

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
1. Построение вычислительных сетей .....	4
2. Передача дискретных данных по линиям связи .....	7
3. Технологии передачи данных в локальных сетях. Разработка сетевого приложения для распределенных вычислений .....	21
Список литературы .....	35

Редактор Г.В. Иванова  
Компьютерная верстка А.В. Ражева  
Лицензия А № 001633 от 2 февраля 2004 г.

Сдано в набор 28.11.05 г. Подписано к печати 17.02.06 г.  
Тир. 25 экз. Уч.-изд. л. 1,71. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. л. 2,25.  
Гарнитура Таймс.

162600, г. Череповец, пр. Луначарского, 5  
ГОУ ВПО Череповецкий государственный университет

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОУ ВПО ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Инженерно-экономический институт

Кафедра программного обеспечения ЭВМ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СЕТИ ЭВМ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ»

Часть 1

*Учебно-методическое пособие*

*Специальность: 230105 Программное  
обеспечение вычислительной техники  
и автоматизированных систем*

Череповец  
2006

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации» Ч. 1: Учеб.-метод. пособие. - Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2006. 35 с.

Рассмотрено на заседании кафедры программного обеспечения ЭВМ 20.09.05 г., протокол № 2.

Одобрено редакционно-издательской комиссией Инженерно-экономического института ГОУ ВПО ЧГУ 12.10.05 г., протокол № 2.

Составители: *Е.В. Ершов* – канд. техн. наук, проф.; *Т.Г. Нарушевич*

Рецензенты: *А.Н. Зув* – канд. техн. наук, доцент (ГОУ ВПО ЧГУ);  
*К.М. Пышницкий* (ГОУ ВПО ЧГУ)

Научный редактор: *А.Н. Зув* – канд. техн. наук, доцент (ГОУ ВПО ЧГУ)

© Ершов Е.В., Нарушевич Т.Г., 2006

© ГОУ ВПО Череповецкий государственный университет, 2006

## Контрольные вопросы

1. Поясните разницу между расширяемостью и масштабируемостью на примере технологии Ethernet.
2. Что такое коллизия:
  - A. Ситуация, когда станция, желающая передать пакет, обнаруживает, что в данный момент другая станция уже заняла передающую среду;
  - B. Ситуация, когда две рабочие станции одновременно передают данные в разделяемую передающую среду.
3. Какие сетевые средства осуществляют jabber control?
4. Какие из перечисленных ниже пар сетевых технологий совместимы по форматам кадров и, следовательно, позволяют образовывать составную сеть без необходимости транслирования кадров:
  - A. FDDI - Ethernet;
  - B. Token Ring - Fast Ethernet;
  - C. Token Ring - 100VG-AnyLAN;
  - D. Ethernet - Fast Ethernet;
  - E. Ethernet - 100VG-AnyLAN;
  - F. Token Ring - FDDI.
5. Из-за увеличения пропускной способности минимальный размер кадра в Gigabit Ethernet пришлось увеличить до 512 байт. В тех случаях, когда передаваемые данные не могут полностью заполнить поле данных кадра, оно дополняется до необходимой длины неким «заполнителем», который не несет полезной информации. Что предпринято в Gigabit Ethernet для сокращения накладных расходов, возникающих при передаче коротких данных?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* Компьютерные сети: Принципы, технологии, протоколы: Учебник. - СПб.: ЗАО Издательство "Питер", 2001.
2. Компьютерные сети. Учебный курс. – 2-е изд. (+CD-ROM). — Microsoft Press, Русская редакция, 1998.
3. *Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Кириченко А.А.* Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 509 с.
4. Телекоммуникационные системы и сети: Учеб. пособие для вузов и колледжей: В 3 т. Т.1 / Под ред. В.П.Шувалова.-3-е изд., испр. и доп. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2004. - 647 с. + Приложения.
5. *Вендров А.М.* CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 1998.
6. *Иванова Г.С.* Технология программирования. – М.: МГТУ им. Баумана, 2002.
7. *Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С.* Моделирование и анализ систем. IDEF – технологии: Практикум. – М.: Финансы и статистика, 2002.

Интерфейс МП поддерживает независимый от физической среды способ обмена данными между подуровнем MAC и подуровнем PHY. Этот интерфейс аналогичен по назначению интерфейсу AUI классического Ethernet за исключением того, что интерфейс AUI располагался между подуровнем физического кодирования сигнала (для любых вариантов кабеля использовался одинаковый метод физического кодирования - манчестерский код) и подуровнем физического присоединения к среде, а интерфейс МП располагается между подуровнем MAC и подуровнями кодирования сигнала, которых в стандарте Fast Ethernet три - FX, TX и T4.

