

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П.О.Сухого»

Факультет автоматизированных и информационных систем

Кафедра «Информационные технологии»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по дисциплине
«КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ»
для студентов специальности
1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)»
направление специальности 1–40 05 01–01 «Информационные системы и
технологии (в проектировании и производстве)»

Курочка К.С., Соболев Д.В.

Гомель 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ	5
Тема 1. Компьютерные сети. Основные понятия	5
Тема 2. Требования, предъявляемые к компьютерным сетям	9
Тема 3. Разделяемая среда передачи данных	15
Тема 4. Распределённая обработка и распределённые системы	20
РАЗДЕЛ 2. ЛОКАЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ	23
Тема 5. Локальные вычислительные сети (ЛВС)	23
Тема 6. Принципы функционирования ЛВС	28
Тема 7. Технические средства организации ЛВС	34
Тема 8. Сети Ethernet. Расчёт корректности конфигурации локальной сети Ethernet и Fast Ethernet	41
Тема 9. Беспроводные компьютерные сети	49
РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	51
Тема 10. Передача данных по сети.	51
Тема 11. Коммутация каналов, коммутация пакетов, коммутация сообщений.	60
РАЗДЕЛ 4. СТЕК ПРОТОКОЛОВ TCP/IP	77
Тема 12. Протокол IP	77
Тема 13. Основные принципы маршрутизации	106
Тема 14. Передача данных по сети через сокеты	120
РАЗДЕЛ 5. СРЕДСТВА ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАБОТЫ С КОМПЬЮТЕРНЫМИ СЕТЯМИ	129
Тема 15. Сетевые операционные системы	129
Тема 16. Команды ОС Windows тестирования сетевых интерфейсов	134
Тема 17. Команды ОС Unix конфигурирования и тестирования сетевых интерфейсов	139
РАЗДЕЛ 6. ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ	152
Тема 18. Основные принципы построения глобальных сетей	152
Тема 19. Глобальные сети с коммутацией пакетов	161
Тема 20. Сеть Интернет	165
РАЗДЕЛ 7. БЕЗОПАСНОСТЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ	179
Тема 21. Защита информации в локальных и глобальных сетях.	179
Тема 22. Безопасность ЛВС при взаимодействии с Интернет	188
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	198

ВВЕДЕНИЕ

Изучение дисциплины «Компьютерные сети» предусматривает получение студентами базовых знаний и основных умений применения и работы с компьютерными сетями.

Цель дисциплины – изучение теоретических основ принципов организации, проектирования, построения и использования вычислительных сетей, сетевых протоколов и их применение для организации взаимодействия объектов сети, основ передачи данных и базовых аппаратных средств для передачи информации, базовых технологий локальных сетей и принципов межсетевого взаимодействия.

Задачи дисциплины – получение практических навыков разработки сетевых, распределённых и многоуровневых приложений; подготовка специалиста, имеющего устойчивые навыки использования локальных и глобальных компьютерных сетей; формирование базовых навыков проектирования компьютерных сетей, эффективного использования и настройки сетевого оборудования; формирование навыков программирования сетевых технологий.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- основные концепции построения локальных и глобальных сетей; методы объединения компьютеров и устройств в сети;
- основные функции и режимы взаимодействия компьютеров. Аппаратное и программное обеспечение сети;
- основные протоколы, методы организации, способы объединения компьютеров в сети;
- виды топологий сети и основные реализуемые алгоритмы взаимодействия узлов;
- способы передачи, методы кодирования и защиты данных;
- принципы разработки программ организации клиент-серверного взаимодействия. Методы разработки программ распределенной обработки данных;
- перспективные направления развития в области компьютерных сетей и сетевых технологий. Методы использования сетей и сетевых технологий в будущей профессиональной деятельности;

уметь:

- анализировать уровень эффективности сетевых решений;
- эффективно использовать операционные системы и предлагать сетевые решения для разрабатываемых прикладных задач;
- разрабатывать программы взаимодействия для работы в архитектуре клиент сервер для организации клиент-серверного взаимодействия и распределенной обработки данных;
- использовать различные протоколы при разработке программных средств.

владеть:

- навыками работы в сети и её администрирования;
- техникой работы с основными видами сетевого оборудования;
- методами создания правил маршрутизации и конфигурации интерфейсов сетевого оборудования;
- техникой и методами работы с сетевым окружением в различных операционных системах;
- технологией проектирования и разработки сетевого программного обеспечения.

Методика преподавания дисциплины «Компьютерные сети» строится на сочетании лекций и лабораторных занятий, проверки полученных знаний и самостоятельной работы.

Основными методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение), реализуемое на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на лабораторных занятиях и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии (дискуссии, учебные дебаты), реализуемые на практических занятиях и конференциях.

Согласно учебному плану программа дисциплины «Компьютерные сети» рассчитана на объём 150 учебных часов: 68 аудиторных часов по дневной форме получения образования, 14 – по заочной, 8 – по заочной сокращенной. Трудоемкость учебной дисциплины – 4 зачетные единицы. Форма обучения – дневная, заочная, заочная сокращенная.

РАЗДЕЛ 2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Тема 2. Компьютерные сети. Основные понятия

Компьютерные сети являются логическим результатом эволюции развития компьютерных технологий. Постоянно возрастающие потребности пользователей в вычислительных ресурсах обуславливали попытки специалистов компьютерных технологий объединить в единую систему отдельные компьютеры.

Сеть – это соединение между двумя и более компьютерами, позволяющее им разделять ресурсы.

Сеть – это совокупность объектов, образуемых устройствами передачи и обработки данных. Международная организация по стандартизации определила вычислительную сеть как *последовательную бит-ориентированную передачу информации между связанными друг с другом независимыми устройствами*.

Сети обычно находится в частном ведении пользователя и занимают некоторую территорию и по территориальному признаку разделяются на:

- локальные вычислительные сети (ЛВС) или Local Area Network (LAN), расположенные в одном или нескольких близко расположенных зданиях. ЛВС обычно размещаются в рамках какой-либо организации (корпорации, учреждения), поэтому их называют корпоративными.
- распределенные компьютерные сети, глобальные или Wide Area Network (WAN), расположенные в разных зданиях, городах и странах, которые бывают территориальными, смешанными и глобальными. В зависимости от этого глобальные сети бывают четырех основных видов: городские, региональные, национальные и транснациональные. В качестве примеров распределенных сетей очень большого масштаба можно назвать: Internet, EUNET, Relcom, FIDO.

В состав сети в общем случае включаются следующие элементы:

- сетевые компьютеры (оснащенные сетевым адаптером);
- каналы связи (кабельные, спутниковые, телефонные, цифровые, волоконно-оптические, радиоканалы и др.);
- различного рода преобразователи сигналов;
- сетевое оборудование.

Различают два понятия сети: *коммуникационная сеть* и *информационная сеть* (рис. 1).

Коммуникационная сеть предназначена для передачи данных, также она выполняет задачи, связанные с преобразованием данных. Коммуникационные сети различаются по типу используемых физических средств соединения.

Информационная сеть предназначена для хранения информации и состоит из *информационных систем*. На базе коммуникационной сети может быть построена группа информационных сетей:

Под *информационной системой* следует понимать систему, которая является поставщиком или потребителем информации.

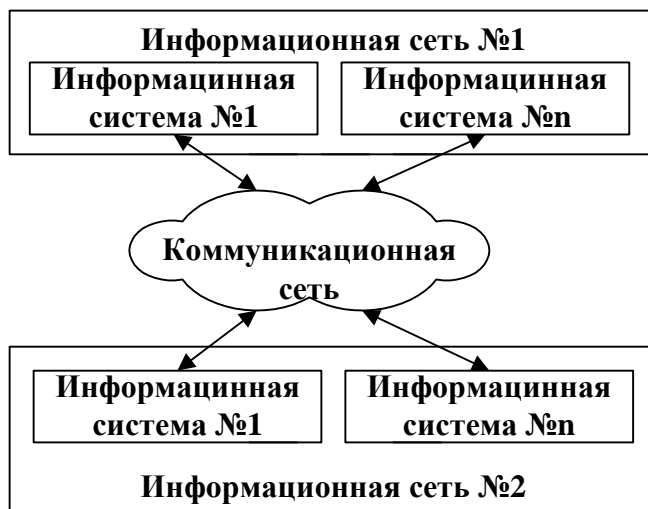


Рисунок 1 – Информационные и коммуникационные сети

Компьютерная сеть состоит из *информационных систем* и *каналов связи*.

Под *информационной системой* следует понимать объект, способный осуществлять хранение, обработку или передачу информации. В состав *информационной системы* входят: компьютеры, программы, пользователи и другие составляющие, предназначенные для процесса обработки и передачи данных. В дальнейшем информационная система, предназначенная для решения задач пользователя, будет называться – *рабочая станция (client)*. Рабочая станция в сети отличается от обычного персонального компьютера (ПК) наличием *сетевой карты (сетевого адаптера)*, канала для передачи данных и сетевого программного обеспечения.

Под *каналом связи* следует понимать путь или средство, по которому передаются сигналы. Средство передачи сигналов называют *абонентским*, или *физическим*, каналом.

Каналы связи (data link) создаются по линиям связи при помощи сетевого оборудования и физических средств связи. Физические средства связи построены на основе витых пар, коаксиальных кабелей, оптических каналов или эфира. Между взаимодействующими информационными системами через физические каналы коммуникационной сети и узлы коммутации устанавливаются *логические каналы*.

Логический канал – это путь для передачи данных от одной системы к другой. Логический канал прокладывается по маршруту в одном или нескольких физических каналах. *Логический канал* можно охарактеризовать, как маршрут, проложенный через физические каналы и узлы коммутации.

Информация в сети передается *блоками данных* по процедурам обмена между объектами. Эти процедуры называют *протоколами передачи данных*.

Протокол – это совокупность правил, устанавливающих формат и процедуры обмена информацией между двумя или несколькими устройствами.

Загрузка сети характеризуется параметром, называемым *трафиком*. *Трафик* (*traffic*) – это поток сообщений в сети передачи данных. Под ним понимают количественное измерение в выбранных точках сети числа проходящих *блоков* данных и их длины, выраженное в битах в секунду.

Существенное влияние на характеристику сети оказывает метод доступа. Метод доступа – это способ определения того, какая из рабочих станций сможет следующей использовать канал связи и как управлять доступом к каналу связи (кабелю).

В сети все рабочие станции физически соединены между собою каналами связи по определенной структуре, называемой топологией. Топология – это описание физических соединений в сети, указывающее какие рабочие станции могут связываться между собой. Тип топологии определяет производительность, работоспособность и надежность эксплуатации рабочих станций, а также время обращения к файловому серверу. В зависимости от топологии сети используется тот или иной метод доступа.

Состав основных элементов в сети зависит от ее архитектуры. Архитектура – это концепция, определяющая взаимосвязь, структуру и функции взаимодействия рабочих станций в сети. Она предусматривает логическую, функциональную и физическую организацию технических и программных средств сети. Архитектура определяет принципы построения и функционирования аппаратного и программного обеспечения элементов сети.

В основном выделяют три вида архитектур: архитектура терминал – главный компьютер, архитектура клиент – сервер и одноранговая архитектура.

Современные сети можно классифицировать по различным признакам: по удаленности компьютеров, топологии, назначению, перечню предоставляемых услуг, принципам управления (централизованные и децентрализованные), методам коммутации, методам доступа, видам среды передачи, скоростям передачи данных и т. д. Все эти понятия будут рассмотрены более подробно при дальнейшем изучении курса.

Преимущества использования сетей.

Компьютерные сети представляют собой вариант сотрудничества людей и компьютеров, обеспечивающего ускорение доставки и обработки информации. Объединять компьютеры в сети начали более 30 лет назад. Когда возможности компьютеров выросли и ПК стали доступны каждому, развитие сетей значительно ускорилось.

Соединенные в сеть компьютеры обмениваются информацией и совместно используют периферийное оборудование и устройства хранения информации рис. 2.

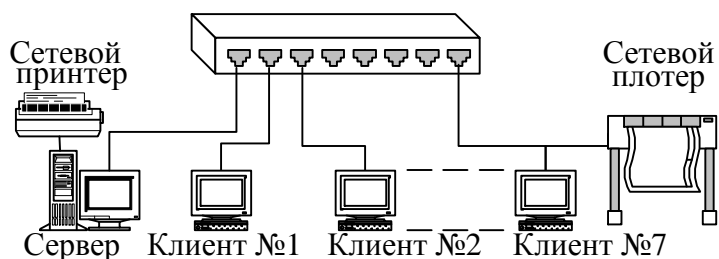


Рисунок 2 – Использование периферийного оборудования

С помощью сетей можно разделять ресурсы и информацию. Ниже перечислены основные задачи, которые решаются с помощью рабочей станции в сети, и которые трудно решить с помощью отдельного компьютера.

Компьютерная сеть позволит совместно использовать периферийные устройства, включая:

- принтеры;
- плоттеры;
- дисковые накопители;
- приводы CD-ROM;
- дисководы;
- стримеры;
- сканеры;
- факс-модемы;

Компьютерная сеть позволяет совместно использовать информационные ресурсы:

- каталоги;
- файлы;
- прикладные программы;
- игры;
- базы данных;
- текстовые процессоры.

Компьютерная сеть позволяет работать с многопользовательскими программами, обеспечивающими одновременный доступ всех пользователей к общим базам данных с блокировкой файлов и записей, обеспечивающей целостность данных. Любые программы, разработанные для стандартных ЛВС, можно использовать в других сетях.

Совместное использование ресурсов обеспечит существенную экономию средств и времени. Например, можно коллективно использовать один лазерный принтер вместо покупки принтера каждому сотруднику или беготни с дискетами к единственному принтеру при отсутствии сети.

Организация электронной почты. Можно использовать *ЛВС* как почтовую службу и рассылать служебные записки, доклады и сообщения другим пользователям.

Тема 2. Требования, предъявляемые к компьютерным сетям

Соответствие стандартам — это только одно из многих требований, предъявляемых к современным сетям. В этом разделе мы остановимся на некоторых других, не менее важных.

