный кабель. Сейчас в основном распространена счетверенная витая пара.
- Максимальная длина кабеля между концентратором и абонентом и между концентраторами – 100 метров (для UTP кабеля категории 3), 200 метров (для UTP кабеля категории 5 и экранированного кабеля), 2 километра (для оптоволоконного кабеля). Максимально возможный размер сети – 2 километра (определяется допустимыми задержками).
- Максимальное количество абонентов – 1024, рекомендуемое – до 250.

Таким образом, параметры сети 100VG-AnyLAN довольно близки к параметрам сети Fast Ethernet. Однако главное преимущество Fast Ethernet – это полная совместимость с наиболее распространенной сетью Ethernet (в случае 100VG-AnyLAN для этого требуется мост). В то же время, централизованное управление 100VG-AnyLAN, исключающее конфликты и гарантирующее предельную величину времени доступа (чего не предусмотрено в сети Ethernet), также нельзя сбрасывать со счетов.

Сеть 100VG-AnyLAN состоит из центрального (основного, корневого) концентратора уровня 1, к которому могут подключаться как отдельные абоненты, так и концентраторы уровня 2, к которым в свою очередь подключаются абоненты и концентраторы уровня 3 и т.д. При этом сеть может иметь не более пяти таких уровней (в первоначальном варианте было не более трех). Максимальный размер сети может составлять 1000 метров для неэкранированной витой пары.

В отличие от неинтеллектуальных концентраторов других сетей (например, Ethernet, Token-Ring, FDDI), концентраторы сети 100VG-AnyLAN – это интеллектуальные контроллеры, которые управляют доступом к сети. Для этого они непрерывно контролируют запросы, поступающие на все порты. Концентраторы принимают приходящие пакеты и отправляют их только тем абонентам, которым они адресованы. Однако никакой обработки информации они не производят, то есть в данном случае получается все-таки не активная, но и не пассивная звезда. Полноценными абонентами концентраторы назвать нельзя.

Каждый из концентраторов может быть настроен на работу с форматами пакетов Ethernet или Token-Ring. При этом концентраторы всей сети должны работать с пакетами только какого-нибудь одного формата. Для связи с сетями Ethernet и Token-Ring необходимы мосты, но мосты довольно простые.

Концентраторы имеют один порт верхнего уровня (для присоединения его к концентратору более высокого уровня) и несколько портов нижнего уровня (для присоединения абонентов). В качестве абонента может выступать компьютер (рабочая станция), сервер, мост, маршрутизатор, коммутатор. К порту нижнего уровня может также присоединяться другой концентратор.

Метод доступа к сети 100VG-AnyLAN типичен для сетей с топологией звезда и состоит в следующем.

Каждый желающий передавать абонент посылает концентратору свой запрос на передачу. Концентратор циклически прослушивает всех абонентов по очереди и дает право передачи абоненту, следующему по порядку за тем, который закончил передачу. Величина времени доступа гарантирована. Приоритет у абонентов – географический, то есть определяется номером порта нижнего уровня, к которому подключен абонент. Однако этот простейший алгоритм усложнен в сети 100VG-AnyLAN, так как запросы на передачу могут иметь два уровня приоритета:

- нормальный уровень приоритета используется для обычных приложений;
- высокий уровень приоритета используется для приложений, требующих быстрого обслуживания.

Запросы с высоким уровнем приоритета (высокоприоритетные) обслуживаются раньше, чем запросы с нормальным приоритетом (низкоприоритетные). Если приходит запрос высокого приоритета, то нормальный порядок обслуживания прерывается, и после окончания приема текущего пакета обслуживается запрос высокого приоритета. Если таких высокоприоритетных запросов несколько, то возврат к нормальной процедуре обслуживания происходит только после полной обработки всех этих запросов. Можно сказать, что высокоприоритетные запросы обслуживаются вне очереди, но они образуют свою очередь.