Разъем МП в отличие от разъема AUI имеет 40 контактов, максимальная длина кабеля МП составляет один метр. Сигналы, передаваемые по интерфейсу МП, имеют амплитуду 5 В.

### Задание

Создайте приложения, работающие по технологии клиент-сервер.

Серверная часть должна выполнять следующие функции:

1) по запросу с клиентской части определить локальные параметры:

- собственный IP-адрес,
- доменное имя,
- текущего пользователя,
- тип операционной системы;

2) в случае успеха послать сформированные данные клиентскому приложению.

Клиентская часть должна выполнять следующие функции:

- 1) послать запрос серверной части о формировании данных,
- 2) получить сформированные данные,
- 3) отобразить полученные данные,
- 4) обеспечивать работу с несколькими серверными частями.

## ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие содержит описание и порядок выполнения лабораторных работ по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации» (часть 1) и предназначено для изучения и практического освоения студентами следующих разделов учебной программы: построение вычислительных сетей; передача дискретных данных по линиям связи; технологии передачи данных в локальных сетях.

Порядок выполнения лабораторной работы:

- разработка алгоритма решения в соответствии с заданием;
- составление программы решения задачи;
- оформление отчета о решении задачи.

По окончании работы студент оформляет отчет, который должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- формулировку задачи;
- схему алгоритма решения задачи;
- листинги кода решения задачи;
- анализ полученных результатов и выводы по работе.

Отчет предоставляется преподавателю для защиты лабораторной работы.

При выполнении практических заданий в дисплейном классе необходимо соблюдать общие правила техники безопасности.

## 1. ПОСТРОЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Ц е л ь р а б о т ы: Закрепление теоретических навыков при работе со стеком протоколов TCP/IP. Изучение особенностей использования и применения библиотеки winsock.dll.

### Теоретические положения

В вычислительных сетях программные и аппаратные связи являются еще более слабыми, а автономность обрабатывающих блоков проявляется в наибольшей степени - основными элементами сети являются стандартные компьютеры, не имеющие ни общих блоков памяти, ни общих периферийных устройств. Связь между компьютерами осуществляется с помощью специальных периферийных устройств - сетевых адаптеров, соединенных относительно протяженными каналами связи. Каждый компьютер работает под управлением собственной операционной системы, а какая-либо «общая» операционная система, распределяющая работу между компьютерами сети, отсутствует. Взаимодействие между компьютерами сети происходит за счет передачи сообщений через сетевые адаптеры и каналы связи. С помощью этих сообщений один компьютер обычно запрашивает доступ к локальным ресурсам другого компьютера. Такими ресурсами могут быть как данные, хранящиеся на диске, так и разнообразные периферийные устройства - принтеры, модемы, факс-аппараты и т. д. Разделение локальных ресурсов каждого компьютера между всеми пользователями сети - основная цель создания вычислительной сети.

На те компьютеры, ресурсы которых должны быть доступны всем пользователям сети, необходимо установить модули, которые постоянно будут находиться в режиме ожидания запросов, поступающих по сети от других компьютеров. Обычно такие модули называются *программными серверами (server)*, так как их главная задача - обслуживать (serve) запросы на доступ к ресурсам своего компьютера. На компьютерах, пользователи которых

- 100Base-FX для многомодового оптоволоконного кабеля, используются два волокна.

Для всех трех стандартов справедливы следующие утверждения и характеристики.

- Форматы кадров технологии Fast Ethernet отличаются от форматов кадров технологий 10-мегабитного Ethernet.

- Межкадровый интервал (IPG) равен 0,96 мкс, а битовый интервал равен 10 нс. Все временные параметры алгоритма доступа (интервал отсрочки, время передачи кадра минимальной длины и т. п.), измеренные в битовых интервалах, остались прежними, поэтому изменения в разделы стандарта, касающиеся уровня MAC, не вносились.

- Признаком свободного состояния среды является передача по ней символа Idle соответствующего избыточного кода (а не отсутствие сигналов, как в стандартах Ethernet 10 Мбит/с). Физический уровень включает три элемента:

- уровень согласования (reconciliation sublayer);
- независимый от среды интерфейс (Media Independent Interface, MII);
- устройство физического уровня (Physical layer device, PHY).

