



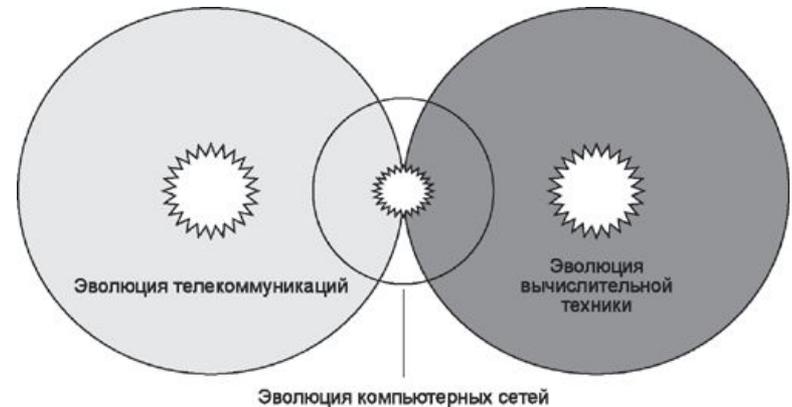
Компьютерные сети

История развития, разновидности, модель OSI, стандартизация и основные протоколы.

Понятие компьютерных сетей

Сети передачи данных, называемые также вычислительными или компьютерными сетями, являются результатом эволюции двух важнейших научно-технических отраслей современной цивилизации — компьютерных и телекоммуникационных технологий.

Компьютерная сеть — это набор компьютеров, связанных коммуникационной системой и снабженных соответствующим программным обеспечением, которое предоставляет пользователям сети доступ к ресурсам этого набора компьютеров.



- сеть могут образовывать компьютеры разных типов — небольшие микропроцессоры, рабочие станции, мини-компьютеры, персональные компьютеры или суперкомпьютеры;
- передачу сообщений между любой парой компьютеров сети обеспечивает коммуникационная система, которая может включать кабели, повторители, коммутаторы, маршрутизаторы и другие устройства;
- компьютерная сеть позволяет пользователю работать со своим компьютером, как с автономным, и добавляет к этому возможность доступа к информационным и аппаратным ресурсам других компьютеров сети.

Таким образом:

1. С одной стороны, сети передачи данных представляют собой частный случай распределенных вычислительных систем, в которых группа компьютеров согласованно выполняет набор взаимосвязанных задач, обмениваясь данными в автоматическом режиме.
2. С другой стороны, компьютерные сети могут рассматриваться как средство передачи информации на большие расстояния, для чего в них применяются методы кодирования и мультиплексирования данных, получившие развитие в различных телекоммуникационных системах.

Эволюция компьютерных сетей

Мультипрограммирование

Его появление относят к периоду развития операционных систем в 1965–1975 годах. В это время в технической базе вычислительных машин произошел переход от отдельных полупроводниковых элементов типа транзисторов к интегральным микросхемам. В условиях резко возросших возможностей компьютера, связанных с обработкой и хранением данных, выполнение только одной программы в каждый момент времени оказалось крайне неэффективным.

Мультипрограммирование — способ организации вычислительного процесса, при котором в памяти компьютера находится одновременно несколько программ, попеременно выполняющихся на одном процессоре.

Мультипрограммирование было реализовано в двух вариантах:

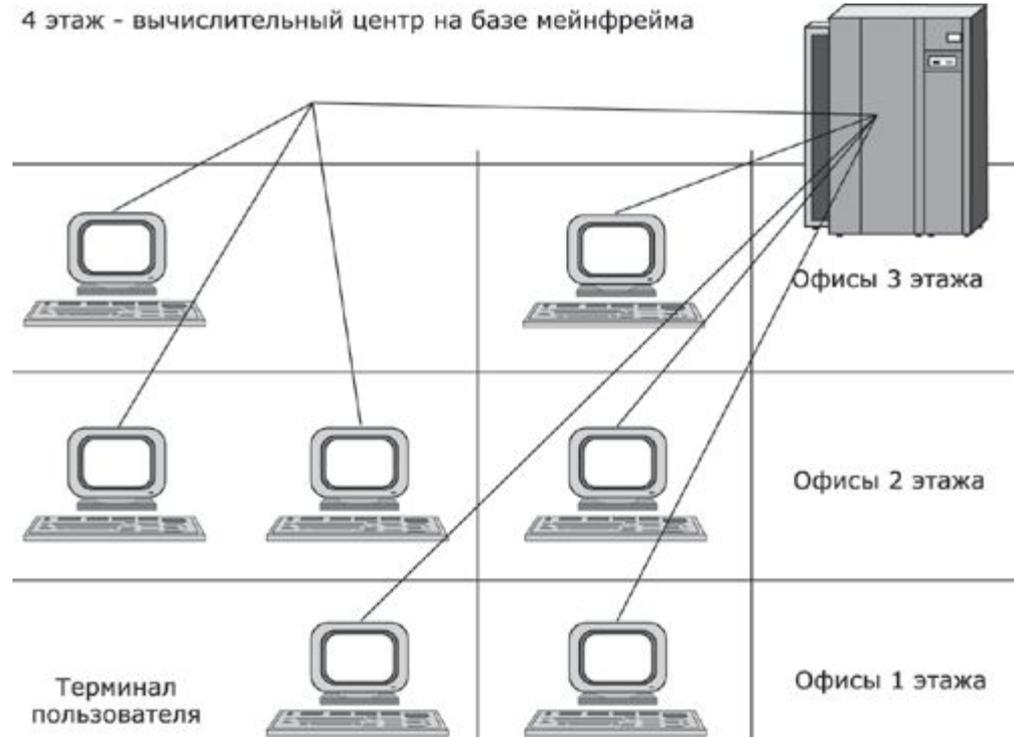
- ✓ пакетная обработка;
- ✓ разделение времени.

Главной целью и критерием эффективности систем **пакетной обработки** является максимальная пропускная способность, то есть решение максимального числа задач в единицу времени. Для достижения этой цели в системах пакетной обработки формируется пакет заданий, из которого формируется мультипрограммный набор, то есть множество одновременно выполняемых задач. Для одновременного выполнения выбираются задачи, предъявляющие к ресурсам различные требования, так, чтобы обеспечивалась сбалансированная загрузка всех устройств вычислительной машины. Например, вычислительная задача, и задача с вводом-выводом.

В системах **разделения времени** пользователям предоставляется возможность интерактивной работы сразу с несколькими приложениями. Всем приложениям попеременно выделяется квант процессорного времени. Каждому пользователю предоставляется терминал, с которого он может вести диалог со своей программой. Каждой задаче выделяется только квант процессорного времени, поэтому ни одна задача не занимает процессор надолго. Если квант небольшой, то у всех пользователей, одновременно работающих на одной и той же машине, складывается впечатление, что каждый из них использует машину единолично. Критерием эффективности систем разделения времени является не максимальная пропускная способность, а удобство и эффективность работы пользователя.

Многотерминальные системы — прообраз сети

Терминальные комплексы могли располагаться на большом расстоянии от процессорных стоек, соединяясь с ними с помощью различных глобальных связей — модемных соединений телефонных сетей или выделенных каналов. Для поддержки удаленной работы терминалов в операционных системах появились специальные программные модули, реализующие различные (в то время, как правило, нестандартные) протоколы связи.



Многотерминальные централизованные системы уже имели все внешние признаки локальных вычислительных сетей, однако по существу ими не являлись, так как сохраняли сущность централизованной обработки данных автономно работающего компьютера. Пользователь мог получить доступ к общим файлам и периферийным устройствам, при этом у него создавалась полная иллюзия единоличного владения компьютером, так как он мог запустить нужную ему программу в любой момент и почти сразу же получить результат. (Некоторые далекие от вычислительной техники пользователи даже были уверены, что все вычисления выполняются внутри их дисплея.)

Сетевые операционные системы

В 1969 году министерство обороны США инициировало работы по объединению в общую сеть суперкомпьютеров оборонных и научно-исследовательских центров. Эта сеть, получившая название ARPANET послужила отправной точкой для создания первой и самой известной ныне глобальной сети — INTERNET. Сеть ARPANET объединяла компьютеры разных типов, работавшие под управлением различных операционных систем с дополнительными модулями, реализующими коммуникационные протоколы, общие для всех компьютеров сети. Такие операционные системы можно считать первыми **сетевыми операционными системами**. Были разработаны средства обмена данными между компьютерами в автоматическом режиме, на основе которого были реализованы службы обмена файлами, синхронизации баз данных, электронной почты и другие, ставшие теперь традиционными, сетевые службы.