Самое общее пожелание, которое можно высказать в отношении работы сети — это выполнение сетью того набора услуг, для оказания которых она предназначена: например, предоставление доступа к файловым архивам или страницам публичных Web-сайтов Internet, обмен электронной почтой в пределах предприятия или в глобальных масштабах, интерактивный обмен голосовыми сообщениями IP-телефонии и т.п.

Все остальные требования — производительность, надежность, совместимость, управляемость, защищенность, расширяемость и масштабируемость — связаны с качеством выполнения этой основной задачи. И хотя все перечисленные выше требования весьма важны, часто понятие "качество обслуживания" (Quality of Service, QoS) компьютерной сети трактуется более узко: в него включаются только две самые важные характеристики сети — производительность и надежность.

Производительность

Потенциально высокая производительность — это одно из основных преимуществ распределенных систем, к которым относятся компьютерные сети. Это свойство обеспечивается принципиальной, но, к сожалению, не всегда практически реализуемой возможностью распределения работ между несколькими компьютерами сети.

Основные характеристики производительности сети:

- время реакции;
- скорость передачи трафика;
- пропускная способность;
- задержка передачи и вариация задержки передачи.

Время реакции сети является интегральной характеристикой производительности сети с точки зрения пользователя. Именно эту характеристику имеет в виду пользователь, когда говорит: "Сегодня сеть работает медленно".

В общем случае время реакции определяется как интервал между возникновением запроса пользователя к какой-либо сетевой службе и получением ответа на него.

Очевидно, что значение этого показателя зависит от типа службы, к которой обращается пользователь, от того, какой пользователь и к какому серверу

обращается, а также от текущего состояния элементов сети — загруженности сегментов, коммутаторов и маршрутизаторов, через которые проходит запрос, загруженности сервера и т.п.

Поэтому имеет смысл использовать также и средневзвешенную оценку времени реакции сети, усредняя этот показатель по пользователям, серверам и времени дня (от которого в значительной степени зависит загрузка сети).

Время реакции сети обычно складывается из нескольких составляющих. В общем случае в него входит:

- время подготовки запросов на клиентском компьютере;
- время передачи запросов между клиентом и сервером через сегменты сети и промежуточное коммуникационное оборудование;
- время обработки запросов на сервере;
- время передачи ответов от сервера клиенту и время обработки получаемых от сервера ответов на клиентском компьютере.

Очевидно, что разложение времени реакции на составляющие пользователя не интересует — ему важен конечный результат. Однако для сетевого специалиста очень важно выделить из общего времени реакции составляющие, соответствующие этапам собственно сетевой обработки данных, — передачу данных от клиента к серверу через сегменты сети и коммуникационное оборудование.

Знание сетевых составляющих времени реакции позволяет оценить производительность отдельных элементов сети, выявить узкие места и при необходимости выполнить модернизацию сети для повышения ее общей производительности.

Производительность сети может характеризоваться также *скоростью передачи* трафика.

Скорость передачи трафика может быть мгновенной, максимальной и средней:

- средняя скорость вычисляется путем деления общего объема переданных данных на время их передачи, причем выбирается достаточно длительный промежуток времени — час, день или неделя;
- мгновенная скорость отличается от средней тем, что для усреднения выбирается очень маленький промежуток времени — например, 10 мс или 1 с;
- максимальная скорость — это наибольшая скорость, зафиксированная в течение периода наблюдения.

Чаще всего при проектировании, настройке и оптимизации сети используются такие показатели, как средняя и максимальная скорость. Средняя скорость, с которой обрабатывает трафик отдельный элемент или сеть в целом, позволяет оценить работу сети на протяжении длительного времени, в течение которого в силу закона больших чисел пики и спады интенсивности трафика компенсируют друг друга. Максимальная скорость позволяет оценить, как сеть будет справляться с

пиковыми нагрузками, характерными для особых периодов работы, например в утренние часы, когда сотрудники предприятия почти одновременно регистрируются в сети и обращаются к разделяемым файлам и базам данных. Обычно при определении скоростных характеристик некоторого сегмента или устройства в передаваемых данных не выделяется трафик какого-то определенного пользователя, приложения или компьютера — подсчитывается общий объем передаваемой информации. Тем не менее, для более точной оценки качества обслуживания такая детализация желательна, и в последнее время системы управления сетями все чаще позволяют ее выполнять.

Пропускная способность — максимально возможная скорость обработки трафика, определенная стандартом технологии, на которой построена сеть. Пропускная способность отражает максимально возможный объем данных, передаваемый сетью или ее частью в единицу времени.

Пропускная способность уже не является, подобно времени реакции или скорости прохождения данных по сети, пользовательской характеристикой, так как она говорит о скорости выполнения внутренних операций сети — передачи пакетов данных между узлами сети через различные коммуникационные устройства. Зато она непосредственно характеризует качество выполнения основной функции сети — транспортировки сообщений — и поэтому чаще используется при анализе производительности сети, чем время реакции или скорость.

Пропускная способность измеряется либо в битах в секунду, либо в пакетах в секунду.

Пропускная способность сети зависит как от характеристик физической среды передачи (медный кабель, оптическое волокно, витая пара) так и от принятого способа передачи данных (технология Ethernet, FastEthernet, ATM). Пропускная способность часто используется в качестве характеристики не столько сети, сколько собственно технологии, на которой построена сеть. Важность этой характеристики для сетевой технологии показывает, в частности, и то, что ее значение иногда становится частью названия, например, 10 Мбит/с Ethernet, 100 Мбит/с Ethernet.

В отличие от времени реакции или скорости передачи трафика пропускная способность не зависит от загруженности сети и имеет постоянное значение, определяемое используемыми в сети технологиями.

На разных участках гетерогенной сети, где используется несколько разных технологий, пропускная способность может быть различной. Для анализа и настройки сети очень полезно знать данные о пропускной способности отдельных ее элементов. Важно отметить, что из-за последовательного характера передачи данных различными элементами сети общая пропускная способность любого составного пути в сети будет равна минимальной из пропускных способностей составляющих элементов маршрута. Для повышения пропускной способности составного пути необходимо в первую очередь обратить внимание на самые медленные элементы. Иногда полезно оперировать общей пропускной

способностью сети, которая определяется как среднее количество информации, переданной между всеми узлами сети за единицу времени. Этот показатель характеризует качество сети в целом, не дифференцируя его по отдельным сегментам или устройствам.

Задержка передачи определяется как задержка между моментом поступления данных на вход какого-либо сетевого устройства или части сети и моментом появления их на выходе этого устройства.

Этот параметр производительности по смыслу близок ко времени реакции сети, но отличается тем, что всегда характеризует только сетевые этапы обработки данных, без задержек обработки конечными узлами сети.

Обычно качество сети характеризуют величинами максимальной задержки передачи и вариацией задержки. Не все типы трафика чувствительны к задержкам передачи, во всяком случае, к тем величинам задержек, которые характерны для компьютерных сетей, — обычно задержки не превышают сотен миллисекунд, реже — нескольких секунд. Такого порядка задержки пакетов, порождаемых файловой службой, службой электронной почты или службой печати, мало влияют на качество этих служб с точки зрения пользователя сети. С другой стороны, такие же задержки пакетов, переносящих голосовые или видеоданные, могут приводить к значительному снижению качества предоставляемой пользователю информации — возникновению эффекта "эха", невозможности разобрать некоторые слова, вибрации изображения и т. п.

Все указанные характеристики производительности сети достаточно независимы. В то время как пропускная способность сети является постоянной величиной, скорость передачи трафика может варьироваться в зависимости от загрузки сети, не превышая, конечно, предела, устанавливаемого пропускной способностью. Так в односегментной сети 10 Мбит/с Ethernet компьютеры могут обмениваться данными со скоростями 2 Мбит/с и 4 Мбит/с, но никогда — 12 Мбит/с.

Пропускная способность и задержки передачи также являются независимыми параметрами, так что сеть может обладать, например, высокой пропускной способностью, но вносить значительные задержки при передаче каждого пакета. Пример такой ситуации дает канал связи, образованный геостационарным спутником. Пропускная способность этого канала может быть весьма высокой, например 2 Мбит/с, в то время как задержка передачи всегда составляет не менее 0,24 с, что определяется скоростью распространения электрического сигнала (около 300000 км/с) и длиной канала (72000 км).

Надежность и безопасность

Одна из первоначальных целей создания распределенных систем, к которым относятся и вычислительные сети, состояла в достижении большей надежности по сравнению с отдельными вычислительными машинами.

Важно различать несколько аспектов надежности.

Для сравнительно простых технических устройств используются такие показатели надежности, как:

- среднее время наработки на отказ;
- вероятность отказа;
- интенсивность отказов.

Однако эти показатели пригодны для оценки надежности простых элементов и устройств, которые могут находиться только в двух состояниях — работоспособном или неработоспособном. Сложные системы, состоящие из многих элементов, кроме состояний работоспособности и неработоспособности, могут иметь и другие промежуточные состояния, которые эти характеристики не учитывают.

Для оценки надежности сложных систем применяется другой набор характеристик:

- готовность или коэффициент готовности;
- сохранность данных;
- согласованность (непротиворечивость) данных;
- вероятность доставки данных;
- безопасность;
- отказоустойчивость.

Готовность или коэффициент готовности (availability) означает период времени, в течение которого система может использоваться. Готовность может быть повышена путем введения избыточности в структуру системы: ключевые элементы системы должны существовать в нескольких экземплярах, чтобы при отказе одного из них функционирование системы обеспечивали другие.

Чтобы компьютерную систему можно было считать высоконадежной, она должна как минимум обладать высокой готовностью, но этого недостаточно. Необходимо обеспечить сохранность данных и защиту их от искажений. Кроме того, должна поддерживаться согласованность (непротиворечивость) данных, например если для повышения надежности на нескольких файловых серверах хранится несколько копий данных, то нужно постоянно обеспечивать их идентичность.

Так как сеть работает на основе механизма передачи пакетов между конечными узлами, одной из характеристик надежности является вероятность доставки пакета узлу назначения без искажений. Наряду с этой характеристикой могут использоваться и другие показатели: вероятность потери пакета (по любой из причин — из-за переполнения буфера маршрутизатора, несовпадения контрольной суммы, отсутствия работоспособного пути к узлу назначения и т. д.), вероятность искажения отдельного бита передаваемых данных, соотношение количества потерянных и доставленных пакетов.

Другим аспектом общей надежности является безопасность (security), то есть способность системы защитить данные от несанкционированного доступа. В

распределенной системе это сделать гораздо сложнее, чем в централизованной. В сетях сообщения передаются по линиям связи, часто проходящим через общедоступные помещения, в которых могут быть установлены средства прослушивания линий. Другим уязвимым местом могут стать оставленные без присмотра персональные компьютеры. Кроме того, всегда имеется потенциальная угроза взлома защиты сети от неавторизованных пользователей, если сеть имеет выходы в глобальные общедоступные сети.

Еще одной характеристикой надежности является отказоустойчивость (fault tolerance). В сетях под отказоустойчивостью понимается способность системы скрыть от пользователя отказ отдельных ее элементов. Например, если копии таблицы базы данных хранятся одновременно на нескольких файловых серверах, пользователи могут просто не заметить отказа одного из них. В отказоустойчивой системе выход из строя одного из ее элементов приводит к некоторому снижению качества ее работы (деградации), а не к полному останову. Так, при отказе одного из файловых серверов в предыдущем примере увеличивается только время доступа к базе данных из-за уменьшения степени распараллеливания запросов, но в целом система будет продолжать выполнять свои функции.

Тема 3. Разделяемая среда передачи данных

Разделяемая среда – физическая среда передачи данных, к которой непосредственно подключено несколько передатчиков узлов сети. В каждый момент времени только один передатчик может использовать её для передачи данных приёмнику другого узла.

В сетях с разделяемой средой работа выполняется по следующему алгоритму:

1. Если в сети “тишина”, можно начать передачу пакета.
2. Если обнаружена коллизия, нужно прекратить передачу.
3. Через случайную паузу нужно повторить передачу испорченного пакета.

Существуют различные способы решения задачи организации совместного доступа к разделяемым линиям связи:

- централизованный подход управления доступом к разделяемой среде (доступом к каналу управляет специальное устройство — арбитр);
- децентрализованный подход управления доступом к разделяемой среде (не требуется наличие арбитра в сети).

Если обратиться к организации работы компьютера, то можно увидеть, что доступ к системной шине компьютера, которую совместно используют внутренние блоки компьютера, управляется централизованно — либо процессором, либо специальным арбитром шины.

Недостатки:

- система с разделяемой средой при увеличении количества подключенных к ней компьютеров будет работать все медленнее, поскольку пропускная способность линии делится между всеми компьютерами.
- ни один из компьютеров не может постоянно использовать линию. В каждый момент времени только один компьютер имеет право передавать данные в линию, так как в случае одновременной передачи несколькими компьютерами сигналы будут смешиваться и искажаться.

Неразделяемая среда (соединение точка-точка):

- полудуплексный режим работы – передача ведется в обоих направлениях, но с разделением по времени.
- полнодуплексный режим – передача может производиться одновременно с первым.

Коммутация - это соединение конечных узлов через сеть транзитных.

Маршрут - это последовательность узлов, которые пройдут данные на пути от отправителя к получателю.

Обобщенная задача коммутации в общем виде может быть разбита на следующие взаимосвязанные составляющие:

- определение информационных потоков, для которых требуется прокладывать маршруты;
- маршрутизация потоков.
- продвижение потоков, то есть их распознавание и локальная коммутация на каждом транзитном узле.
- мультиплексирование и демуплексирование потоков.

Определение информационных потоков

Информационным потоком (потоком данных) называется непрерывная последовательность данных, объединенных набором общих признаков, позволяющих выделить эти данных из общего сетевого трафика.

Логично предположить, что через один транзитный узел может проходить несколько маршрутов. Поэтому, транзитный узел должен уметь распознавать потоки данных для правильной их передачи на соответствующий сетевой интерфейс.