Уровень согласования нужен для того, чтобы уровень MAC, рассчитанный на интерфейс AUI, смог работать с физическим уровнем через интерфейс MII.

Устройство физического уровня (PHY) состоит, в свою очередь, из нескольких подуровней (см. рис. 3.6):

- подуровня логического кодирования данных, преобразующего поступающие от уровня MAC байты в символы кода 4B/5B или 8B/6T (оба кода используются в технологии Fast Ethernet);

- подуровней физического присоединения и подуровня зависимости от физической среды (PMD), которые обеспечивают формирование сигналов в соответствии с методом физического кодирования, например NRZI или MLT-3;

- подуровня автопереговоров, который позволяет двум взаимодействующим портам автоматически выбрать наиболее эффективный режим работы, например, полудуплексный или полнодуплексный (этот подуровень является факультативным).

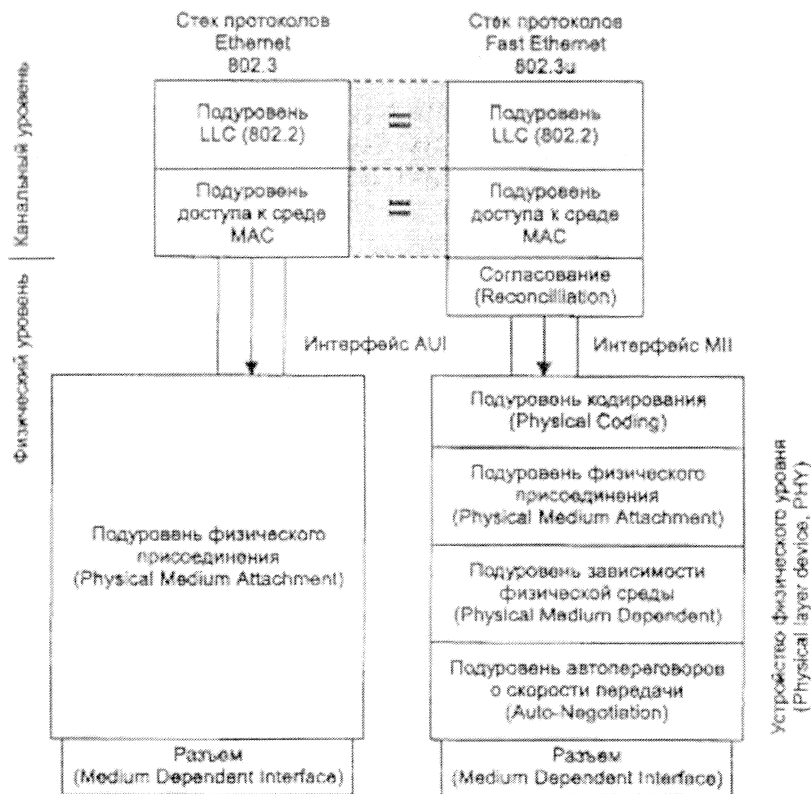


Рис. 3.6. Отличия технологии Fast Ethernet от технологии Ethernet

Официальный стандарт 802.3и установил три различных спецификации для физического уровня Fast Ethernet и дал им следующие названия:

- 100Base-TX для двухпарного кабеля на неэкранированной витой паре UTP категории 5 или экранированной витой паре STP Type 1;
- 100Base-T4 для четырехпарного кабеля на неэкранированной витой паре UTP категории 3, 4 или 5;

хотят получать доступ к ресурсам других компьютеров, также нужно добавить к операционной системе некоторые специальные программные модули, которые должны вырабатывать запросы на доступ к удаленным ресурсам и передавать их по сети на нужный компьютер. Такие модули обычно называют *программными клиентами (client)*.

Сетевые службы всегда представляют собой распределенные программы. Распределенная программа - это программа, которая состоит из нескольких взаимодействующих частей (в приведенном на рис. 1.1 примере - из двух), причем каждая часть, как правило, выполняется на отдельном компьютере сети.

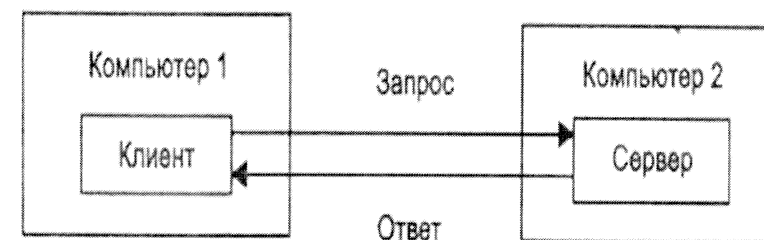


Рис. 1.1. Взаимодействие частей распределенного приложения

Распределенные приложения в полной мере используют потенциальные возможности распределенной обработки, предоставляемые вычислительной сетью, и поэтому часто называются *сетевыми приложениями*.