Сетевые операционные системы в отличие от многотерминальных позволяли не только рассредоточить пользователей, но и организовать распределенное хранение и обработку данных между несколькими компьютерами, связанными электрическими связями. Любая сетевая операционная система, с одной стороны, выполняет все функции локальной операционной системы, а с другой стороны, обладает некоторыми дополнительными средствами, позволяющими ей взаимодействовать по сети с операционными системами других компьютеров. Программные модули, реализующие сетевые функции, появлялись в операционных системах постепенно, по мере развития сетевых технологий, аппаратной базы компьютеров и возникновения новых задач, требующих сетевой обработки.

Появились глобальные сети (Wide Area Networks, WAN), то есть сети, объединяющие территориально рассредоточенные компьютеры, возможно, находящиеся в различных городах и странах. При построении глобальных сетей были впервые предложены и отработаны многие основные идеи и концепции современных вычислительных сетей, такие, например, как многоуровневое построение коммуникационных протоколов, технология коммутации пакетов и маршрутизация пакетов в составных сетях.

Хронологическая последовательность важнейших событий в истории развития компьютерных сетей

Первые ламповые компьютеры	Начало 40-х
Первые компьютеры на полупроводниковых схемах (транзисторах)	Середина 50-х
Первые компьютеры на интегральных схемах. Первые мультипрограммные операционные системы	Середина 60-х
Первые глобальные связи компьютеров	Конец 60-х
Начало передач по телефонным сетям голоса в цифровой форме	Конец 60-х
Появление больших интегральных схем. Первые мини-компьютеры	Начало 70-х
Первые нестандартные локальные сети	Начало 70-х
Создание сетевой архитектуры IBM SNA	1974
Создание технологии X.25	1974
Появление персональных компьютеров	Начало 80-х
Создание Internet в современном виде. Установка на всех узлах стека TCP/IP	Начало 80-х
Появление стандартных технологий локальных сетей	Ethernet – 1980 Token Ring – 1985 FDDI – 1989
Начало коммерческого использования Internet	Конец 80-х
Изобретение Web	1991

Определение локальной сети

Отличительные признаки *локальной сети*:

- Высокая скорость передачи информации, большая пропускная способность сети.
- Низкий уровень ошибок передачи (или, что тоже самое, высококачественные каналы связи).
- Эффективный, быстродействующий механизм управления обменом по сети.
- Заранее четко ограниченное количество компьютеров, подключаемых к сети.

В настоящее время уже нельзя провести четкую границу между локальными и глобальными сетями. Большинство локальных сетей имеет выход в глобальную. Но характер передаваемой информации, принципы организации обмена, режимы доступа к ресурсам внутри локальной сети, как правило, сильно отличаются от тех, что приняты в глобальной сети. Возможность выхода в глобальную сеть остается всего лишь одним из ресурсов, разделяемых пользователями локальной сети.

Важнейшие понятия теории сетей:

- **Абонент** (узел, хост, станция) — это устройство, подключенное к сети и активно участвующее в информационном обмене.
- **Сервером** называется абонент (узел) сети, который предоставляет свои ресурсы другим абонентам, но сам не использует их ресурсы. *Выделенный* (dedicated) сервер — это сервер, занимающийся только сетевыми задачами. *Невыделенный* сервер может помимо обслуживания сети выполнять и другие задачи. Специфический тип сервера — это сетевой принтер.
- **Клиентом** называется абонент сети, который только использует сетевые ресурсы, но сам свои ресурсы в сеть не отдает.

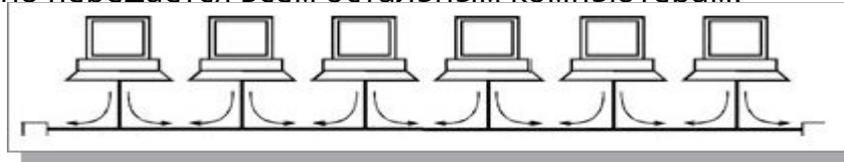
Под сервером и клиентом нужно понимать не только компьютеры, но и работающие на них программные приложения.