В качестве критерия определения потока данных может выступать адрес источника, тогда все данных от одного и того же компьютера будут являться потоком. Этот поток можно разделить на дочерние потоки, классифицируя данные по адресу назначения. Дальнейшую детализацию потоков данных можно выполнять, например, по номеру порта (используемой сетевой службе).

В англоязычной литературе имеется два термина для обозначения потока данных: *data stream* и *data flow*. Их различие состоит в том, что один термин подразумевает неравномерный поток данных (например, загрузка веб-страницы), в то время как второй - равномерный (например, потоковое аудио). В контексте этого пособия по умолчанию будет подразумеваться именно неравномерный поток данных. Если имеется в виду равномерный поток, то это будет оговорено.

Признаки потока могут быть глобальными или локальными. В то время как адреса источника и назначения являются глобальными, адрес сетевого интерфейса транзитного узла, с которого идет поток данных - локальный признак. Таким образом, транзитный узел может быть настроен таким образом, чтобы передавать данные, скажем, с интерфейса 1 на интерфейс 3. Таким образом, можно отделать потоки данных от разных узлов и использовать для них разные маршруты.

Существует еще и так называемая метка потока - особый тип признака, некое число, которое несут все данные потока. Метка потока так же может быть глобальной (не меняться при прохождении транзитных узлов) и локальной (подвергаться изменениям при переходе от одного транзитного узла к другому).

Задача маршрутизации, в свою очередь, делится на две составляющие задачи:

- определение маршрута.
- оповещение сети о выбранном маршруте.

Определение маршрута заключается в выборе последовательности транзитных узлов и их интерфейсов по которым будут передаваться данные из определенного источника в определенное назначение. Это довольно сложная задача, поскольку маршрутов может быть несколько, а выбрать надо один (наиболее оптимальный). Но даже если существует всего один маршрут в сети со сложной топологией, найти его тоже непросто. Критерии оптимальности часто строятся на количестве транзитных узлов, пропускной способности, надежности каналов и их загруженности. Маршрут может определяться администратором сети вручную на основе каких-либо его предпочтений и соображений, но в больших сетях со сложной топологией такой способ мало пригоден. В таком случае используются автоматические методы определения маршрутов. Для автоматизации процесса, компьютеры оснащаются дополнительным программным обеспечением, которое собирает информацию о сети и анализирует её. Затем, на основе полученных данных строится оптимальный маршрут.

Маршрут может строиться либо исходя из топологии сети (минимальное количество транзитных узлов), либо (если надо учитывать пропускную способность) - на основе так называемой метрики. Метрика представляет собой число, позволяющее судить о пропускной способности отдельных участков сети. Для задания метрики можно взять пропускную способность отдельного участка сети (например 100 Мб/с) и принять её равной 1. Таким образом, метрика других участков сети будет обратно пропорциональна пропускной способности с учетом выбранной точки отсчета. Например, метрика другого участка пропускной способностью 10 Мб/с будет равной 10. Таким образом, пройдя три транзитных узла мы получим метрику 3 против 10 в случае наличия прямого, но медленного маршрута.

Описанные методы определения маршрута упускают информацию о состоянии маршрутов. Таким образом, выбрав путь через три быстрых но загруженных транзитных узла можно проиграть, проигнорировав относительно медленный, но свободный маршрут.

Выбрав определенный маршрут, необходимо оповестить о нем все устройства сети. Делается это как правило посредством сообщений типа «данные потока n нужно передать на интерфейс X (или узлу Z)». Каждое устройство сети анализирует подобные сообщения и делает запись в специальной таблице коммутации. Этой таблицей в последствии будет руководствоваться узел при выборе интерфейса для передачи потока данных с определенными признаками.

Передача информации транзитным устройствам может осуществляться вручную (администратором) или автоматически по аналогии с определением маршрута.

Продвижение данных

Допустим, был определен маршрут и оповещена о нем сеть. Теперь настало время поговорить о продвижении данных. Для каждой пары абонентов эта операция может быть представлена как совокупность нескольких локальных операций коммутации на каждом из транзитных узлов. Отправитель передает данные на интерфейс, соответствующий маршруту, а транзитные узлы передают данные с одного своего интерфейса на другой (выполняют коммутацию интерфейсов). Устройство, которое выполняет коммутацию интерфейсов называется коммутатором. Для того чтобы выполнить коммутацию, коммутатор должен распознать поток.

Важно отметить, что термины «коммутация» и «коммутатор» в телекоммуникационных сетях могут трактоваться неоднозначно. В общем смысле, коммутатор это устройство, способное передавать данные с одного сетевого интерфейса на другой. Некоторые способы коммутации и соответствующие устройства получили специальные названия. Например, в технологиях сетевого уровня IP и IPX, процесс коммутации называется «маршрутизация», а соответствующее устройство - «маршрутизатор». В то же время, для локальных сетей используются термины «коммутатор» и «коммутация». Для телефонных сетей термин «коммутатор» является синонимом телефонной станции.

Коммутатором может быть как аппаратное устройство, так и компьютер, использующий специализированное программное обеспечение. Более того, компьютер, используемый для коммутации может выполнять функции конечного или начального узла. Хорошей практикой является использование узлов, специально выделенных для коммутации, которые соединяются в так называемую коммутационную сеть. Остальные устройства подключаются уже к коммутационной сети.

Мультиплексирование и демультиплексирование

Как говорилось ранее, для выполнения коммутации, коммутатор должен определить поток данных. Определение потока должно выполняться независимо от того является поток «чистым» или «смешанным». В случае, если поток смешан с другими потоками, выполняется операция демультиплексирования.

Демультиплексирование - операция разделение одного смешанного потока на несколько чистых. Существует так же и обратная задача, которая называется мультиплексированием.

Мультиплексирование - операция объединения нескольких чистых потоков в один смешанный. Операция мультиплексирования выполняется тогда, когда коммутатору надо отправить несколько потоков данных на один сетевой интерфейс. Логично предположить, что технология мультиплексирования должна позволять последующее демультиплексирование. Самыми распространенными способами мультиплексирования являются разделение времени (когда для каждого потока данных отводится определенный промежуток времени использования канала) и частотное разделение канала, когда каждый поток данных использует свой

частотный диапазон. Функции мультиплексирования и демультиплексирования могут выполняться на каждом из сетевых интерфейсов коммутатора. Частным случаем коммутатора у которого все входные потоки данных коммутируются на один выходной интерфейс называется мультиплексор. Обратный случай называется демультиплексор.

Операции мультиплексирования/демультиплексирования имеют такое же важное значение в любой сети, как и операции коммутации, потому что без них пришлось бы для каждого потока предусматривать отдельный канал, что привело бы к большому количеству параллельных связей в сети и свело бы «на нет» все преимущества неполносвязной сети.

На рис. 3 показан фрагмент сети, состоящий из трех коммутаторов. Коммутатор 1 имеет четыре сетевых интерфейса. На интерфейс 1 поступают данные с двух интерфейсов — 3и4. Их надо передать в общий физический канал, то есть выполнить операцию мультиплексирования.

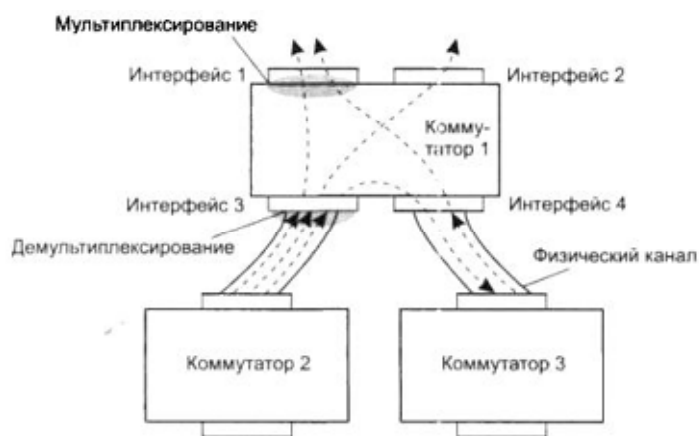


Рисунок 3 – Операция мультиплексирования/демультиплексирования

Одним из основных способов мультиплексирования потоков является разделение времени. При этом способе каждый поток время от времени (с фиксированным или случайным периодом) получает физический канал в полное свое распоряжение и передает по нему свои данные. Распространено также частотное разделение канала, когда каждый поток передает данные в выделенном ему частотном диапазоне.

Технология мультиплексирования должна позволять получателю такого суммарного потока выполнять обратную операцию — разделение (демультиплексирование) данных на слагаемые потоки. На интерфейсе 3 коммутатор выполняет демультиплексирование потока на три составляющих его подпотока. Один из них он передает на интерфейс 1, другой — на интерфейс 2, третий — на интерфейс 4. Вообще говоря, на каждом интерфейсе могут одновременно выполняться обе функции — мультиплексирование и демультиплексирование.

Тема 4. Распределённая обработка и распределённые системы

Современное производство требует высоких скоростей обработки информации, удобных форм ее хранения и передачи. Необходимо также иметь динамичные способы обращения к информации, способы поиска данных в заданные временные интервалы; реализовывать сложную математическую и логическую обработку данных. Управление крупными предприятиями, управление экономикой на уровне страны требуют участия в этом процессе достаточно крупных коллективов. Такие коллективы могут располагаться в различных районах города, в различных регионах страны и даже в различных странах. Для решения задач управления, обеспечивающих реализацию экономической стратегии, становятся важными и актуальными скорость и удобство обмена информацией, а также возможность тесного взаимодействия всех участвующих в процессе выработки управленческих решений.

В эпоху централизованного использования ЭВМ с пакетной обработкой информации пользователи вычислительной техники предпочитали приобретать компьютеры, на которых можно было бы решать почти все классы их задач. Однако сложность решаемых задач обратно пропорциональна их количеству, и это приводило к неэффективному использованию вычислительной мощности ЭВМ при значительных материальных затратах. Нельзя не учитывать и тот факт, что доступ к ресурсам компьютеров был затруднен из-за существующей политики централизации вычислительных средств в одном месте.

Принцип централизованной обработки данных (рис. 4) не отвечал высоким требованиям к надежности процесса обработки, затруднял развитие систем и не мог обеспечить необходимые временные параметры при диалоговой обработке данных в многопользовательском режиме. Кратковременный выход из строя центральной ЭВМ приводил к роковым последствиям для системы в целом, так как приходилось дублировать функции центральной ЭВМ, значительно увеличивая затраты на создание и эксплуатацию систем обработки данных.



Рисунок 4 – Система централизованной обработки данных

Появление малых ЭВМ, микроЭВМ и, наконец, персональных компьютеров потребовало нового подхода к организации систем обработки данных, к созданию новых информационных технологий. Возникло логически обоснованное требование

перехода от использования отдельных ЭВМ в системах централизованной обработки данных к распределенной обработке данных (рис. 5).

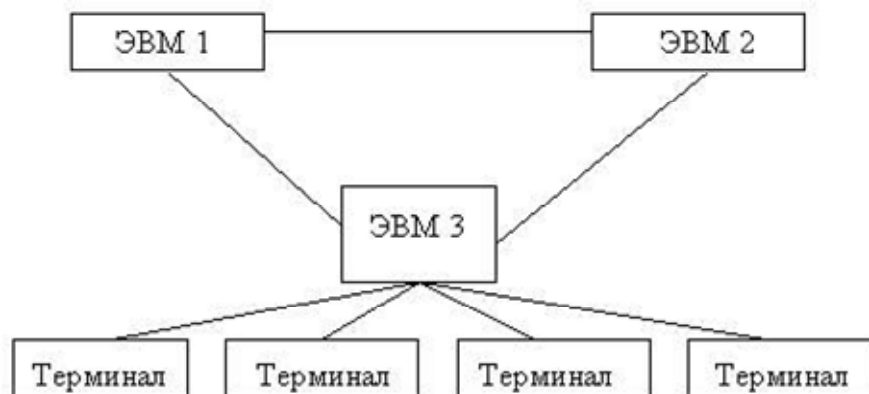


Рисунок 5 – Система распределенной обработки данных

Распределенная обработка данных - обработка данных, выполняемая на независимых, но связанных между собой компьютерах, представляющих распределенную систему.

Преимущества распределённой обработки данных:

- большое число взаимодействующих между собой пользователей, выполняющих функции сбора, регистрации, хранения, передачи и выдачи информации;
- снятие пиковых нагрузок с централизованной базы путем распределения обработки и хранения локальных баз данных на разных ЭВМ для обеспечения доступа информационного работника к вычислительным ресурсам сети ЭВМ;
- обеспечение симметричного обмена данными между удалёнными пользователями.

Для реализации распределенной обработки данных были созданы многомашинные ассоциации, структура которых разрабатывается по одному из следующих направлений:

- многомашинные вычислительные комплексы (МВК);
- компьютерные (вычислительные) сети.

Многомашинный вычислительный комплекс - группа установленных рядом вычислительных машин, объединенных с помощью специальных средств сопряжения и выполняющих совместно единый информационно-вычислительный процесс.

Многомашинные вычислительные комплексы могут быть:

- локальными при условии установки компьютеров в одном помещении, не требующих для взаимосвязи специального оборудования и каналов связи;
- дистанционными, если некоторые компьютеры комплекса установлены на значительном расстоянии от центральной ЭВМ и для передачи данных используются телефонные каналы связи.

Компьютерная (вычислительная) сеть - совокупность компьютеров и терминалов, соединенных с помощью каналов связи в единую систему, удовлетворяющую требованиям распределенной обработки данных.

Абоненты сети - объекты, генерирующие или потребляющие информацию в сети.

Абонентами сети могут быть отдельные ЭВМ, комплексы ЭВМ, терминалы, промышленные роботы, станки с числовым программным управлением и т.д. Любой абонент сети подключается к станции.

Станция - аппаратура, которая выполняет функции, связанные с передачей и приемом информации.

Совокупность абонента и станции принято называть абонентской системой. Для организации взаимодействия абонентов необходима физическая передающая среда.

Физическая передающая среда - линии связи или пространство, в котором распространяются электрические сигналы, и аппаратура передачи данных.

На базе физической передающей среды строится коммуникационная сеть, которая обеспечивает передачу информации между абонентскими системами.