Главным требованием, предъявляемым к сетям, является выполнение сетью ее основной функции - обеспечение пользователям потенциальной возможности доступа к разделяемым ресурсам всех компьютеров, объединенных в сеть. Все остальные требования - производительность, надежность, совместимость, управляемость, защищенность, расширяемость и масштабируемость - связаны с качеством выполнения этой основной задачи.

## Задание

Создать шаблон приложения, работающего по технологии клиент-сервер, с использованием api-функций библиотеки winsock.dll, т.е. должны быть созданы: приложение-клиент, приложение-сервер. Должен быть реализован механизм обработки команд, посылаемых от клиента серверу, параметров этих команд и вызова соответствующих командам обработок. Приложение построить для отправки дейтаграмм TCP сегментов. Продемонстрировать работу на примере простой клиент-серверной программы (например, чат или какая-нибудь сетевая игра).

## Контрольные вопросы

1. Всякое ли приложение, выполняемое в сети, можно назвать сетевым?
2. Что общего и в чем отличие между взаимодействием компьютеров в сети и взаимодействием компьютера с периферийным устройством?
3. Поясните значения терминов «клиент», «сервер», «редиректор».
4. Какие из следующих утверждений верны:
  - A. Разделение линий связи приводит к повышению пропускной способности канала;
  - B. Конфигурация физических связей может совпадать с конфигурацией логических связей;
  - C. Главной задачей службы разрешения имен является проверка сетевых имен и адресов на допустимость;
  - D. Протоколы без установления соединений называются также дейтаграммными протоколами.
5. Определите функциональное назначение основных типов коммуникационного оборудования - повторителей, концентраторов, мостов, коммутаторов, маршрутизаторов.
6. В чем отличие логической структуризации сети от физической?
7. Поясните разницу в употреблении терминов «протокол» и «интерфейс» применительно к многоуровневой модели взаимодействия устройств в сети.
8. Что стандартизует модель OSI?
9. Дайте краткое описание функций каждого уровня и приведите примеры стандартных протоколов для каждого уровня модели OSI.

255 говорит о том, что это кадр Raw 802.3. В остальных случаях дальнейший анализ проводится в зависимости от значений полей DSAP и SSAP. Если они равны 0\*AA, то это кадр Ethernet SNAP, а если нет, то 802.3/LLC.

В табл. 3.1 приведены данные о том, какие типы кадров Ethernet обычно поддерживают реализации популярных протоколов сетевого уровня.

Таблица 3.1

Типы кадров Ethernet, поддерживающие реализации популярных протоколов сетевого уровня

Тип кадра	Сетевые протоколы
Ethernet II	IPX, IP, AppleTalk Phase I
Ethernet 802.3	IPX
Ethernet 802.2	IPX, FTAM
Ethernet SNAP	IPX, IP, AppleTalk Phase II

Все отличия технологии Fast Ethernet от Ethernet сосредоточены на физическом уровне (рис. 3.6). Уровни MAC и LLC в Fast Ethernet остались абсолютно теми же, и их описывают прежние главы стандартов 802.3 и 802.2. Более сложная структура физического уровня технологии Fast Ethernet вызвана тем, что в ней используются три варианта кабельных систем:

- волоконно-оптический многомодовый кабель, используются два волокна;
- витая пара категории 5, используются две пары;
- витая пара категории 3, используются четыре пары.

территориальных сетях), LAP-D, используемого в сетях ISDN, LAP-M, работающего в современных модемах. В спецификации IEEE 802.2 также имеется несколько небольших отличий от стандарта HDLC.

В соответствии со стандартом 802.2 уровень управления логическим каналом LLC предоставляет верхним уровням три типа процедур:

- LLC1 - процедура без установления соединения и без подтверждения;
- LLC2 - процедура с установлением соединения и подтверждением;
- LLC3 - процедура без установления соединения, но с подтверждением.

Этот набор процедур является общим для всех методов доступа к среде, определенных стандартами 802.3 - 802.5, а также стандартом FDDI и стандартом 802.12 на технологию 100VG-AnyLAN.