При этом концентратор следит за тем, чтобы не была превышена установленная величина гарантированного времени доступа для низкоприоритетных запросов. Если высокоприоритетных запросов слишком много, то запросы с нормальным приоритетом автоматически переводятся им в ранг высокоприоритетных. Типичная величина времени повышения приоритета равна 200—300 мс (устанавливается при конфигурировании сети). Таким образом, даже низкоприоритетные запросы не будут ждать своей очереди слишком долго.

В сети 100VG-AnyLAN предусмотрены два режима обмена: полудуплексный и полнодуплексный. При полудуплексном обмене все четыре витые пары используются для передачи одновременно в одном направлении (от абонента к концентратору или наоборот). Данный режим используется для передачи пакетов.

При полнодуплексном обмене две витые пары (1 и 4) передают в одном направлении, а две другие (2 и 3) – в другом направлении. Этот режим используется для передачи управляющих сигналов.

Таким образом, сеть 100VG-AnyLAN представляет собой доступное решение при скорости передачи 100 Мбит/с. Однако она не обладает полной совместимостью ни с одной из стандартных сетей, поэтому ее дальнейшая судьба проблематична. 100VG-AnyLAN, несмотря на поддержку солидных фирм в прошлом и высокий уровень стандартизации осталась всего лишь примером интересных технических решений.

3. Глобальные Сети

Глобальные сети (Wide Area Networks, WAN), которые также называют территориальными компьютерными сетями, служат для того, чтобы предоставлять свои сервисы большому количеству конечных абонентов, разбросанных по большой территории - в пределах области, региона, страны, континента или всего земного шара. Ввиду большой протяженности каналов связи построение глобальной сети требует очень больших затрат, в которые входит стоимость кабелей и работ по их прокладке, затраты на коммутационное оборудование и промежуточную усилительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую полосу пропускания канала, а также эксплуатационные затраты на постоянное поддержание в работоспособном состоянии разбросанной по большой территории аппаратуры сети.

Типичными абонентами глобальной компьютерной сети являются локальные сети предприятий, расположенные в разных городах и странах, которым нужно обмениваться данными между собой. Услугами глобальных сетей пользуются также и отдельные компьютеры. Крупные компьютеры класса мэйнфреймов обычно обеспечивают доступ к корпоративным данным, в то время как персональные компьютеры используются для доступа к корпоративным данным и публичным данным Internet.

Глобальные сети обычно создаются крупными телекоммуникационными компаниями для оказания платных услуг абонентам. Такие сети называют публичными или общественными. Существуют также такие понятия, как оператор сети и поставщик услуг сети. Оператор сети (network operator) - это та компания, которая поддерживает нормальную работу сети. Поставщик услуг, часто называемый также провайдером (service provider), - та компания, которая оказывает платные услуги абонентам сети. Владелец, оператор и поставщик услуг могут объединяться в одну компанию, а могут представлять и разные компании.

Гораздо реже глобальная сеть полностью создается какой-нибудь крупной корпорацией (такой, например, как МПС) для своих внутренних нужд. В этом случае сеть называется частной. Очень часто встречается и промежуточный вариант - корпоративная сеть пользуется услугами или оборудованием общественной глобальной сети, но дополняет эти услуги или оборудование своими собственными.

Часто вычислительная глобальная сеть по разным причинам оказывается недоступной в том или ином географическом пункте. В то же время гораздо более распространены и доступны услуги, предоставляемые телефонными сетями или первичными сетями, поддерживающими услуги выделенных каналов. Поэтому при построении корпоративной сети можно дополнить недостающие компоненты услугами и оборудованием, арендуемыми у владельцев первичной или телефонной сети.

В зависимости от того, какие компоненты приходится брать в аренду, принято различать сети, построенные с использованием:

- выделенных каналов;
- коммутации каналов;
- коммутации пакетов.

Последний случай соответствует наиболее благоприятному случаю, когда сеть с коммутацией пакетов доступна во всех географических точках, которые нужно объединить в общую корпоративную сеть. Первые два случая требуют проведения дополнительных работ, чтобы на основании взятых в аренду средств построить сеть с коммутацией пакетов.