Такой подход позволяет рассматривать любую компьютерную сеть как совокупность абонентских систем и коммуникационной сети.

РАЗДЕЛ 2. ЛОКАЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ

Тема 5. Локальные вычислительные сети (ЛВС)

Локальная вычислительная сеть (ЛВС) –совокупность аппаратного и программного обеспечения, позволяющего объединить компьютеры в единую распределенную систему обработки и хранения информации. К аппаратному обеспечению можно отнести компьютеры с установленными на них сетевыми адаптерами, повторители, концентраторы, коммутаторы, мосты, маршрутизаторы, соединенные между собой сетевыми кабелями. К программному можно отнести сетевые операционные системы и протоколы передачи данных.

Задачи, решаемые ЛВС

1. Передача файлов. Электрический сигнал по кабелю из отдела в отдел движется быстрее, чем любой сотрудник с документом. Экономия бумаги и чернил принтера.

2. Разделение (совместное использование) файлов данных и программ. Отпадает необходимость дублировать данные на каждом компьютере.

3. Разделение (совместное использование) принтеров и другого оборудования. Значительно экономятся средства на приобретение и ремонт техники (сканеры, принтеры, модемы).

4. Электронная почта.

5. Координация совместной работы. При совместном решении задач каждый может оставаться на рабочем месте, но работать в «команде». Для менеджера проекта значительно упрощается задача контроля и координирования действий, т.к. сеть создает единое, легко наблюдаемое виртуальное пространство с большой скоростью взаимодействия территориально разнесенных участников.

6. Упорядочивание делопроизводства, контроль доступа к информации, защита информации. Чем меньше потенциальных возможностей потерять (забыть, положить не в ту папку) документ, тем меньше таких случаев будет. Гораздо легче найти документ на сервере (автоматический поиск, всегда известно авторство документа), чем в груде бумаг на столе. Сеть также позволяет проводить единую политику безопасности на предприятии, меньше полагаясь на сознательность сотрудников: всегда можно определить права доступа к документам и протоколировать все действия сотрудников.

С точки зрения организации взаимодействия персональных компьютеров локальные сети делят на одноранговые (Peer to Peer Network) и с выделенным сервером (Dedicated Server Network). Существуют также комбинированные сети, объединяющие свойства обоих типов сетей.

Компьютеры в *одноранговых* сетях могут выступать как в роли клиентов, так и в роли серверов. Так как все компьютеры в этом типе сетей равноправны, то

одноранговые сети не имеют централизованного управления¹ разделением ресурсов. Любой из компьютеров в этой сети может разделять свои ресурсы с любым компьютером из этой же сети. Одноранговые взаимоотношения также означают, что ни один компьютер не имеет ни высшего приоритета на доступ, ни повышенной ответственности за предоставление ресурсов в совместное использование².

Преимущества одноранговых сетей:

- они легки в установке и настройке;
- отдельные машины не зависят от выделенного сервера;
- пользователи в состоянии контролировать свои собственные ресурсы;
- недорогой тип сетей в приобретении и эксплуатации;
- не нужно никакого дополнительного оборудования или программного обеспечения, кроме операционной системы;
- нет необходимости нанимать администратора сети;
- хорошо подходит с количеством пользователей, не превышающих 10.

Недостатки одноранговых сетей:

- применение сетевой безопасности одновременно только к одному ресурсу;
- пользователи должны помнить столько паролей³, сколько имеется разделенных ресурсов;
- необходимо производить резервное копирование отдельно на каждом компьютере, чтобы защитить все совместные данные;
- при получении доступа к ресурса, на компьютере, на котором этот ресурс расположен, ощущается падение производительности;
- не существует централизованной организационной схемы для поиска и управления доступом к данным.

Сети с выделенным сервером⁴

Компания Microsoft предпочитает термин Server-based. Сервер⁵ представляет собой машину (компьютер), чьей основной задачей является реакция на клиентские⁶ запросы. Серверы редко управляются кем-то непосредственно – только чтобы установить, настроить или обслуживать.

Достоинства сетей с выделенным сервером:

¹ **Centralized administration** (централизованное администрирование). Метод контроля над доступом к ресурсам сети и управления установкой и настройкой данных из одного места.

² **Workgroup model** (модель рабочих групп). Так Microsoft называет одноранговые сети, которые включают в себя один или более компьютеров под управлением Windows NT.

³ Password (пароль). Секретная строка (должна быть трудноугадываемой), состоящая из букв, цифр и других символов, которая используется для идентификации конкретного пользователя и управления доступом к защищенным ресурсам.

⁴ **Server-based network** (сеть с выделенным сервером). Тип или модель сети, в которой сетевой сервер предоставляет службы и ресурсы клиентским компьютерам и управляет доступом к этим службам и ресурсам.

⁵ **Server** (сервер). Компьютер, который отвечает на запросы со стороны сетевых клиентов на доступ к службе или к ресурсу.

⁶ **Client** (клиент). Сетевой компьютер, который запрашивает ресурсы или службы с другого компьютера, обычно сервера какого-нибудь типа.

- они обеспечивают централизованное управление учетными записями⁷ пользователей, безопасностью и доступом, что упрощает сетевое администрирование;
- более мощное оборудование означает и более эффективный доступ к ресурсам сети;
- пользователям для входа в сеть нужно помнить только один пароль, что позволяет им получать доступ ко всем ресурсам, у которых имеет право;
- такие сети лучше масштабируются (растут) с ростом числа клиентов.

Недостатки сетей с выделенным сервером:

- неисправность сервера может сделать сеть неработоспособной, в лучшем случае – потеря сетевых ресурсов;
- такие сети требуют квалифицированного персонала для сопровождения сложного специализированного программного обеспечения;
- стоимость сети увеличивается, благодаря потребности в специализированном оборудовании и программном обеспечении.

Выбор архитектуры сети зависит от специфики организации, назначения сети и количества рабочих станций. От выбора типа сети зависит также и ее дальнейшее будущее: расширяемость, возможность использования того или иного ПО и оборудования, надежность сети и многое другое.

Топология компьютерных сетей.

При построении компьютерных сетей важным является выбор физической организации связей между отдельными компьютерами, т.е. топологии сети.

Топология сети - это ее геометрическая форма или схема физического расположения ПК по отношению друг к другу и их соединения каналами связи. Топология сети влияет на такие ее показатели, как надежность, расширяемость (наращиваемость), стоимость, задержку и пропускную способность.

При выборе топологии сети, наряду с чисто техническими проблемами передачи электрических сигналов, приходится решать и задачи экономного использования линий связи (1 км оптического волокна, например, стоит несколько тысяч долларов). Рассмотрим некоторые, наиболее часто встречающиеся топологии.

Полносвязная топология соответствует сети, в которой каждый компьютер связан со всеми остальными (Рис. 6а).

Полносвязная топология является громоздкой и малоэффективной, т.к. для каждой пары компьютеров выделяется отдельная электрическая линия связи и требуется большое количество коммутационных портов. Чаще всего этот вид топологии используется в глобальных сетях при небольших количествах компьютеров.

⁷ **Account** (учетная запись). Информация о пользователе, которая может включать в себя имя владельца учетной записи, его пароль и принадлежащие пользователю права доступа к сетевым ресурсам.

Топология *общая шина* является достаточно распространенной топологией для локальных сетей (Рис. 6б). В этом случае компьютеры подключаются к одному общему кабелю (шине), по которому и происходит обмен информацией между компьютерами. Основными преимуществами общей шины являются дешевизна и простота разводки кабеля по отдельным помещениям. Серьезными недостатками такой топологии является низкая надежность, т.к. любой дефект общего кабеля полностью парализует всю сеть, а так же невысокая производительность, поскольку в любой момент только один компьютер может передавать данные в сеть.

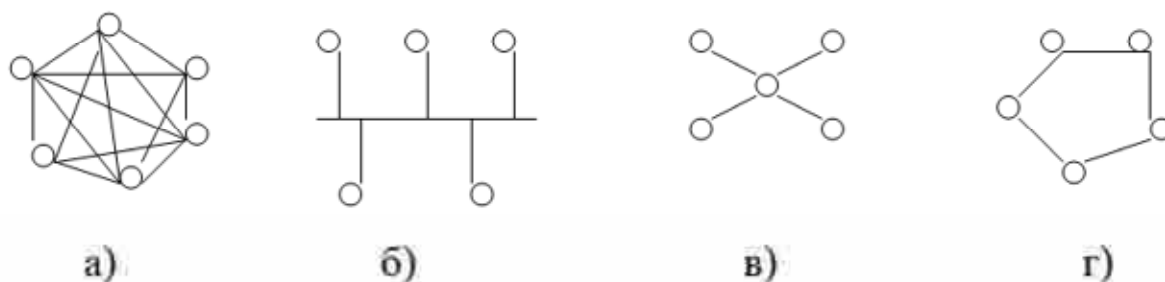


Рисунок 6 – Различные топологии компьютерных сетей

Топология *звезда* (Рис. 6в) предусматривает подключение каждого компьютера отдельным кабелем к общему устройству, называемому концентратором, который находится в центре сети. Концентратор служит для перенаправления передаваемой информации к одному или всем остальным компьютерам сети. По сравнению с общей шиной эта топология имеет более высокую надежность, т.к. неполадки с кабелем касаются лишь одного компьютера и только неисправность концентратора выводит из строя всю сеть. К недостатком топологии звезда можно отнести ее высокую стоимость ввиду необходимости установки дополнительного оборудования (концентратора). Кроме этого концентратор имеет ограниченное количество портов для подключения компьютеров. Поэтому для сетей с большим количеством компьютеров используется подключение нескольких концентраторов, иерархически соединенных между собой связями типа звезда. В настоящее время иерархическая звезда является самой распространенной топологией как в локальных, так и в глобальных компьютерных сетях.

В сетях с *кольцевой* топологией (Рис. 6г) данные передаются по кольцу от одного компьютера к другому, как правило, в одном направлении. Если компьютер распознает данные как «свои», то он их принимает. В сетях с кольцевой топологией всегда принимаются меры для обеспечения работоспособности сети при выходе из строя одного из компьютеров. Такие сети строятся всегда, если требуется контроль передаваемой информации, т.к. данные сделав полный оборот возвращаются к компьютеру-источнику.

Отметим, что по описанным типовым топологиям строятся, как правило, небольшие сети. Для крупных сетей характерно наличие произвольных связей между компьютерами, где можно, однако, выделить описанные выше топологии. Такие сети называются сетями со смешанной топологией.

На практике используются три базовых топологии - шина (EtherNet), кольцо (Token Ring), звезда (ArcNet).

Технические средства ЛВС - это ее сервер, рабочие станции, сетевые контроллеры, кабельные системы, соединители, разветвители, повторители, усилители, терминаторы-заглушки.

Сервер – это специально выделенный компьютер в сети, имеющий мощные ресурсы, высокую надежность, подключенный к источнику бесперебойного питания и оснащенный сетевой ОС. Он решает задачи управления сетью и поддержания ее работоспособности. Хранит общую информацию, обновляет ее копии у пользователей, проводит резервное копирование данных и т.д.

Рабочая станция - это любой, кроме сервера, компьютер, работающий в сети.

На практике используется два основных типа подключения компьютеров к ЛВС - тонкий Ethernet или витая пара. Тонкий Ethernet достаточно распространен как наиболее простой, дешевый, надежный вариант. Его элементами являются сетевые карты с "байонетной" розеткой, Т-коннекторы, N-коннекторы, терминаторы, кабель-коаксиал "тонкий Ethernet". Отрезки кабеля могут быть длиной 0,5-185 метров. Скорость передачи данных по такой сети - 10 (или 100) Мбит/с). Витая пара в реализации бывает нескольких типов. Различия между ними - в уровне помехозащищенности. Для сетей на витой паре требуется, кроме сетевых адаптеров еще и дополнительное устройство - концентратор (Hub). Эти сети имеют следующие преимущества - большая надежность, простое расширение сети, появление новых стандартов (в том числе на скорость передачи до 100 Мбит/с), не требует полной замены коммуникационных линий, большая производительность.

Дополнительно применяются также волоконно-оптические каналы связи и радиоканалы. Создание и быстрое совершенствование ПК типа Notebook привело к столь же быстрому развитию беспроводных технологий связи между ПК, в том числе в локальных сетях. Как правило, Notebook имеют стандартные порты или слоты. Благодаря этому можно легко и быстро присоединять Notebook к обычной ЛВС с помощью сетевых карт. Создание же беспроводного варианта ЛВС требует установки на каждую рабочую станцию или сервер специального устройства беспроводной связи. Сети реализуются либо в радиодиапазоне, либо в лазерных, либо в инфракрасных каналах связи.

Передача данных по сети регламентируется определенными правилами. Набор правил взаимодействия между компьютерами сети называют протоколами передачи данных, или сетевыми протоколами. Т.е. протокол- это "язык", на котором ПК разговаривают в сети между собой. Он устанавливается на них в виде программ-драйверов. Протоколы определяют формат, способ синхронизации, порядок

следования, методы обработки ошибок при передаче данных. Передача данных между компьютерами требует выполнения многих шагов.

Например, для передачи файла с одного компьютера на другой файл должен быть разбит на части, эти части должны быть определенным образом сгруппированы. Таким образом, компьютер, принимающий файл, должен получить дополнительную информацию о том, каким образом связаны между собой образованные группы, а также информацию о способе синхронизации, информацию, позволяющую корректировать ошибки, связанные с передачей данных, и т. д. Учитывая сложность осуществления коммуникаций между компьютерами, этот процесс обычно разбивается на шаги. Каждый такой шаг выполняется в соответствии со своими правилами, т. е. в соответствии со своим протоколом.

Тема 6. Принципы функционирования ЛВС

Главные функции сетей — передача информации и информационный доступ удаленных пользователей. Реализация этих функций возможна при условии использования адресатами открытых систем. Под открытой системой понимается система, архитектура которой общедоступна, т. е. существует набор аппаратных и программных средств, позволяющих коммутировать ее с другими платформами.