Форматы кадров технологии Ethernet:

- кадр 802.3/LLC (кадр 802.3/802.2 или кадр Novell 802.2);
- кадр Raw 802.3 (или кадр Novell 802.3);
- кадр Ethernet DIX (или кадр Ethernet II);
- кадр Ethernet SNAP.

Автоматическое распознавание типов кадров Ethernet выполняется достаточно несложно. Для кодирования типа протокола в поле EtherType указываются значения, превышающие значение максимальной длины поля данных, равное 1500, поэтому кадры Ethernet II легко отличить от других типов кадров по значению поля L/T. Дальнейшее распознавание типа кадра проводится по наличию или отсутствию полей LLC. Поля LLC могут отсутствовать только в том случае, если за полем длины идет начало пакета IPX, а именно 2-байтовое поле контрольной суммы пакета, которое всегда заполняется единицами, что дает значение в 255 байт. Ситуация, когда поля DSAP и SSAP одновременно содержат такие значения, возникнуть не может, поэтому наличие двух байт

10. В чем состоит отличие локальных сетей от глобальных на уровне служб? На уровне транспортной системы?

## 2. ПЕРЕДАЧА ДИСКРЕТНЫХ ДАННЫХ ПО ЛИНИЯМ СВЯЗИ

**Ц е л ь р а б о т ы:** Закрепление теоретических знаний в области расчета производительности сети и определение влияющих на неё факторов. Изучение особенностей использования и применения протокола ICMP.

### Теоретические положения

Линия связи (рис. 2.1) состоит в общем случае из физической среды, по которой передаются электрические информационные сигналы, аппаратуры передачи данных и промежуточной аппаратуры. Синонимом термина «линия связи» (line) является термин «канал связи» (channel).

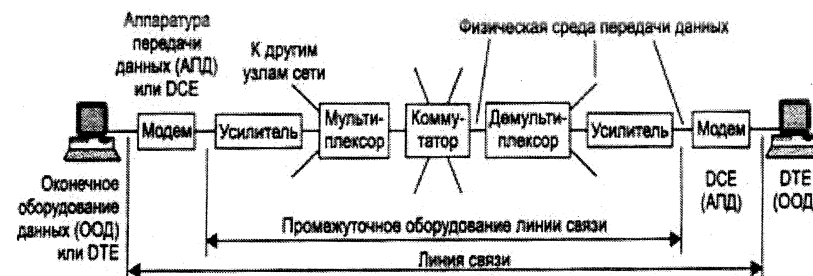


Рис. 2.1. Состав линии связи

Физическая среда передачи данных (medium) может представлять собой кабель, то есть набор проводов, изоляционных и защитных оболочек и соединительных разъемов, а также земную

атмосферу или космическое пространство, через которые распространяются электромагнитные волны.

В зависимости от среды передачи данных линии связи разделяются на следующие:

- проводные (воздушные);
- кабельные (медные и волоконно-оптические);
- радиоканалы наземной и спутниковой связи.

Аппаратура передачи данных (АПД или DCE - Data Circuit terminating Equipment) непосредственно связывает компьютеры или локальные сети пользователя с линией связи и является, таким образом, пограничным оборудованием. Традиционно аппаратуру передачи данных включают в состав линии связи. Примерами DCE являются модемы, терминальные адаптеры сетей ISDN, оптические модемы, устройства подключения к цифровым каналам. Обычно DCE работает на физическом уровне, отвечая за передачу и прием сигнала нужной формы и мощности в физическую среду.

К основным характеристикам линий связи относятся:

- амплитудно-частотная характеристика;
- полоса пропускания;
- затухание;
- помехоустойчивость;
- перекрестные наводки на ближнем конце линии;
- пропускная способность;
- достоверность передачи данных;
- удельная стоимость.

Для определения характеристик линии связи часто используют анализ ее реакций на некоторые эталонные воздействия. Такой подход позволяет достаточно просто и однотипно определять характеристики линий связи любой природы, не прибегая к сложным теоретическим исследованиям. Чаще всего в качестве эталонных сигналов для исследования реакций линий связи используются синусоидальные сигналы различных частот. Это связано с тем, что сигналы этого типа часто встречаются в технике и с их помощью можно представить любую функцию времени - как непрерывный процесс колебаний звука, так и прямоугольные импульсы, генерируемые компьютером.

Стандарты семейства IEEE 802.X охватывают только два нижних уровня семиуровневой модели OSI - физический и канальный. Это связано с тем, что именно эти уровни в наибольшей степени отражают специфику локальных сетей. Старшие же уровни, начиная с сетевого, в значительной степени имеют общие черты как для локальных, так и для глобальных сетей.