3.1. Выделенные каналы

Выделенные (или арендуемые - leased) каналы можно получить у телекоммуникационных компаний, которые владеют каналами дальней связи (таких, например, как «РОСТЕЛЕКОМ»), или от телефонных компаний, которые обычно сдают в аренду каналы в пределах города или региона.

Использовать выделенные линии можно двумя способами. Первый состоит в построении с их помощью территориальной сети определенной технологии, например Frame Relay, в которой арендуемые выделенные линии служат для соединения промежуточных, территориально распределенных коммутаторов пакетов.

Второй вариант - соединение выделенными линиями только объединяемых локальных сетей или конечных абонентов другого типа, например мэйнфреймов, без установки транзитных коммутаторов пакетов, работающих по технологии глобальной сети. Второй вариант является наиболее простым с технической точки зрения, так как основан на использовании маршрутизаторов или удаленных мостов в объединяемых локальных сетях и отсутствии протоколов глобальных технологий, таких как X.25 или Frame Relay. По глобальным каналам передаются те же пакеты сетевого или канального уровня, что и в локальных сетях.

Именно второй способ использования глобальных каналов получил специальное название "услуги выделенных каналов", так как в нем действительно больше нечего из технологий собственно глобальных сетей с коммутацией пакетов не используется.

Выделенные каналы очень активно применялись совсем в недалеком прошлом и применяются сегодня, особенно при построении ответственных магистральных связей между крупными локальными сетями, так как эта услуга гарантирует пропускную способность арендуемого канала. Однако при большом количестве географически удаленных точек и интенсивном смешанном графике между ними пользование этой службы приводит к высоким затратам за счет большого количества арендуемых каналов.

Сегодня существует большой выбор выделенных каналов - от аналоговых каналов тональной частоты с полосой пропускания 3,1 кГц до цифровых каналов технологии SDN с пропускной способностью 155 и 622 Мбит/с.

3.2. Глобальные сети с коммутацией каналов

Сегодня для построения глобальных связей в корпоративной сети доступны сети с коммутацией каналов двух типов - традиционные аналоговые телефонные сети и цифровые сети с интеграцией услуг ISDN. Достоинством сетей с коммутацией каналов является их распространенность, что характерно особенно для аналоговых телефонных сетей. В последнее время сети ISDN во многих странах также стали вполне доступны корпоративному пользователю, а в России это утверждение относится пока только к крупным городам.

Известным недостатком аналоговых телефонных сетей является низкое качество составного канала, которое объясняется использованием телефонных коммутаторов устаревших моделей, работающих по принципу частотного уплотнения каналов (FDM-технологии). На такие коммутаторы сильно воздействуют внешние помехи (например, грозовые разряды или работающие электродвигатели), которые трудно отличить от полезного сигнала. Правда, в аналоговых телефонных сетях все чаще используются цифровые АТС, которые между собой передают голос в цифровой форме. Аналоговым в таких сетях остается только абонентское окончание. Чем больше цифровых АТС в телефонной сети, тем выше качество канала, однако до полного вытеснения АТС, работающих по принципу FDM-коммутации, в нашей стране еще далеко. Кроме качества каналов, аналоговые телефонные сети также обладают таким недостатком, как большое время установления соединения, особенно при импульсном способе набора номера, характерного для нашей страны.

Телефонные сети, полностью построенные на цифровых коммутаторах, и сети ISDN свободны от многих недостатков традиционных аналоговых телефонных сетей. Они предоставляют пользователям высококачественные линии связи, а время установления соединения в сетях ISDN существенно сокращено.

Однако даже при качественных каналах связи, которые могут обеспечить сети с коммутацией каналов, для построения корпоративных глобальных связей эти сети могут оказаться экономически неэффективными. Так как в таких сетях пользователи платят не за объем переданного трафика, а за время соединения, то при трафике с большими пульсациями и, соответственно, большими паузами между пакетами оплата идет во многом не за передачу, а за ее отсутствие. Это прямое следствие плохой приспособленности метода коммутации каналов для соединения компьютеров.