Для обеспечения согласованного функционирования различных компьютеров в сети, т. е. для связи между открытыми системами, было признано целесообразным разделить все требуемые для этого функции на группы соответственно решаемым задачам. Так, одна из групп обеспечивает передачу данных, другая — установку соединений, третья — выполнение программ конечных пользователей и т. д. Каждая такая функция (или набор функций), отвечающая за строго определенные действия, оформляется в виде протокола — набора правил, по которым производится обмен данными между компьютерами, независимо от их архитектуры и используемой ОС. Таким образом, протокол определяет следующие действия:

- синхронизация — механизм распознавания начала блока данных и его конца;
- инициализация — установление соединения между взаимодействующими партнерами по сеансу связи;
- блокирование — разбиение передаваемой информации на блоки данных строго определенной длины (включая опознавательные знаки начала блока и его конца);
- адресация — обеспечивает идентификацию пользователей, обменивающихся друг с другом информацией во время взаимодействия;

- обнаружение ошибок — использование различных методов, например установка битов четности для вычисления контрольных битов с целью проверки правильности передачи данных;
- нумерация блоков — текущая нумерация блоков, позволяющая установить ошибочно передаваемую или потерянную информацию;
- управление потоком данных — служит для распределения и синхронизации информационных потоков, например если не хватает места в буфере устройства данных или данные не достаточно быстро обрабатываются периферийными устройствами (принтеры, плоттеры и т. п.), сообщения и / или запросы накапливаются с целью дальнейшей обработки;
- методы восстановления — используют в случаях прерывания процесса передачи данных (ошибки, сбои оборудования, помехи в СПД и т. д.) для возврата в точку прерывания и повторной передачи информации;
- разрешение доступа — распределение, контроль и управление ограничениями доступа к данным (например, «только передача»).

Компьютеры для обмена данными через сеть должны использовать один и тот же протокол. Для координации совместной работы различных протоколов была разработана многоуровневая структура, где каждый протокол занимает свое место и взаимодействует с другими протоколами определенным образом. Можно сказать, что получился протокол взаимодействия протоколов, или система (модель) протоколов. Так, распределение протоколов по уровням для ЛВС определяется семиуровневой сетевой моделью взаимодействия открытых систем — OSI (Open Systems Interconnection), являющейся международным стандартом.

Международная Организация по Стандартам (International Standards Organization, ISO) разработала модель, которая четко определяет различные уровни взаимодействия систем, дает им стандартные имена и указывает, какую работу должен делать каждый уровень. Эта модель называется моделью взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI) или моделью ISO/OSI.

В модели OSI взаимодействие делится на семь уровней или слоев (рис.7). Каждый уровень имеет дело с одним определенным аспектом взаимодействия. Таким образом, проблема взаимодействия декомпозирована на 7 частных проблем, каждая из которых может быть решена независимо от других. Каждый уровень поддерживает интерфейсы с выше- и нижележащими уровнями.

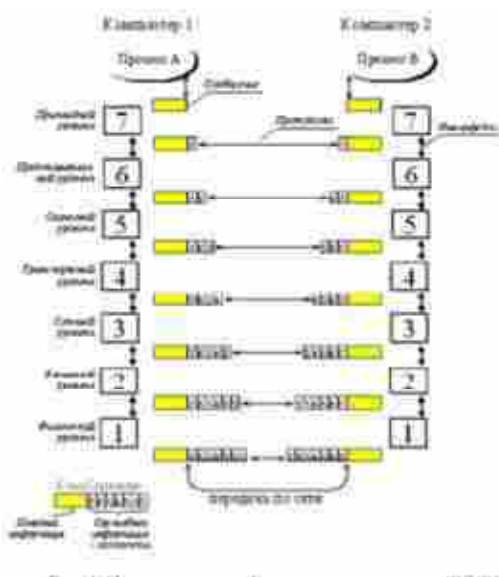


Рисунок 8 – Модель ISO/OSI

Модель OSI описывает только системные средства взаимодействия, не касаясь приложений конечных пользователей. Приложения реализуют свои собственные протоколы взаимодействия, обращаясь к системным средствам. Следует иметь в виду, что приложение может взять на себя функции некоторых верхних уровней модели OSI, в таком случае, при необходимости межсетевого обмена оно обращается напрямую к системным средствам, выполняющим функции оставшихся нижних уровней модели OSI.

Приложение конечного пользователя может использовать системные средства взаимодействия не только для организации диалога с другим приложением, выполняющимся на другой машине, но и просто для получения услуг того или иного сетевого сервиса.

Верхние уровни отвечают за взаимодействие прикладной программы с пользователем и поэтому ориентированы на прикладные процессы. Эти уровни не зависят от нижних и никак не связаны со способами доставки данных прикладным программам.

Нижние уровни обеспечивают передачу данных, включая упаковку, маршрутизацию, верификацию и формирование данных. Эти уровни игнорируют форматы данных.

Процесс передачи данных между прикладными программами осуществляется в три этапа: установление соединения, пересылка данных и разъединение.

Итак, пусть приложение обращается с запросом к прикладному уровню, например к файловому сервису. На основании этого запроса программное обеспечение прикладного уровня формирует сообщение стандартного формата, в которое помещает служебную информацию (заголовок) и, возможно, передаваемые данные. Затем это сообщение направляется представительному уровню.

Представительный уровень добавляет к сообщению свой заголовок и передает результат вниз сеансовому уровню, который в свою очередь добавляет свой заголовок и т.д.

Наконец, сообщение достигает самого низкого, физического уровня, который действительно передает его по линиям связи.

Когда сообщение по сети поступает на другую машину, оно последовательно перемещается вверх с уровня на уровень. Каждый уровень анализирует, обрабатывает и удаляет заголовок своего уровня, выполняет соответствующие данному уровню функции и передает сообщение вышележащему уровню.

Кроме термина "сообщение" (message) существуют и другие названия, используемые сетевыми специалистами для обозначения единицы обмена данными. В стандартах ISO для протоколов любого уровня используется такой термин как "протокольный блок данных" - Protocol Data Unit (PDU). Кроме этого, часто используются названия кадр (frame), пакет (packet), дейтаграмма (datagram).

Данные по сети передаются одинаковыми порциями, называемыми пакетами. В начале каждой порции находится некоторая служебная информация, называемая заголовком, а в конце добавляется завершитель. В локальной сети такая порция называется кадром или блоком данных (БД) и в общем виде может выглядеть следующим образом рисунок 8.



Рисунок 8 – Структура кадра

Физический уровень. Этот уровень имеет дело с передачей битов по физическим каналам, таким, например, как коаксиальный кабель, витая пара или оптоволоконный кабель. К этому уровню имеют отношение характеристики физических сред передачи данных, такие как полоса пропускания, помехозащищенность, волновое сопротивление и другие. На этом же уровне определяются характеристики электрических сигналов, такие как требования к фронтам импульсов, уровням напряжения или тока передаваемого сигнала, тип кодирования, скорость передачи сигналов. Кроме этого, здесь стандартизируются типы разъемов и назначение каждого контакта.

Функции физического уровня реализуются во всех устройствах, подключенных к сети. Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются сетевым адаптером или последовательным портом.

Канальный уровень. Одной из задач канального уровня является проверка доступности среды передачи. Другой задачей канального уровня является реализация механизмов обнаружения и коррекции ошибок. Для этого на канальном уровне биты группируются в наборы, называемые кадрами (frames). Канальный

уровень обеспечивает корректность передачи каждого кадра, помещая специальную последовательность бит в начало и конец каждого кадра, чтобы отметить его, а также вычисляет контрольную сумму, суммируя все байты кадра определенным способом и добавляя контрольную сумму к кадру. Когда кадр приходит, получатель снова вычисляет контрольную сумму полученных данных и сравнивает результат с контрольной суммой из кадра. Если они совпадают, кадр считается правильным и принимается. Если же контрольные суммы не совпадают, то фиксируется ошибка.

В протоколах канального уровня, используемых в локальных сетях, заложена определенная структура связей между компьютерами и способы их адресации. Хотя канальный уровень и обеспечивает доставку кадра между любыми двумя узлами локальной сети, он это делает только в сети с совершенно определенной топологией связей, именно той топологией, для которой он был разработан. К таким типовым топологиям, поддерживаемым протоколами канального уровня локальных сетей, относятся общая шина, кольцо и звезда. Примерами протоколов канального уровня являются протоколы Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN.

Сетевой уровень. Этот уровень служит для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей с различными принципами передачи информации между конечными узлами.

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

Для того, чтобы передать сообщение от отправителя, находящегося в одной сети, получателю, находящемуся в другой сети, нужно совершить некоторое количество транзитных передач (hops) между сетями, каждый раз выбирая подходящий маршрут. Таким образом, маршрут представляет собой последовательность маршрутизаторов, через которые проходит пакет.

Проблема выбора наилучшего пути называется маршрутизацией и ее решение является главной задачей сетевого уровня. Эта проблема осложняется тем, что самый короткий путь не всегда самый лучший. Часто критерием при выборе маршрута является время передачи данных по этому маршруту, оно зависит от пропускной способности каналов связи и интенсивности трафика, которая может изменяться с течением времени.

На сетевом уровне определяется два вида протоколов. Первый вид относится к определению правил передачи пакетов с данными конечных узлов от узла к маршрутизатору и между маршрутизаторами. Именно эти протоколы обычно имеют в виду, когда говорят о протоколах сетевого уровня. К сетевому уровню относят и другой вид протоколов, называемых протоколами обмена маршрутной информацией. С помощью этих протоколов маршрутизаторы собирают информацию о топологии межсетевых соединений. Протоколы сетевого уровня

реализуются программными модулями операционной системы, а также программными и аппаратными средствами маршрутизаторов.

Примерами протоколов сетевого уровня являются протокол межсетевого взаимодействия IP стека TCP/IP и протокол межсетевого обмена пакетами IPX стека Novell.

Транспортный уровень. На пути от отправителя к получателю пакеты могут быть искажены или утеряны. Хотя некоторые приложения имеют собственные средства обработки ошибок, существуют и такие, которые предпочитают сразу иметь дело с надежным соединением. Работа транспортного уровня заключается в том, чтобы обеспечить приложениям или верхним уровням стека - прикладному и сеансовому - передачу данных с той степенью надежности, которая им требуется. Модель OSI определяет пять классов сервиса, предоставляемых транспортным уровнем.

Как правило, все протоколы, начиная с транспортного уровня и выше, реализуются программными средствами конечных узлов сети - компонентами их сетевых операционных систем. В качестве примера транспортных протоколов можно привести протоколы TCP и UDP стека TCP/IP и протокол SPX стека Novell.

Сеансовый уровень. Сеансовый уровень обеспечивает управление диалогом для того, чтобы фиксировать, какая из сторон является активной в настоящий момент, а также предоставляет средства синхронизации. Последние позволяют вставлять контрольные точки в длинные передачи, чтобы в случае отказа можно было вернуться назад к последней контрольной точке, вместо того, чтобы начинать все с начала. На практике немногие приложения используют сеансовый уровень, и он редко реализуется.

Уровень представления. Этот уровень обеспечивает гарантию того, что информация, передаваемая прикладным уровнем, будет понятна прикладному уровню в другой системе. При необходимости уровень представления выполняет преобразование форматов данных в некоторый общий формат представления, а на приеме, соответственно, выполняет обратное преобразование. Таким образом, прикладные уровни могут преодолеть, например, синтаксические различия в представлении данных. На этом уровне может выполняться шифрование и дешифрование данных, благодаря которому секретность обмена данными обеспечивается сразу для всех прикладных сервисов. Примером протокола, работающего на уровне представления, является протокол Secure Socket Layer (SSL), который обеспечивает секретный обмен сообщениями для протоколов прикладного уровня стека TCP/IP.

Прикладной уровень. Прикладной уровень - это в действительности просто набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети получают доступ к разделяемым ресурсам, таким как файлы, принтеры или гипертекстовые Web-страницы, а также организуют свою совместную работу, например, с помощью

протокола электронной почты. Единица данных, которой оперирует прикладной уровень, обычно называется сообщением (message).

Существует очень большое разнообразие протоколов прикладного уровня. Приведем в качестве примеров хотя бы несколько наиболее распространенных реализаций файловых сервисов: NCP в операционной системе Novell NetWare, SMB в Microsoft Windows NT, NFS, FTP и TFTP, входящие в стек TCP/IP.

Тема 7. Технические средства организации ЛВС

На самом нижнем уровне сетевых коммуникаций находится носитель, по которому передаются данные. В отношении передачи данных термин *media*⁸ (носитель, среда передачи данных) может включать в себя как кабельные, так и беспроводные технологии.

Типы кабелей

Существует несколько различных видов кабелей, используемых в современных сетях. Различные сетевые ситуации могут потребовать различных типов кабелей.

Кабель типа «витая пара» – twisted pair

Представляет собой сетевой носитель, используемый во многих сетевых топологиях, включая Ethernet, ARCNet, IBM Token Ring.

Витая пара бывает двух видов.

1. Неэкранированная витая пара.

Имеется пять категорий неэкранированной витой пары. Они нумеруются по порядку возрастания качества от CAT1 до CAT5. Кабели более высокой категории обычно содержат больше пар проводников, и эти проводники имеют больше витков на единицу длины.

CAT1 – телефонный кабель, не поддерживает цифровой передачи данных.

CAT2 – представляет собой редко используемый старый тип неэкранированной витой пары. Он поддерживает скорость передачи данных до 4 Мбит/с.

CAT3 – минимальный уровень неэкранированной витой пары, требуемый для сегодняшних цифровых сетей, имеет пропускную способность 10 Мбит/с.

CAT4 – промежуточная спецификация кабеля, поддерживающая скорость передачи данных до 16 Мбит/с.

CAT5 – наиболее эффективный тип неэкранированной витой пары, поддерживающий скорость передачи данных до 100 Мбит/с.

⁸ **Network medium** (сетевой носитель). Кабель — либо металлический, либо оптоволоконный, который связывает компьютеры в сети. Этот термин также используется для описания частот, используемых в беспроводных сетевых коммуникациях.

Кабели неэкранированной витой пары соединяют сетевую карту каждого компьютера с сетевой панелью или с сетевым концентратором с помощью соединителя RJ-45 для каждой точки соединения.