Специфика локальных сетей также нашла свое отражение в разделении канального уровня на два подуровня, которые часто называют также уровнями. Канальный уровень (Data Link Layer) делится в локальных сетях на два подуровня:

- логической передачи данных (Logical Link Control, LLC);
- управления доступом к среде (Media Access Control, MAC).

Протоколы уровней MAC и LLC взаимно независимы - каждый протокол уровня MAC может применяться с любым протоколом уровня LLC, и наоборот.

Протокол LLC обеспечивает для технологий локальных сетей нужное качество услуг транспортной службы, передавая свои кадры либо дейтаграммным способом, либо с помощью процедур с установлением соединения и восстановлением кадров. Протокол LLC занимает уровень между сетевыми протоколами и протоколами уровня MAC. Протоколы сетевого уровня передают через межуровневый интерфейс данные для протокола LLC - свой пакет (например, пакет IP, IPX или NetBEUI), адресную информацию об узле назначения, а также требования к качеству транспортных услуг, которое протокол LLC должен обеспечить. Протокол LLC помещает пакет протокола верхнего уровня в свой кадр, который дополняется необходимыми служебными полями. Далее через межуровневый интерфейс протокол LLC передает свой кадр вместе с адресной информацией об узле назначения соответствующему протоколу уровня MAC, который упаковывает кадр LLC в свой кадр (например, кадр Ethernet).

В основу протокола LLC положен протокол HDLC (High-level Data Link Control Procedure), являющийся стандартом ISO. Собственно стандарт HDLC представляет собой обобщение нескольких близких стандартов, характерных для различных технологий: протокола LAP-B сетей X.25 (стандарта, широко распространенного в



качества пользовательского интерфейса — интуитивной понятности, наглядности, рациональности.

При определении степени удобства разделяемого ресурса часто употребляют термин "прозрачность". Прозрачный доступ — это такой доступ, при котором пользователь не замечает, где расположен нужный ему ресурс — на его компьютере или на удаленном. После того как он смонтировал удаленную файловую систему в свое дерево каталогов, доступ к удаленным файлам становится для него совершенно прозрачным. Сама операция монтирования также может иметь разную степень прозрачности — в сетях с меньшей прозрачностью пользователь должен знать и задавать в команде имя компьютера, на котором хранится удаленная файловая система, в сетях с большей степенью прозрачности соответствующий программный компонент сети производит поиск разделяемых томов файлов независимо от мест их хранения, а затем предоставляет их пользователю в удобном для него виде, например в виде списка или набора пиктограмм.

Для обеспечения прозрачности важен способ адресации (именования) разделяемых сетевых ресурсов. Имена разделяемых сетевых ресурсов не должны зависеть от их физического расположения на том или ином компьютере. В идеале пользователь не должен ничего менять в своей работе, если администратор сети переместил том или каталог с одного компьютера на другой. Сам администратор и сетевая операционная система имеют информацию о расположении файловых систем, но от пользователя она скрыта.

При организации взаимодействия узлов в локальных сетях основная роль отводится протоколу канального уровня. Однако для того, чтобы канальный уровень мог справиться с этой задачей, структура локальных сетей должна быть вполне определенной, так, например, наиболее популярный протокол канального уровня - Ethernet - рассчитан на параллельное подключение всех узлов сети к общей для них шине - отрезку коаксиального кабеля или иерархической древовидной структуре сегментов, образованных повторителями. Протокол Token Ring также рассчитан на вполне определенную конфигурацию - соединение компьютеров в виде логического кольца.

Пропускная способность линии связи зависит не только от ее характеристик, таких как амплитудно-частотная характеристика, но и от спектра передаваемых сигналов. Если значимые гармоники сигнала (то есть те гармоники, амплитуды которых вносят основной вклад в результирующий сигнал) попадают в полосу пропускания линии, то такой сигнал будет хорошо передаваться данной линией связи и приемник сможет правильно распознать информацию, отправленную по линии передатчиком. Если же значимые гармоники выходят за границы полосы пропускания линии связи, то сигнал будет значительно искажаться, приемник будет ошибаться при распознавании информации, а значит, информация не сможет передаваться с заданной пропускной способностью.