Топология локальных сетей

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

Существует три базовые топологии сети:

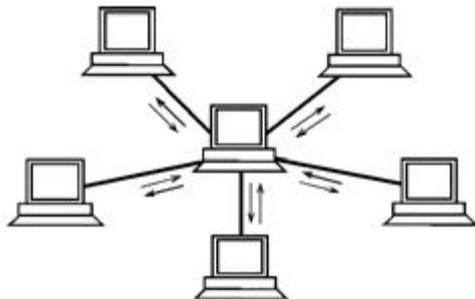
- Шина (bus) — все компьютеры параллельно подключаются к одной линии связи. Информация от каждого компьютера одновременно передается всем остальным компьютерам.



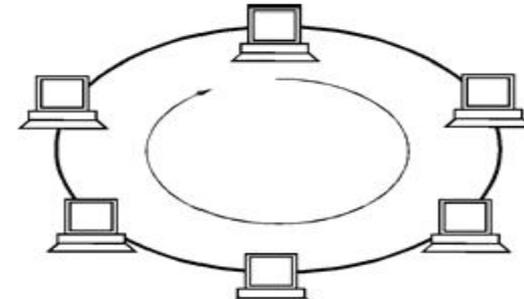
Топология Шина (сеть Ethernet)

- Звезда (star) — к одному центральному компьютеру присоединяются остальные периферийные компьютеры, причем каждый из них использует отдельную линию связи. Информация от периферийного компьютера передается только центральному компьютеру, от центрального — одному или нескольким периферийным.

- Кольцо (ring) — компьютеры последовательно объединены в кольцо. Передача информации в кольце всегда производится только в одном направлении. Каждый из компьютеров передает информацию только одному компьютеру, следующему в цепочке за ним, а получает информацию только от предыдущего в цепочке компьютера.



Топология Звезда (сеть FDDI)



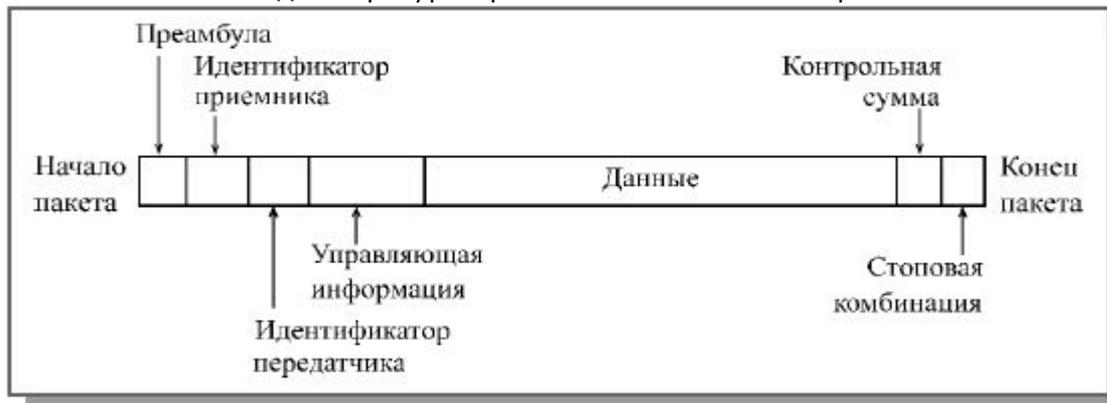
Топология Кольцо (сеть Token Ring)

Назначение пакетов и их структура

Информация в локальных сетях, как правило, передается отдельными порциями, кусками, называемыми в различных источниках пакетами (packets), кадрами (frames) или блоками. Структура и размеры пакета в каждой сети жестко определены стандартом на данную сеть и связаны, прежде всего, с аппаратурными особенностями данной сети, выбранной топологией и типом среды передачи информации. Кроме того, эти параметры зависят от используемого протокола (порядка обмена информацией).