Примером такой конфигурации является стандарт на сеть Ethernet 10Base-T, который характеризуется кабелем неэкранированная витая пара (от CAT3 до CAT5) и использованием соединителя RJ-45.

Недостатки:

- чувствительность к помехам со стороны внешних электромагнитных источников;
- взаимное наложение сигнала между смежными проводами;
- неэкранированная витая пара уязвима для перехвата сигнала;
- большое затухание сигнала по пути (ограничение до 100 м).

2. Экранированная витая пара.

Имеет схожую конструкцию, что и предыдущая, подчиняется тому же 100-метровому ограничению. Обычно содержит в середине четыре или более пары скрученных медных изолированных проводов, а также электрически заземленную плетеную медную сетку или алюминиевую фольгу, создавая экран от внешнего электромагнитного воздействия.

Недостатки:

- кабель менее гибок;
- требует электрического заземления.

Коаксиальный кабель

Этот тип кабеля состоит из центрального медного проводника, более толстого, чем провода в кабеле типа витая пара. Центральный проводник покрыт слоем пенистого пластикового изолирующего материала, который в свою очередь окружен вторым проводником, обычно плетеной медной сеткой или алюминиевой фольгой. Внешний проводник не используется для передачи данных, а выступает как заземление.

Коаксиальный кабель может передавать данные со скоростью до 10 Мбит/с на максимальное расстояние от 185 м до 500 м.

Двумя основными типами коаксиального кабеля, используемого в локальных сетях, является «Толстый Ethernet» (Thicknet) и «Тонкий Ethernet» (Thinnet).

1. Thinnet.

Также известен как кабель RG-58, является наиболее используемым. Он наиболее гибок из всех типов коаксиальных кабелей, имеет толщину примерно 6 мм. Он может использоваться для соединения каждого компьютера с другими компьютерами в локальной сети с помощью T-коннектора, British Naval Connector (BNC)-коннектора и 50-Омных заглушек (terminator терминаторов). Используется в основном для сетей типа 10Base-2 Ethernet.

Эта конфигурация поддерживает передачу данных со скоростью до 10 Мбит/с на максимальное расстояние до 185 м между повторителями.

2. Thicnet.

Является более толстым и более дорогим коаксиальным кабелем. По конструкции он схож с предыдущим, но менее гибок. Используется как основа для сетей 10Base-5 Ethernet. Этот кабель имеет маркировку RG-8 или RG-11, приблизительно 12 мм в диаметре. Он используется в виде линейной шины. Для подключения к каждой сетевой плате используется специальный внешний трансивер AUI (Attachment unit interface) и «вампир» (ответвление), пронизывающее оболочку кабеля для получения доступа к проводу.

Имеет толстый центральный проводник, который обеспечивает надежную передачу данных на расстояние до 500 м на сегмент кабеля. Часто используется для создания соединительных магистралей. Скорость передачи данных до 10 Мбит/с.

Оптоволоконный кабель

Обеспечивают превосходную скорость передачи информации на большие расстояния. Они не восприимчивы к электромагнитному шуму и подслушиванию.

Он состоит из центрального стеклянного или пластикового проводника, окруженного другим слоем стеклянного или пластикового покрытия, и внешней защитной оболочки. Данные передаются по кабелю с помощью лазерного или светодиодного передатчика, который посылает однонаправленные световые импульсы через центральное стеклянное волокно. Стеклянное покрытие помогает поддерживать фокусировку света во внутреннем проводнике. На другом конце проводника сигнал принимается фотодиодным приемником, преобразующем световые сигналы в электрический сигнал.

Скорость передачи данных для оптоволоконного кабеля достигает от 100 Мбит/с до 2 Гбит/с. Данные могут быть надежно переданы на расстояние до 2 км без повторителя.

Световые импульсы двигаются только в одном направлении, поэтому необходимо иметь два проводника: входящий и исходящий кабели.

Этот кабель сложен в установке, является самым дорогим типом кабеля.

При планировании сети или расширении существующей сети необходимо четко рассмотреть несколько вопросов, касающихся кабелей: стоимость, расстояние, скорость передачи данных, легкость установки, количество поддерживаемых узлов.

Сравнение типов кабелей по скорости передачи данных, стоимости кабелей, сложности установки, максимального расстояния передачи данных представлено в таблице 1.

Количество узлов на сегмент и узлов в сети при построении сетей с различным использованием кабелей представлено в таблице 2.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика кабелей

Тип	Скорость, Мбит/с	Длина, м	Устано вка	Цена
10Base-T	10	100	Легкая	Самый дешевый
100Base-T	100	100	Легкая	Дороже
Экранированная витая пара	16-155	100	Средней сложности	Еще дороже
10Base-2	10	185	Средней сложности	Недорогой
10Base-5	10	500	Сложнее, чем пред.	Дороже большинства кабелей
Оптоволокно	100-2000	2000	Самая сложная	Самый дорогой

Таблица 2 – Количество узлов в зависимости от типа сети

Тип сети	Узлов на сегмент	Узлов на сеть
10Base-T	1	1024
10Base-F	3	1024
100Base-T	1	1024
10Base-2 (5 сегментов, только в 3-х могут быть сервера)	30	900 (1024)
10Base-5 (5 сегментов, только в 3-х могут быть сервера)	100	1024

Сетевые компоненты

Существует множество сетевых устройств, которые можно использовать для создания, сегментирования и усовершенствования сети.

Сетевые карты⁹

Сетевой адаптер (Network Interface Card, *NIC*) - это периферийное устройство компьютера, непосредственно взаимодействующее со средой передачи данных, которая прямо или через другое коммуникационное оборудование связывает его с другими компьютерами. Это устройство решает задачи надежного обмена двоичными данными, представленными соответствующими электромагнитными сигналами, по внешним линиям связи. Как и любой контроллер компьютера, сетевой адаптер работает под управлением драйвера операционной системы.

В большинстве современных стандартов для локальных сетей предполагается, что между сетевыми адаптерами взаимодействующих компьютеров устанавливается специальное коммуникационное устройство (концентратор, мост, коммутатор или маршрутизатор), которое берет на себя некоторые функции по управлению потоком данных.

Сетевой адаптер обычно выполняет следующие функции:

⁹ **Network Interface Card, NIC** (сетевой адаптер, сетевая карта). Плата адаптера персонального компьютера, которая дает возможность подключить компьютер к какому-либо типу сетевого носителя. Это устройство преобразует цифровую информацию в электрический сигнал для исходящих сетевых сообщений и входящие сигналы в их цифровой эквивалент.

– *Оформление передаваемой информации в виде кадра определенного формата.* Кадр включает несколько служебных полей, среди которых имеется адрес компьютера назначения и контрольная сумма кадра.

– *Получение доступа к среде передачи данных.* В локальных сетях в основном применяются разделяемые между группой компьютеров каналы связи (общая шина, кольцо), доступ к которым предоставляется по специальному алгоритму (наиболее часто применяются метод случайного доступа или метод с передачей маркера доступа по кольцу).

– *Кодирование последовательности бит кадра последовательностью электрических сигналов при передаче данных и декодирование при их приеме.* Кодирование должно обеспечить передачу исходной информации по линиям связи с определенной полосой пропускания и определенным уровнем помех таким образом, чтобы принимающая сторона смогла распознать с высокой степенью вероятности посланную информацию.

– *Преобразование информации из параллельной формы в последовательную и обратно.* Эта операция связана с тем, что в вычислительных сетях информация передается в последовательной форме, бит за битом, а не побайтно, как внутри компьютера.

– *Синхронизация битов, байтов и кадров.* Для устойчивого приема передаваемой информации необходимо поддержание постоянного синхронизма приемника и передатчика информации.

Сетевые адаптеры различаются по типу и разрядности используемой в компьютере внутренней шины данных - ISA, EISA, PCI, MCA.

Сетевые адаптеры различаются также по типу принятой в сети сетевой технологии - Ethernet, Token Ring, FDDI и т.п. Как правило, конкретная модель сетевого адаптера работает по определенной сетевой технологии (например, Ethernet).

В связи с тем, что для каждой технологии сейчас имеется возможность использования различных сред передачи, сетевой адаптер может поддерживать как одну, так и одновременно несколько сред. В случае, когда сетевой адаптер поддерживает только одну среду передачи данных, а необходимо использовать другую, применяются трансиверы и конверторы.

Трансивер (приемопередатчик, transmitter+receiver) - это часть сетевого адаптера, его оконечное устройство, выходящее на кабель. В вариантах Ethernet'a оказалось удобным выпускать сетевые адаптеры с портом AUI, к которому можно присоединить трансивер для требуемой среды.

Вместо подбора подходящего трансивера можно использовать *конвертор*, который может согласовать выход приемопередатчика, предназначенного для одной среды, с другой средой передачи данных (например, выход на витую пару преобразуется в выход на коаксиальный кабель).

Повторители и усилители

Как говорилось ранее, сигнал при перемещении по сети, ослабевает. Чтобы предотвратить это ослабление, можно использовать повторители и (или) усилители, которые усиливают сигнал, проходящий через них.

Повторители (repeater) используются в сетях с цифровым сигналом для борьбы с затуханием (ослаблением) сигнала. Когда репитер получает ослабленный сигнал, он очищает этот сигнал, усиливает и посылает следующему сегменту.

Усилители (amplifier), хоть и имеют схожее назначение, используются для увеличения дальности передачи в сетях, использующих аналоговый сигнал. Это называется широкополосной передачей. Носитель делится на несколько каналов, так что разные частоты могут передаваться параллельно.

Обычно сетевая архитектура определяет максимальное количество повторителей, которые могут быть установлены в отдельной сети. Причиной этого является феномен, известный как «задержка распространения». Период, требуемый каждому повторителю для очистки и усиления сигнала, умноженный на число повторителей, может приводить к заметным задержкам передачи данных по сети.

Концентраторы

Концентратор (HUB) представляет собой сетевое устройство, действующее на физическом уровне сетевой модели OSI, служащее в качестве центральной точки соединения и связующей линии в сетевой конфигурации «звезда».

Существует три основных типа концентраторов:

- пассивные (passive);
- активные (active);
- интеллектуальные (intelligent).

Пассивные концентраторы не требуют электроэнергии и действуют как физическая точка соединения, ничего не добавляя к проходящему сигналу).

Активные требуют энергию, которую используют для восстановления и усиления сигнала.

Интеллектуальные концентраторы могут предоставлять такие сервисы, как переключение пакетов (packet switching) и перенаправление трафика (traffic routing).

Мосты

Мост (bridge) представляет собой устройство, используемое для соединения сетевых сегментов. Мосты можно рассматривать как усовершенствование повторителей, так как они уменьшают загрузку сети: мосты считывают адрес сетевой карты (MAC address) компьютера-получателя из каждого входящего пакета данных и просматривают специальные таблицы, чтобы определить, что делать с пакетом.

Мост функционирует на канальном уровне сетевой модели OSI.

Мост функционирует как повторитель, он получает данные из любого сегмента, но он более разборчив, чем повторитель. Если получатель находится в том же физическом сегменте, что и мост, то мост знает, что пакет больше не нужен. Если получатель находится в другом сегменте, мост знает, что пакет надо переслать.

Эта обработка позволяет уменьшить загрузку сети, поскольку сегмент не будет получать сообщений, которые к нему не относятся.

Мосты могут соединять сегменты, которые используют разные типы носителей (10BaseT, 10Base2), а также с разными схемами доступа к носителю (Ethernet, Token Ring).

Маршрутизаторы

Маршрутизатор (router) представляет собой сетевое коммуникационное устройство, работающее на сетевом уровне сетевой модели, и может связывать два и более сетевых сегментов (или подсетей).

Он функционирует подобно мосту, но для фильтрации трафика он использует не адрес сетевой карты компьютера, а информацию о сетевом адресе, передаваемую в относящейся к сетевому уровню части пакета.

После получения этой информации маршрутизатор использует таблицу маршрутизации, чтобы определить, куда направить пакет.

Существует два типа маршрутизирующих устройств: статические и динамические. Первые используют статическую таблицу маршрутизации, которую должен создавать и обновлять сетевой администратор. Вторые – создают и обновляют свои таблицы сами.

Маршрутизаторы могут уменьшить загрузку сети, увеличить пропускную способность, а также повысить надежность доставки данных.

Маршрутизатором может быть как специальное электронное устройство, так и специализированный компьютер, подключенный к нескольким сетевым сегментам с помощью нескольких сетевых карт.

Он может связывать несколько небольших подсетей, использующих различные протоколы, если используемые протоколы поддерживают маршрутизацию. Маршрутизируемые протоколы обладают способностью перенаправлять пакеты данных в другие сетевые сегменты (TCP/IP, IPX/SPX). Не маршрутизируемый протокол – NetBEUI. Он не может работать за пределами своей собственной подсети.

Шлюзы

Шлюз (gateway) представляет собой метод осуществления связи между двумя и более сетевыми сегментами. Позволяет взаимодействовать несходным системам в сети (Intel и Macintosh).

Другой функцией шлюзов является преобразование протоколов. Шлюз может получить протокол IPX/SPX, направленный клиенту, использующему протокол

ТСР/ІР, на удаленном сегменте. Шлюз преобразует исходный протокол в требуемый протокол получателя.

Шлюз функционирует на транспортном уровне сетевой модели.

Тема 8. Сети Ethernet. Расчёт корректности конфигурации локальной сети Ethernet и Fast Ethernet

Ethernet - это самый распространенный на сегодняшний день стандарт локальных сетей, реализуемый на канальном уровне модели OSI. Общее количество работающих по протоколу Ethernet сетей оценивается в 5 миллионов, а количество компьютеров с установленными адаптерами Ethernet – более чем в 50 миллионов. Ethernet – это сетевой стандарт, разработанный фирмой Xerox в 1975 году и принятый комитетом IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

Указанный стандарт использует метод разделения среды – метод CSMA/ CD (carrier- sense – multiply- acces with collision detection)- метод коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий. Этот метод используется исключительно в сетях с топологией “общая шина”. Все компьютеры в такой топологии имеют доступ к общей шине, все компьютеры имеют возможность немедленно получить данные, которые любой из компьютеров начал передавать на общую шину. Простота подключения предопределяет успех технологии Ethernet. Базовый стандарт Ethernet предписывает передачу двоичной информации для всех вариантов физической среды со скоростью 10 Мбит/с.