Тем не менее при подключении массовых абонентов к корпоративной сети, например сотрудников предприятия, работающих дома, телефонная сеть оказывается единственным подходящим видом глобальной службы из соображений доступности и стоимости (при небольшом времени связи удаленного сотрудника с корпоративной сетью).

3.3. Глобальные сети с коммутацией пакетов

В 80-е годы для надежного объединения локальных сетей и крупных компьютеров в корпоративную сеть использовалась практически одна технология глобальных сетей с коммутацией пакетов - X.25. Сегодня выбор стал гораздо шире, помимо сетей X.25 он включает такие технологии, как Frame Relay, SMDS и ATM. Кроме этих технологий, разработанных специально для глобальных компьютерных сетей, можно воспользоваться услугами территориальных сетей TCP/IP, которые доступны сегодня как в виде недорогой и очень распространенной сети Internet, качество транспортных услуг которой пока практически не регламентируется и оставляет желать лучшего, так и в виде коммерческих глобальных сетей TCP/IP, изолированных от Internet и предоставляемых в аренду телекоммуникационными компаниями.

В таблице приводятся характеристики этих сетей, причем в графе «Трафик» указывается тип трафика, который наиболее подходит для данного типа сетей, а в графе «Типичная скорость доступа» - наиболее типичный диапазон скоростей, предоставляемых поставщиками услуг этих сетей.

Тип сети	Типичная скорость доступа	Трафик	Примечания
X.25	1,2-64 Кбит/с	Терминальный	Устаревшие сети, большая избыточность протоколов, хорошо работает на каналах низкого качества
Frame Relay	64 Кбит/с - 2 Мбит/с	Компьютерный	Хорошо передают пульсации трафика, в основном поддерживают службу постоянных виртуальных каналов
SMDS	1,544-45 Мбит/с	Компьютерный, графика, голос, видео	Распространены в крупных городах Америки, вытесняются сетями ATM
ATM	1,544-622 Мбит/с	Компьютерный, графика, голос, видео	Коммерческая эксплуатация началась с 1996 года, используется в основном для передачи компьютерного трафика
TCP/IP	Зависит от технологии канального уровня	Терминальный, компьютерный	Широко распространены в некоммерческом варианте - сети Internet.

Принципы работы сетей TCP/IP остаются неизменными и при включении в состав этих сетей глобальных сетей различных технологий. Кратко рассмотрим прочие технологии.

3.3.1. X.25

Системы пакетной коммутации поддерживают большое количество конечных станций от самых разных производителей. В связи с этим очень важно четко определить интерфейс между оборудованием конечного пользователя и самой сетью. Стандарт X.25 является первым примером широко применяемого интерфейса такого типа. Первоначальный вариант стандарта X.25 был разработан Международным союзом электросвязи (ITU) в 1976 году и с тех пор этот стандарт несколько раз пересматривался. X.25 задает интерфейс между оконечным оборудованием (DTE в пакетном режиме) и аппаратурной передачей данных сети пакетной коммутации для доступа в честную сеть или сеть общего пользования. Определяемые в стандарте X.25 протоколы соответствуют трем нижним уровням модели OSI. Стандарт X.25 поддерживает обнаружение и коррекцию ошибок, в результате чего он идеально подходит для передачи по средам (каналам) низкого качества с зашумленными линиями, когда приложения, тем не менее, требуют надежной передачи данных.