Чаще всего пакет содержит в себе следующие основные поля или части:

- Стартовая комбинация битов или преамбула, которая обеспечивает предварительную настройку аппаратуры адаптера или другого сетевого устройства на прием и обработку пакета.
- Сетевой адрес (идентификатор) принимающего абонента, то есть индивидуальный или групповой номер, присвоенный каждому принимающему абоненту в сети. Этот адрес позволяет приемнику распознать пакет, адресованный ему лично, группе, в которую он входит, или всем абонентам сети одновременно (при широком вещании).
- Сетевой адрес (идентификатор) передающего абонента.
- Служебная информация, которая может указывать на тип пакета, его номер, размер, формат, маршрут его доставки, на то, что с ним надо делать приемнику и т.д.
- Данные (поле данных) – это та информация, ради передачи которой используется пакет.
- Контрольная сумма пакета – это числовой код, формируемый передатчиком по определенным правилам и содержащий в свернутом виде информацию обо всем пакете.
- Стоповая комбинация служит для информирования аппаратуры принимающего абонента об окончании пакета, обеспечивает выход аппаратуры приемника из состояния приема.



Эталонная модель OSI

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. Как и любая универсальная модель, OSI довольно громоздка, избыточна, и не слишком гибка. Поэтому реальные сетевые средства, предлагаемые различными фирмами, не обязательно придерживаются принятого разделения функций.

Модель OSI относится не только к локальным сетям, но и к любым сетям связи между компьютерами или другими абонентами. Все сетевые функции в модели разделены на 7 уровней.

Данные, которые необходимо передать по сети, на пути от верхнего (седьмого) уровня до нижнего (первого) проходят процесс инкапсуляции. Это значит, что каждый нижеследующий уровень производит обработку данных, приходящих с более высокого уровня, и снабжает их своим заголовком, а также служебной информацией. На физическом уровне вся эта многооболочечная конструкция (инкапсулированный пакет) передается по кабелю приемнику. Там она претерпевает обратную процедуру деинкапсуляции, то есть при передаче на вышестоящий уровень убирается одна из оболочек. Верхнего седьмого уровня достигают данные, освобожденные от всех оболочек, то есть от всей служебной информации нижестоящих уровней.



Аппаратура локальных сетей

К аппаратуре локальных сетей относятся:

- кабели для передачи информации (витая пара, коаксиальный кабель, волоконно-оптический); возможны и бескабельные каналы связи: радиоканал, инфракрасный канал;
- разъемы для присоединения кабелей;
- сетевые адаптеры (они же контроллеры, карты, платы, интерфейсы, NIC – Network Interface Card) – это основная часть аппаратуры локальной сети. Назначение сетевого адаптера – сопряжение компьютера (или другого абонента) с сетью, они реализуют функции двух нижних уровней модели OSI. Связь сетевого адаптера с сетевым программным обеспечением осуществляют драйверы сетевых адаптеров.;
- Репитеры или повторители (*repeater*), они восстанавливают ослабленные сигналы (их амплитуду и форму), приводя их к исходному виду, с целью увеличения длины сети ;
- 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).;
- Концентраторы (хабы, *hub*), служат для объединения в сеть нескольких сегментов, представляют собой несколько собранных в едином корпусе репитеров, и выполняют те же функции;
- Коммутаторы (свичи, коммутирующие концентраторы, *switch*), как и концентраторы, служат для соединения сегментов в сеть, но передают из одного сегмента сети в другой не все поступающие на них пакеты, а только те, которые адресованы компьютерам из другого сегмента
- Мосты (*bridge*), маршрутизаторы (*router*) и шлюзы (*gateway*) служат для объединения в одну сеть несколько разнородных сетей с разными протоколами обмена нижнего уровня, в частности, с разными форматами пакетов, методами кодирования, скоростью передачи и т.д. В результате их применения сложная и неоднородная сеть, содержащая в себе различные сегменты. Реализуются на базе компьютеров, подключенных к сети с помощью сетевых адаптеров.

Стандартные сетевые протоколы

Протоколы – это набор правил и процедур, регулирующих порядок осуществления связи. Как правило, объединяются в наборы (стеки).