Принцип работы Ethernet следующий.

Чтобы получить возможность передавать кадр компьютер должен убедиться, канал связи (среда) свободен. Это достигается прослушиванием основной гармоника сигнала, которая также называется несущей частотой (carrier- sense, CS). Признаком незанятости канала является отсутствие на ней несущей частоты (5 – 10 МГц). Если среда свободна, то компьютер начинает передавать кадр. Если в это время другой компьютер пробует начать передачу, но обнаруживает, что канал занят, он вынужден ждать, пока первый компьютер не прекратит передачу кадра.

После окончания передачи кадра все компьютеры вынуждены выдержать технологическую паузу в 9,6 мкс. Такая пауза необходима для приведения сетевых адаптеров в исходное состояние. Механизм прослушивания среды не гарантирует от возникновения такой ситуации, когда два или более компьютеров одновременно решают, что среда свободна и начинают передачу своих кадров. В этом случае возникает *коллизия*, так как оба кадры сталкиваются на общем кабеле и происходит искажение информации. (Рис. 10). Для возникновения коллизии не обязательно, чтобы несколько компьютеров начали передачу абсолютно одновременно, такая ситуация маловероятно. Гораздо вероятней, что коллизия возникает из-за того, что один компьютер начинает передачу кадра раньше другого, но до второго

компьютера сигнал первого просто не успевает дойти, когда он решает начать передачу. Другими словами, коллизии- это следствия распределенного характера сети. Чтобы отработать коллизию все компьютеры одновременно наблюдают за сигналами на кабеле.

Если передаваемые и наблюдаемые сигналы отличаются, то фиксируется коллизия. Для увеличения вероятности скорейшего обнаружения коллизии всеми компьютерами сети тот компьютер, который обнаружил коллизию прерывает передачу своего кадра и усиливает коллизию передачей в сеть специальной последовательности (4 байта), называемой jam- последовательностью.

Прекративший передачу компьютер должен сделать паузу в течение короткого случайного интервала времени, а затем снова предпринять попытку захвата канала и передачи кадра. Случайная пауза выбирается следующим образом:

$$\text{Пауза} = L \times (\text{интервал отсрочки}) \quad (1)$$

Интервал отсрочки равен 512 bt - битовым интервалам. В технологии Ethernet битовым интервалом называется интервал времени между появлением двух последовательных бит данных на кабеле. Для скорости канала 10 Мбит/ с величина битового интервала равна 0,1 мкс.

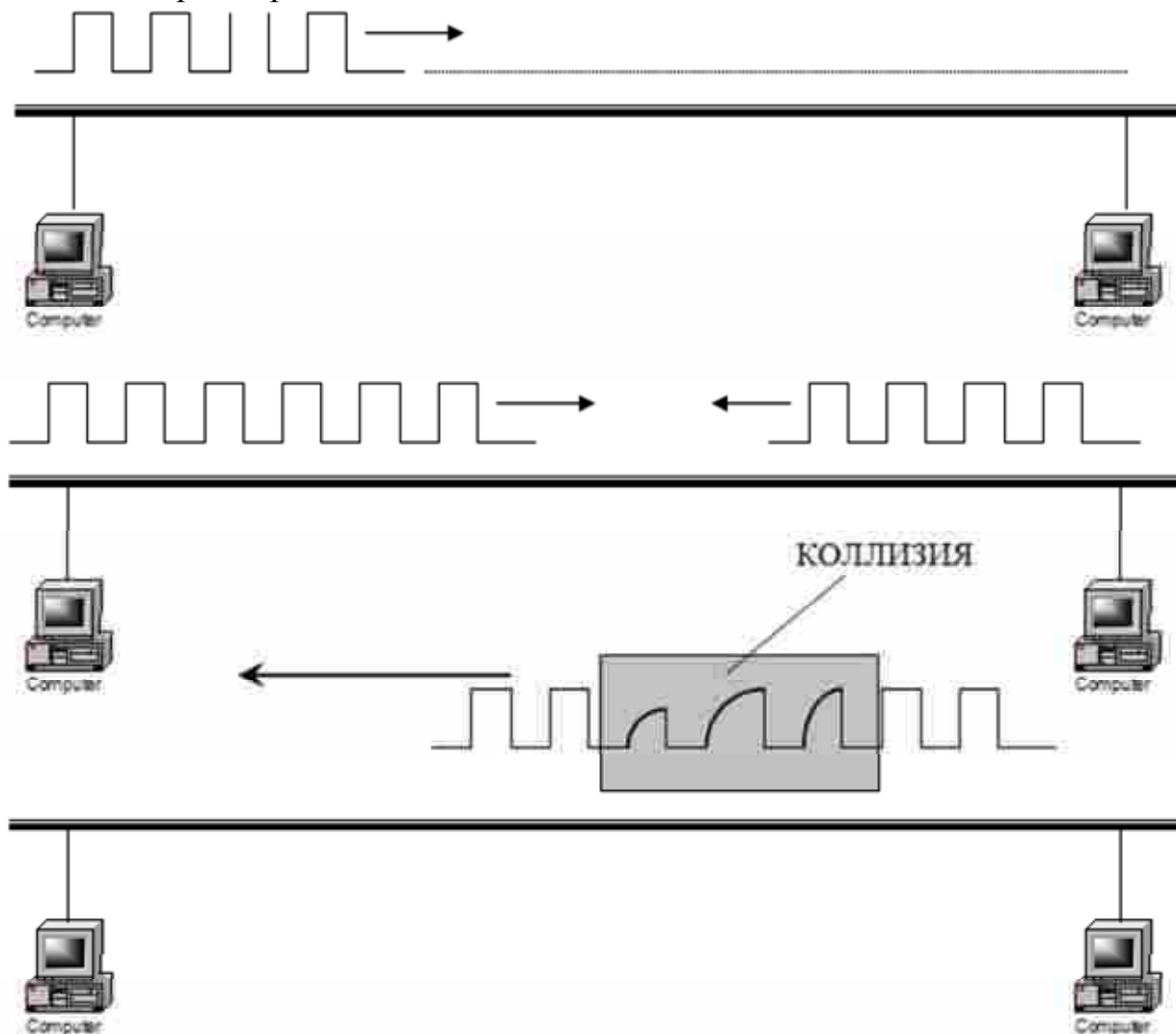


Рисунок 10 – Возникновение коллизии

L – представляет собой целое число, выбранное с равной вероятностью из диапазона $0, 2^N$, где N - номер повторной попытки передачи данного кадра 1,2 ..10. После 10- й попытки интервал остается постоянным. Таким образом случайная пауза может быть от 0 до $(1024 \times 51,2 = 52428 \text{ мкс} = 52,4 \text{ мс})$. Если 16 последовательных попыток передачи кадра вызывают коллизию, то передающий компьютер должен прекратить попытки и отбросить кадр. Из вышеописанного видно, что технология передачи Ethernet носит вероятностный характер и вероятность успешного получения в свое распоряжение общего канала зависит от загруженности сети, то есть от интенсивности возникновения компьютеров в передаче кадров.

Для надежного распознавания коллизий должно выполняться соотношение

$$T_{\min} \geq PDV \quad (2)$$

где T_{\min} – время передачи кадра минимальной длины ,

PDV – время за которое сигнал коллизии успевает распространиться до самого дальнего компьютера сети. Так как в худшем случае сигнал должен пройти дважды между наиболее удаленными друг от друга компьютерами сети (в одну сторону проходит неискаженный сигнал, а на обратном пути распространяется уже искаженный сигнал), то это время называется временем двойного оборота (Path Delay Value). При выполнении этого условия передающий компьютер должен успевать обнаружить коллизию, которую вызвал переданный им кадр, еще как он закончить передачу этого кадра.

Выполнение условия (2) зависит, с одной стороны, от длины минимального кадра и пропускной способности сети, а с другой стороны, от длины кабельной системы сети и скорости распространения сигнала в кабеле (зависит от типа кабеля).

В стандарте Ethernet минимальная длина кадра вместе со служебной информацией установлена в размере 64 байта (46 байт данные + 18 байт служебная информация). Кроме этого в кадр входит 8 байт преамбулы для синхронизации адаптеров. Общая длина кадра составляет $8+64 = 72$ байта или $72 \times 8 = 576$ бит. В стандартном 10 – мегабитном Ethernet время передачи кадра равно $576 \times 0,1 \text{ мкс} = 57,6 \text{ мкс}$. Межкадровый интервал устанавливается стандартом в размере 9,6 мкс. В результате получаем, что период следования кадров минимальной длины составляет $57,6 + 9,6 = 67,2 \text{ мкс}$. (Рис. 11)

Отсюда максимальная пропускная способность стандарта Ethernet составляет $1 / 67,2 \text{ мкс} = 14880 \text{ кадр/с}$.

Кадр максимальной длины в стандарте Ethernet составляет 1526 байт или 12208 бит. Максимальная пропускная способность Ethernet при работе с кадрами максимальной длины составляет 813 кадр/с.

Под полезной пропускной способностью протокола понимается принимается скорость передачи полезной информации.

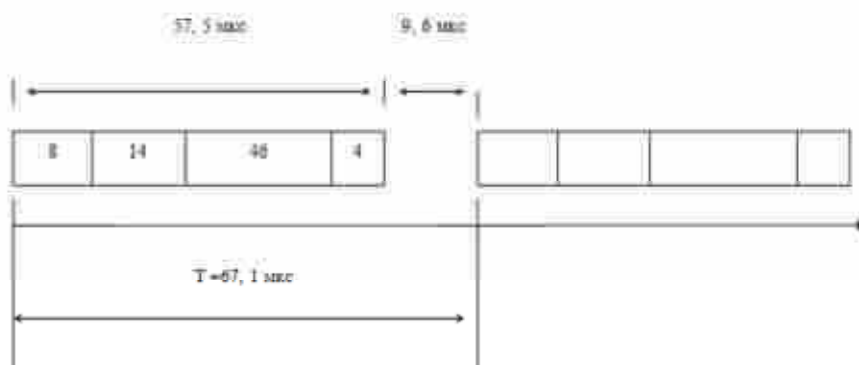


Рисунок 11 – Период следования кадров

Для кадров минимальной длины полезная пропускная способность равна

$$C = 14880 \times 46 \times 8 = 5,48 \text{ Мбит/с} \quad (3)$$

что меньше 10 Мбит/с.

Для кадров максимальной длины полезная пропускная способность:

$$C = 813 \times 1526 \times 8 = 9,93 \text{ Мбит/с} \quad (4)$$

Таким образом передача кадров максимальной длины лучше всего обеспечивает стандарт Ethernet 10 Мбит/с.

Для соединения компьютеров между собой используются следующие стандартные физические линии связи:

- 10 Base– 5 – коаксиальный кабель диаметром 2,17 мм, называемый «ТОЛСТЫМ» коаксиалом
- 10 Base– 2 – коаксиальный кабель диаметром 0,89 мм называемый «ТОНКИМ» коаксиалом
- 10Base –Т – неэкранированная витая пара
- 10 Base – F – волоконно – оптический кабель

Расчет волновых сопротивлений кабелей и учет выражения (2) определяет в стандарте Ethernet максимальную длину сегмента (максимально возможное расстояние между компьютерами в сети), а также количество компьютеров в сегменте. *Сегментом* сети называется обособленная (физически или логически) группа компьютеров. В таблице 3 параметры сети Ethernet для основных используемых кабелей.

Таблица 1 - Параметры сети Ethernet для основных используемых кабелей.

	10 Base –5	10Base-2	10Base – T	10Base-F
Максимальная длина сегмента, м	500	185	100	2000
Максимальное число компьютеров в сегменте	100	30	1024	1024

В том случае, если сеть состоит из большого числа сегментов, они объединяются между собой с помощью специальных устройств, называемых *концентраторами*. Концентратор имеет несколько входов (портов), к которым подключаются компьютеры или другие концентраторы, и один выход.

Методика расчета конфигурации сети Ethernet

При конфигурировании сети Ethernet между конечными компьютерами разрешается использовать не более 4 концентраторов, 5 отрезков кабелей и 3-х нагруженных сегментов. *Нагруженным сегментом* называется концентратор с подключенными к нему компьютерами. *Не нагруженным* сегментом называется концентратор только с подключенными к нему другими концентраторами.

Это правило носит название «правило 5-4-3».

Важным показателем работоспособности сети является коэффициент загрузки сегмента сети S :

$$S = \frac{P \cdot m_i}{f} \quad (5)$$

где P — количество компьютеров в сегменте сети

m_i — количество кадров в секунду, отправляемых в сеть i -м узлом;

f — максимально возможная пропускная способность сегмента, равная, как было указано выше 14880 кадр/с.

Имитационное моделирование сети Ethernet и исследование её работы с помощью анализаторов протоколов показали, что при коэффициенте загрузки $S > 0,5$ начинается быстрый рост числа коллизий и, соответственно, увеличивается время ожидания доступа к сети.

Рекомендуемая величина коэффициента загрузки S для сети, использующих стандарт Ethernet, должна быть:

$$S \leq 0,3 \quad (6)$$

Экспериментальные данные показали, что каждый из компьютеров передаёт в сеть в среднем от 500 до 1000 кадров в секунду. Таким образом, коэффициент загрузки сегмента равен:

$$S = \frac{P \cdot 1000}{14880} \quad (7)$$

После расчета коэффициент загрузки сети Ethernet рассчитываются значения PDV, удовлетворяющего условию:

$$PDV \leq 575 \quad (8)$$

а также сокращения межкадрового интервала PVV (Path Variability Value):

$$PVV \leq 49 \quad (9)$$

Указанные значения являются экспериментальными и получены для различных физических сред стандарта Ethernet.