3.3.2. Frame Relay

Frame Relay - это более современная концепция коммутации пакетов, разработанная для увеличения пропускной способности и сведения к минимуму коммуникационных расходов путем упрощения сетевой обработки. Frame Relay, в частности, подходит для приложений, в которых оборудование конечного пользователя является интеллектуальным (например, рабочие станции или мосты для взаимодействия локальных сетей), а линии передачи отличаются высоким качеством. Концепция сети Frame Relay сходна с X.25, но благодаря снижению протокольной обработки в каждом узле сети общая сквозная задержка уменьшается. Вся процедура детектирования ошибок и восстановления данных выполняются оборудованием конечного пользователя. Управление потоком данных также осуществляется в конечных точках (хотя сеть при необходимости и выдает сигналы о перегрузке). Упрощение работы сети в случае Frame Relay приводит к более эффективному использованию каналов связи и увеличению пропускной способности сети. Frame Relay использует только первых два уровня модели OSI. В рекомендации ITU I.122 1988 года был включен протокол Frame Relay, а затем аналогичный стандарт был выпущен и Американским национальным институтом стандартов ANSI.

3.3.3. SMDS

Технология SMDS (Switched Multi-megabit Data Service) была разработана в США для объединения локальных сетей в масштабах мегаполиса, а также предоставления высокоскоростного выхода в глобальные сети. Эта технология поддерживает скорости доступа до 45 Мбит/с и сегментирует кадры MAC - уровня в ячейки фиксированного размера 53 байт, имеющие, как и ячейки технологии ATM, поле данных в 48 байт. Технология SMDS основана на стандарте IEEE 802.6, который описывает несколько более широкий набор функций, чем SMDS. Стандарты SMDS приняты компанией Bellcore, но международного статуса не имеют. Сети SMDS были реализованы во многих крупных городах США, однако в других странах эта технология распространения не получила. Сегодня сети SMDS вытесняются сетями ATM, имеющими более широкие функциональные возможности.

3.3.4. ATM

ATM - это высокоскоростной сервис с коммутацией ячеек. Ожидается, что он заменит frame relay. В отличие от frame relay ATM можно использовать как в локальных, так и в глобальных сетях. ATM уже давно широко используется телефонными компаниями на внутренних коммуникациях. По мере снижения цен, роста требований к пропускной способности и "созревания" стандарта ATM становится все более популярным.

ATM радикально отличается от обычных сетевых технологий. Основная единица передачи в этом стандарте - это ячейка, в отличие от привычного пакета. Ячейка содержит в себе 48 байт данных и 5 байт заголовка. Частично это необходимо, чтобы обеспечить очень маленькое время задержки при передачи мультимедийных данных. (Фактически, размер ячейки явился компромиссом между американским телефонными компаниями, которые предпочитают размер ячейки 64 байта, и европейскими, у которых он равен 32 байтам).

Устройства ATM устанавливают связь между собой и передают данные по виртуальным каналам связи, которые могут быть временными или постоянными. Постоянный канал связи - это путь, по которому передается информация. Он всегда

остается открытым вне зависимости от трафика. Временные каналы создаются по требованию и, как только передача данных заканчивается, закрываются.

С самого начала ATM проектировался как система коммутации с помощью виртуальных каналов связи, которые обеспечивают заранее специфицированный уровень качества сервиса (Quality of Service - QoS) и поддерживают постоянную или переменную скорость передачи данных. Модель QoS позволяет приложениям запросить гарантированную скорость передачи между приемником и источником, не обращая внимания на то, сколь сложен путь между ними. Каждый ATM - коммутатор, связываясь с другим, выбирает такой путь, который гарантирует требуемую приложением скорость.

Однопротокольная среда ATM и в локальных, и в глобальных сетях упрощает управление. Благодаря тому, что межсетевым устройствам не нужно переводить один протокол в другой, задержка невелика и предсказуема. Если сравнивать frame relay и ATM, то последняя, как технология передачи ячеек, лучше подходит для передачи видео и голоса. Для ATM определены четыре типа стандартных скоростей обмена: 51, 155, 622 и 2400 Мбит/сек. При большом объеме трафика пользователи будут платить меньше за переданный мегабайт, чем в случае frame relay и SMDS. Однако, стоимость оборудования ATM по-прежнему остается высокой.