Протоколы глобальной сети Интернет делятся на три основных типа:

● Прикладные протоколы (выполняющие функции трех верхних уровней модели OSI – прикладного, представительского и сеансового);

- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – протокол глобальной сети Интернет для обмена электронной почтой;
- FTP (File Transfer Protocol) – протокол глобальной сети Интернет для передачи файлов;
- 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;

● Транспортные протоколы (реализующие функции средних уровней модели OSI – транспортного и сеансового);

- TCP (Transmission Control Protocol) – часть набора протоколов TCP/IP для гарантированной доставки данных, разбитых на последовательность фрагментов;

● Сетевые протоколы (осуществляющие функции трех нижних уровней модели OSI).

- IP (Internet Protocol) – TCP/IP-протокол для негарантированной передачи пакетов без установления соединений;



Набор (стек) протоколов TCP/IP

Модель OSI допускает два основных метода взаимодействия абонентов в сети:

1. Метод взаимодействия без логического соединения (или метод дейтаграмм). Пакет при этом методе передается без предварительного обмена служебными пакетами для выяснения готовности приемника, а также без ликвидации логического канала, то есть без пакета подтверждения окончания передачи.
 - Достоинства метода: передатчик и приемник работают независимо друг от друга, пакеты могут накапливаться в буфере и затем передаваться вместе, возможность использовать широковещательную передачу, то есть адресовать пакет всем абонентам одновременно.
 - Недостатки метода – это возможность потери пакетов, а также бесполезной загрузки сети пакетами в случае отсутствия или неготовности приемника.
3. Метод взаимодействия с логическим соединением. Пакет передается только после того, как будет установлено логическое соединение (канал) между приемником и передатчиком. Каждому информационному пакету сопутствует один или несколько служебных пакетов (установка соединения, подтверждение получения, запрос повторной передачи, разрыв соединения). Логический канал может устанавливаться на время передачи одного или нескольких пакетов.
 - Недостатки метода. Сложность разрешения ситуации, когда принимающий абонент не готов к обмену, например, из-за обрыва кабеля, отключения питания, неисправности сетевого оборудования, сбоя в компьютере. Требуется алгоритм обмена с повторением неподтвержденного пакета заданное количество раз. Невозможность передачи широковещательных пакетов, так как нельзя организовать логические каналы сразу со всеми абонентами.

Набор (стек) протоколов TCP/IP был специально разработан для глобальных сетей и для межсетевого взаимодействия. Он изначально ориентирован на низкое качество каналов связи, на большую вероятность ошибок и разрывов связей. Этот протокол принят во всемирной компьютерной сети Интернет, значительная часть абонентов которой подключается по коммутируемым линиям (то есть обычным телефонным линиям). Чтобы упростить согласование протоколов локальных и глобальных сетей, протокол TCP/IP используется и в локальных сетях. В настоящее время он считается основным в самых распространенных операционных системах.

Всемирная сеть Internet.

Любой компьютер, подключенный к сети Интернет, работает на стеке протоколов TCP/IP, имеет IP-адрес и может посылать IP-пакеты другим ЭВМ. Базовыми процедурами Интернет являются прием/передача почтовых сообщений (протокол SMTP), передача новостей (NNTP), удаленный доступ (telnet, Rlogin, SSH), передача файлов (FTP), и World Wide Web (WWW — HTTP) и т.д.

В стеке TCP/IP над протоколом сетевого уровня IP могут работать два транспортных протокола: TCP (Transmission Control Protocol) и UDP (User Datagram Protocol). TCP является протоколом надежной доставки и имеет заголовок длиной 44 байта (20 байт заголовок IP и 24 - TCP), он используется там, где важна надежная, безошибочная доставка информации (файловый обмен, передача почтовых сообщений и WEB-технология). Протокол UDP - дейтаграммного типа, длина заголовка UDP/IP пакета - 28 байт, в основном служит для передачи мультимедийных данных, где важнее своевременность, а не надежность доставки.