Общее значение PDV равно сумме всех значений PDVi на каждом участке, а значение PDVi равно сумме задержек, вносимой i- базой сегмента и задержкой, вносимой кабелем:

$$PDV = \sum PDVi, \text{ где } PDVi = ti \text{ базы} + ti \text{ кабеля} \quad (10)$$

В свою очередь

$$ti \text{ кабеля} = Li \times bt_i \quad (11)$$

Аналогичным образом сокращение межкадрового интервала равно:

$$PVV = \sum PVVi \quad (12)$$

причем в расчет не включается правый сегмент.

В таблице 4 приведены значения затуханий, для расчета PDV вносимые элементами сети в битовых интервалах bt. Интервалы bt приведены в таблице уже умноженные на 2, т.к. высчитывается двойное время оборота сигнала (по определению PDV)

Таблица 4 – значения затуханий, для расчета PDV

Тип сегмента	База левого сегмента, bt	База промежуточного сегмента, bt	База правого сегмента, bt	Задержк а среды на 1 м
10Bas e-5	11,8	46,5	169,5	0,0866
10Bas e-2	11,8	46,5	169,5	0,1026
10bas e-T	15,3	42,0	165,0	0,113
10Bas e-F	12,3	33,5	156,5	0,1

В таблице 5 приведены значения затуханий, для расчета PDV

Таблица 5 – Значения затуханий, для расчета PDV

Тип сегмента	Левый сегмент, bt	Промежуточный сегмент, bt
10Base-5	16	11
10Base-2	16	11
10base-T	10,5	8
10Base-F	10,5	8

В таблицах используются понятия *левый сегмент*, *правый сегмент* и *промежуточный сегмент*.

Кроме затуханий, вносимых физическими линиями связи, подключенные к концентраторам, сегменты вносят собственные задержки, называемые *базами*.

Пример:

Расчитаем сеть, представленную на рис. 3. Передающий компьютер находится в левом сегменте. Сигнал проходит через промежуточные сегменты и доходит до принимающего компьютера, который находится в правом сегменте. Количество компьютеров в каждом сегменте обеспечивает коэффициент загрузки $S < 0,3$.

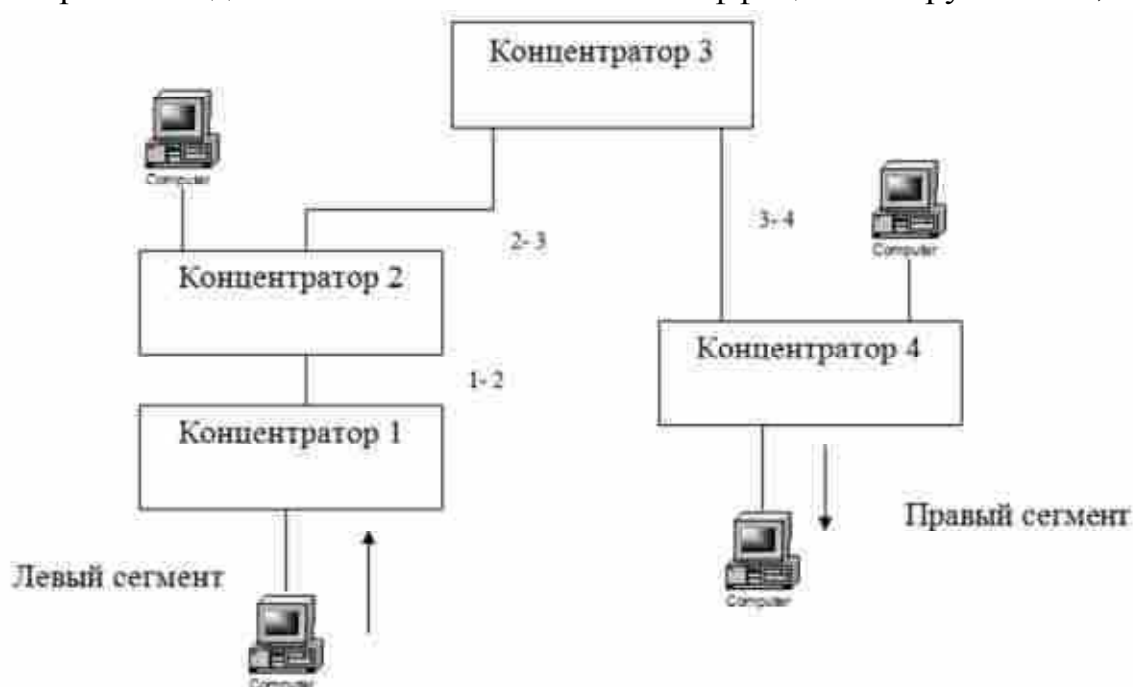


Рисунок 12 – Пример расчета конфигурации сети Ethernet

Пусть физические среды и расстояние между концентраторами следующие

Участок между концентраторами	Физическая среда	Длина, м
Левый сегмент	10Base –Т	90
1-2	10 Base –2	130
2-3	10Base-F	1000
3-4	10 Base –5	200
Правый сегмент	10Base –Т	100

Решение

1) Проверка выполнения «правила 4-5 -3»

Сеть содержит 4 концентратора, 5 отрезков кабелей и 3 нагруженных сегмента (концентраторы 1,2,4). «Правило 4-5-3» выполняется

а) Расчет PDV

- левый сегмент $PDV1 = 15,3 + 90 \times 0,113 = 25,47$
- промежуточный сегмент 1-2 $PDV2 = 46,5 + 130 \times 0,1026 = 59,84$
- промежуточный сегмент 2-3 $PDV3 = 33,5 + 1000 \times 0,1 = 133,50$
- промежуточный сегмент 3-4 $PDV4 = 46,5 + 200 \times 0,0866 = 63,82$
- правый сегмент $PDV5 = 165 + 100 \times 0,113 = 176,30$

Таким образом, PDV сети равно:

$$PDV = 25,47 + 59,84 + 133,50 + 63,82 + 176,30 = 458,93 < 575$$

Значение рассчитанного PDV меньше допустимой величины. Это значит, что сеть является работоспособной по критерию времени двойного оборота сигнала.

б) расчет PVV

Из таблицы 2 выбираем:

- левый сегмент $PVV1 = 10,5$
- промежуточный сегмент 1-2 $PVV2 = 11$
- промежуточный сегмент 2-3 $PVV3 = 8$
- промежуточный сегмент 3-4 $PVV4 = 11$

В результате получим значение:

$$PVV = 10,5 + 11 + 8 + 11 = 40,5 < 49$$

Значение рассчитанного PVV меньше допустимой величины. Это значит, что сеть является работоспособной также и по критерию сокращения межкадрового интервала.

Отметим, что в случае не выполнения условий (8) , (9) необходимо менять конфигурацию сети или уменьшать длины соединительных кабелей и их типы.

При использовании в сети вместо концентраторов специальных устройств коммутаторов общие PDV и PVV сети не суммируется по всем участкам (из- за

того, что коммутаторы физически разделяют сеть), а условия (8), (9) проверяется по каждому участку.

Тема 9. Беспроводные компьютерные сети

В зарубежной литературе принято обозначать беспроводную сеть, как Wireless Area Network. Для сети с небольшим радиусом действия, например в пределах одного помещения, используют обозначение (Wireless LAN). Это вид вычислительных сетей, который использует для связи и передачи данных между узлами и компонентами высокочастотные радиоволны.

Методы беспроводной передачи данных являются более удобной формой. Беспроводные технологии различаются по типам сигналов, частоте, расстоянию передачи.

Тремя главными типами беспроводной передачи данных являются: радиосвязь, связь в микроволновом диапазоне, инфракрасная связь.

Радиосвязь

Технологии радиосвязи пересылают данные на радиочастотах и практически не имеет ограничений на дальность. Используется для соединения локальных сетей на больших географических расстояниях.

Недостатки:

- радиопередача имеет высокую стоимость,
- подлежит государственному регулированию,
- крайне чувствительна к электронному или атмосферному влиянию,
- подвержена перехвату, поэтому требует шифрования.

Связь в микроволновом диапазоне

Поддерживает передачу данных в микроволновом диапазоне, использует высокие частоты и применяется как на коротких расстояниях, так и в глобальной коммуникациях.

Ограничение: передатчик и приемник должны быть в зоне прямой видимости друг друга.

Широко используется в глобальной передаче информации с помощью спутников и наземных спутниковых антенн.

Инфракрасная связь

Функционирует на высоких частотах, приближающихся к частотам видимого света. Могут быть использованы для установления двусторонней или широковещательной передачи данных на близкие расстояния. Обычно используют светодиоды для передачи инфракрасных волн приемнику.

Эти волны могут быть физически заблокированы и испытывают интерференцию с ярким светом, поэтому передача ограничена малыми расстояниями.

Беспроводные компьютерные сети — это технология, позволяющая создавать вычислительные сети, полностью соответствующие стандартам для обычных проводных сетей (например, Ethernet), без использования кабельной проводки. В качестве носителя информации в таких сетях выступают радиоволны СВЧ-диапазона.

Существуют два вида беспроводных сетей: ad-hoc и инфраструктурная сеть.

Сеть ad-hoc(читается эд-хок) это наиболее простая беспроводная сеть, которая создается посредством объединения двух или более беспроводных клиентов без наличия точки доступа. Все клиенты внутри сети ad-hoc равноправны и позволяет организовать обмен файлами и информацией между устройствами без затрат и сложностей, связанных с приобретением и настройкой точки доступа.

Инфраструктурная сеть— обладает точкой доступа, управляющей обменом данных в пределах беспроводной соты (зоны покрытия). Точка доступа определяет, какие узлы и в какое время могут устанавливать связь. Такой режим работы сети наиболее популярен. При такой форме организации беспроводных сетей отдельные беспроводные устройства не могут взаимодействовать между собой напрямую. Чтобы эти устройства могли взаимодействовать между собой, им необходимо разрешение от точки доступа. Точка доступа управляет всеми взаимодействиями и обеспечивает равный доступ к сети всем устройствам.

Как было упомянуто, точка доступа имеет ограниченную зону покрытия. Для увеличения зоны покрытия, можно установить несколько точек доступа с общим SSID. В таком случае, следует помнить, что для того, чтобы переход между сотами был возможен без потери сигнала, зоны покрытия соседних точек доступа должны пересекаться между собой примерно на 10%. Это позволяет клиенту подключаться ко второй точке доступа перед тем, как отключиться от первой точки доступа.

Достоинства и недостатки использования беспроводной сети

Достоинства:

- избавление от кабелей (самый большой плюс);
- минимум монтажных работ;
- могут обслуживаться места, где нельзя проложить кабель (например, в зданиях, имеющих историческую ценность);
- избавляет от привязки к конкретному месту;
- легкость переезда всего оборудования;
- позволяет иметь доступ к сети мобильным устройствам.

Недостатки:

- если сеть построена или пролегает через открытое пространство (улицы, дома, Ж/Д пути и пр.) возможны помехи как от других линий связи, так и от плохой погоды (дождь, снегопад), для устранения данных помех придется докупать дополнительное оборудование;
- при незащищенном использовании возможен легкий доступ извне, в радиусе действия сетей Wi-Fi. Для предотвращения этого существует шифрование канала, которое нужно обязательно использовать при создании сети;
- стоимость, чаще всего, получается дороже, чем воздвигнуть проводную сеть.

Большим недостатком есть протоколы кодирования. Например, если вы пользуетесь беспроводным интернетом в общественном месте, вся ваша информация доступна третьей стороне. Все данные, включая даже те, что вы храните у себя на жестком диске ноутбука.

Из-за того, что количество пользователей беспроводного доступа с каждым днем становится больше, увеличивается и нагрузка на каналы, по которым передаются данные. Со временем, если на эту проблему не обратить должного внимания, одни пользователи будут мешать другим.

Кроме маршрутизаторов, перегружать беспроводные сети могут и другие устройства, такие как радиотелефоны, микроволновые печи (создают помехи при передаче данных), а также устройства Bluetooth. Чем больше город, тем больше возможность перегрузки сетей.

Беспроводные маршрутизаторы имеют свой диапазон работы, радиусом от 45 до 90 метров. Диапазон можно расширить, купив антенну.

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Тема 10. Передача данных по сети.

Уровни модели OSI

Ниже перечислены (в направлении сверху вниз) уровни модели OSI и указаны их общие функции.

Уровень приложения (Application) - интерфейс с прикладными процессами.

Уровень представления (Presentation) - согласование представления (форматов, кодировок) данных прикладных процессов.

Сеансовый уровень (Session) - установление, поддержка и закрытие логического сеанса связи между удаленными процессами.

Транспортный уровень (Transport) - обеспечение безошибочного сквозного обмена потоками данных между процессами во время сеанса.

Сетевой уровень (Network) - фрагментация и сборка передаваемых транспортным уровнем данных, маршрутизация и продвижение их по сети от компьютера-отправителя к компьютеру-получателю.

Канальный уровень (Data Link) - управление каналом передачи данных, управление доступом к среде передачи, передача данных по каналу, обнаружение ошибок в канале и их коррекция.

Физический уровень (Physical) - физический интерфейс с каналом передачи данных, представление данных в виде физических сигналов и их кодирование (модуляция).

Информация в локальных сетях, как правило, передается отдельными порциями, кусками, называемыми в различных источниках пакетами, кадрами или блоками. Использование пакетов связано с тем, что в сети, как правило, одновременно может происходить несколько сеансов связи, то есть в течение одного и того же интервала времени могут идти два или больше процессов передачи данных между различными парами абонентов. Пакеты как раз и позволяют разделить во времени сеть между передающими информацию абонентами.

Если бы вся требуемая информация передавалась сразу, непрерывно, без разделения на пакеты, то это привело бы к монопольному захвату сети одним из абонентов на довольно продолжительное время. Все остальные абоненты вынуждены были бы ждать окончания передачи всей информации, что в ряде случаев могло бы потребовать десятков секунд и даже минут (например, при копировании содержимого целого жесткого диска). Чтобы уравнивать в правах всех абонентов, а также примерно уравнивать время доступа к сети и интегральную скорость передачи информации для всех абонентов, как раз и используются пакеты (кадры). Длина пакета зависит от типа сети, но обычно она составляет от нескольких десятков байт до нескольких килобайт.