На пропускную способность линии оказывает влияние не только физическое, но и логическое кодирование. Логическое кодирование выполняется до физического кодирования и подразумевает замену бит исходной информации новой последовательностью бит, несущей ту же информацию, но обладающей, кроме этого, дополнительными свойствами, например возможностью для приемной стороны обнаруживать ошибки в принятых данных. Сопровождение каждого байта исходной информации одним битом четности - это пример очень часто применяемого способа логического кодирования при передаче данных с помощью модемов. Другим примером логического кодирования может служить шифрация данных, обеспечивающая их конфиденциальность при передаче через общественные каналы связи. При логическом кодировании чаще всего исходная последовательность бит заменяется более длинной последовательностью, поэтому пропускная способность канала по отношению к полезной информации при этом уменьшается.

Связь между полосой пропускания линии и ее максимальной возможной пропускной способностью, вне зависимости от принятого способа физического кодирования, установил Клод Шеннон:

$$C = F \log_2 (1 + P_c/P_{ш}),$$

где  $C$  - максимальная пропускная способность линии в битах в секунду,  $F$  - ширина полосы пропускания линии в герцах,  $P_c$  - мощность сигнала,  $P_{ш}$  - мощность шума.

Близким по сути к формуле Шеннона является следующее соотношение, полученное Найквистом, которое также определяет максимально возможную пропускную способность линии связи, но без учета шума на линии:

$$C = 2F \log_2 M,$$

где  $M$  - количество различных состояний информационного параметра.

При передаче дискретных данных по каналам связи применяются два основных типа физического кодирования - на основе синусоидального несущего сигнала и на основе последовательности прямоугольных импульсов. Первый способ часто называется также модуляцией, или аналоговой модуляцией, подчеркивая тот факт, что кодирование осуществляется за счет изменения параметров аналогового сигнала. Второй способ обычно называют цифровым кодированием. Эти способы отличаются шириной спектра результирующего сигнала и сложностью аппаратуры, необходимой для их реализации.

Аналоговая модуляция применяется для передачи дискретных данных по каналам с узкой полосой частот, типичным представителем которых является канал тональной частоты, предоставляемый в распоряжение пользователям общественных телефонных сетей. Устройство, которое выполняет функции модуляции несущей синусоиды на передающей стороне и демодуляции на приемной стороне, носит название *модем* (модулятор - демодулятор).

При цифровом кодировании дискретной информации применяются потенциальные и импульсные коды.

В потенциальных кодах для представления логических единиц и нулей используется только значение потенциала сигнала, а его перепады, формирующие законченные импульсы, во внимание не принимаются. Импульсные коды позволяют представить двоичные данные либо импульсами определенной полярности, либо

такие, которые в основном ориентированы не на простого пользователя, а на администратора, и служат для обеспечения правильной работы сети в целом. Служба администрирования пользовательских учетных записей, которая позволяет администратору вести общую базу данных о пользователях сети, система мониторинга сети, позволяющая захватывать и анализировать сетевой трафик, служба безопасности, в функции которой может входить, помимо прочего, выполнение процедуры логического входа с последующей проверкой пароля, — все это примеры административных служб.

Реализация сетевых служб осуществляется программными средствами. Все сетевые службы построены в архитектуре "клиент-сервер".

Основные службы — файловая служба и служба печати — обычно предоставляются сетевой операционной системой, а вспомогательные, например служба баз данных, факсимильной связи или передачи голоса, — системными сетевыми приложениями или утилитами, работающими в тесном контакте с сетевой ОС. Вообще говоря, распределение служб между ОС и утилитами достаточно условно и меняется в зависимости от реализации ОС.

При разработке сетевых служб приходится решать задачи, свойственные любым распределенным приложениям: определение протокола взаимодействия между клиентской и серверной частями, распределение функций между ними, выбор схемы адресации приложений и т.д.

Одним из главных показателей качества сетевой службы является ее удобство. Для одного и того же ресурса может быть разработано несколько служб, по-разному решающих в общем-то одну и ту же задачу. Отличия могут заключаться в производительности или в уровне удобства предоставляемых услуг. Например, файловая служба может быть основана на использовании команды передачи файла из одного компьютера в другой по имени файла, а это требует от пользователя знания имени нужного файла. Та же файловая служба может быть реализована и так, что пользователь монтирует удаленную файловую систему к локальному каталогу, а далее обращается к удаленным файлам как к своим собственным, что гораздо удобнее. Качество сетевой службы зависит и от

го они полностью исключили из системы многие элементы, важные для универсальной ОС, в частности, графический интерфейс пользователя, поддержку универсальных приложений, защиту приложений мультипрограммного режима друг от друга, механизм виртуальной памяти. Все это позволило добиться уникальной скорости файлового доступа и вывело NetWare в лидеры серверных ОС на долгое время.