При передаче достаточно больших объемов данных (больше 1500 байт) понадобится механизм их фрагментации и последующего восстановления. Протокол межсетевого взаимодействия IP обеспечивает автоматическую фрагментацию данных, если они превышают MTU (Maximum Transfer Unit) для данной среды передачи и сборку исходной дейтаграммы в приемнике. Сеть работает по схеме "запомнить и переслать", при которой пакет сначала записывается целиком в буфер и только затем передается далее. IP-протокол предлагает ненадежную транспортную среду. Алгоритм доставки в рамках данного протокола предельно прост: при ошибке дейтограмма выбрасывается, а отправителю посылается соответствующее ICMP-сообщение (или не посылается ничего).

Сетевой протокол задания времени NTP (network time protocol) служит для осуществления синхронизации работы различных процессов в серверах и программах клиента. Он определяет архитектуру, алгоритмы, объекты и протоколы, используемые для указанных целей.

Существует ряд механизмов в Интернет, которые позволяют передавать и записывать время, когда произошло какое-то событие. Это протокол daytime, time protocol, сообщения ICMP "временная метка" и опция IP "временная метка" [SU81].

Маршрутизация

Маршрут транспортировки IP-дейтограммы нельзя знать заранее, это связано с поэтапным (по-шаговым) принятием решения о пути каждого пакета. Это свойство маршрутизации обусловлено тем, что IP является протоколом передачи данных без установления соединения и является основой принципа динамической маршрутизации. IP-слой имеет маршрутные таблицы, которые просматриваются каждый раз, когда IP получает дейтограмму для отправки.

Просмотр маршрутной таблицы происходит в три этапа:

- Ищется полное соответствие адресу места назначения. В случае успеха, пакет посылается соответствующему маршрутизатору или непосредственно интерфейсу адресата. Связи точка-точка выявляются именно на этом этапе.
- Ищется соответствие адресу сети места назначения. В случае успеха система действует также как и в предшествующем пункте. Одна запись в таблице маршрутизации соответствует всем ЭВМ, входящим в данную сеть.
- Осуществляется поиск маршрута по умолчанию и, если он найден, дейтограмма посылается в соответствующий маршрутизатор.

Когда маршрутизатор не может доставить дейтограмму по месту назначения, он посылает отправителю сообщение "адресат не достижим" (destination unreachable).

В Internet таблицы маршрутизации остаются без изменений достаточно долгое время, но иногда таблицы все же меняются. Если маршрутизатор обнаружит, что ЭВМ использует неоптимальный маршрут, он может послать ей ICMP-запрос переадресации.

Стандартные сетевые программные средства

Функции верхних уровней эталонной модели OSI выполняют сетевые программные средства. Для установки сети достаточно иметь набор сетевого оборудования, его драйверы, а также сетевое программное обеспечение.

С точки зрения распределения функций между компьютерами сети, все сети можно разделить на две группы:

- Одноранговые сети, состоящие из равноправных (с точки зрения доступа к сети) компьютеров.

В такой сети любой сервер может быть невыделенным (non-dedicated), может не только обслуживать сеть, но и работать как автономный компьютер. Принципиальна возможность совмещения функций клиента и сервера, при этом запросы к нему по сети понижают скорость его работы. Самая распространенная в настоящий момент одноранговая сеть – это сеть на основе Windows XP (Windows for Workgroups).

- Сети на основе серверов, в которых существуют только выделенные (dedicated) серверы, занимающиеся исключительно сетевыми функциями.

Применяются в тех случаях, когда в сеть должно быть объединено много пользователей. Серверы специально оптимизированы для быстрой обработки сетевых запросов на разделяемые ресурсы и для управления защитой файлов и каталогов. Примером сетевого программного средства на основе сервера служит Windows Server 2003 компании Microsoft .

Домен представляет собой группу компьютеров, управляемых контроллером домена, специальным сервером. Домен использует собственную базу данных, содержащую учетные записи пользователей, и управляет собственными ресурсами, такими как принтеры и общие файлы. Каждому домену присваивается свое имя (обычно домен рассматривается как отдельная сеть со своим номером). В каждый домен может входить несколько рабочих групп, которые формируются из пользователей, решающих общую или сходные задачи. Несколько доменов объединяются в дерево доменов. Это упрощает управление сетью. Точно так же несколько деревьев может объединяться в лес, самую крупную административную структуру, поддерживаемую данной ОС.