Однако слишком узкая специализация некоторых серверных ОС является одновременно и их слабой стороной. Существует несколько отличий, которые позволяют отнести их именно к классу серверных ОС:

- поддержка мощных аппаратных платформ, в том числе мультипроцессорных;
- поддержка большого числа одновременно выполняемых процессов и сетевых соединений;
- включение в состав ОС компонентов централизованного администрирования сети (например, справочной службы или службы аутентификации и авторизации пользователей сети);
- более широкий набор сетевых служб.

Клиентские операционные системы в сетях с выделенными серверами обычно освобождаются от серверных функций, что значительно упрощает их организацию. Разработчики клиентских ОС уделяют основное внимание пользовательскому интерфейсу и клиентским частям сетевых служб. Наиболее простые клиентские ОС поддерживают только базовые сетевые службы, обычно файловую и службу печати. В то же время существуют так называемые универсальные клиенты, которые поддерживают широкий набор клиентских частей, позволяющих им работать практически со всеми серверами сети.

Кроме собственно обмена данными сетевые службы должны решать и другие, более специфические, задачи, например, задачи, связанные с распределенной обработкой данных. К таким задачам относится обеспечение непротиворечивости нескольких копий данных, размещенных на разных машинах (служба репликации), или организация выполнения одной задачи параллельно на нескольких машинах сети (служба вызова удаленных процедур). Среди сетевых служб можно выделить административные, то есть

частью импульса - перепадом потенциала определенного направления.

Логическое кодирование используется для улучшения потенциальных кодов типа AMI, NRZI или 2Q1B. Логическое кодирование должно заменять длинные последовательности бит, приводящие к постоянному потенциалу, вкраплениями единиц. Как уже отмечалось выше, для логического кодирования характерны два метода - избыточные коды и скремблирование.

Одной из основных тенденций развития сетевых технологий является передача в одной сети как дискретных, так и аналоговых по своей природе данных. Источниками дискретных данных являются компьютеры и другие вычислительные устройства, а источниками аналоговых данных являются такие устройства, как телефоны, видеокамеры, звуко- и видеовоспроизводящая аппаратура. На ранних этапах решения этой проблемы в территориальных сетях все типы данных передавались в аналоговой форме, при этом дискретные по своему характеру компьютерные данные преобразовывались в аналоговую форму с помощью модемов.

### Технология Ethernet (802.3)

Ethernet - это самый распространенный на сегодняшний день стандарт локальных сетей. Общее количество сетей, работающих по протоколу Ethernet в настоящее время, оценивается в 5 миллионов, а количество компьютеров с установленными сетевыми адаптерами Ethernet - в 50 миллионов.

На основе стандарта Ethernet DIX был разработан стандарт IEEE 802.3. В зависимости от типа физической среды стандарт IEEE 802.3 имеет различные модификации - 10Base-5, 10Base-2, 10Base-T, 10Base-FL, 10Base-FB.

В сетях Ethernet используется метод доступа к среде передачи данных, называемый *методом коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий* (carrier-sense-multiply-access with collision detection, CSMA/CD).

Этот метод применяется исключительно в сетях с логической общей шиной (к которым относятся и радиосети, породившие этот метод). Все компьютеры такой сети имеют непосредствен-

ный доступ к общей шине, поэтому она может быть использована для передачи данных между любыми двумя узлами сети. Одновременно все компьютеры сети имеют возможность немедленно (с учетом задержки распространения сигнала по физической среде) получить данные, которые любой из компьютеров начал передавать на общую шину. Кабель, к которому подключены все станции, работает в режиме коллективного доступа (Multiply Access, MA).

Коллизия - это нормальная ситуация в работе сетей Ethernet. Для возникновения коллизии не обязательно, чтобы несколько станций начали передачу абсолютно одновременно, такая ситуация маловероятна. Гораздо вероятней, что коллизия возникает из-за того, что один узел начинает передачу раньше другого, но до второго узла сигналы первого просто не успевают дойти к тому времени, когда второй узел решает начать передачу своего кадра. То есть коллизии - это следствие распределенного характера сети.

Для надежного распознавания коллизий должно выполняться следующее соотношение:

$$T_{\min} \geq PDV,$$

где  $T_{\min}$  - время передачи кадра минимальной длины, а PDV - время, за которое сигнал коллизии успевает распространиться до самого дальнего узла сети. Так как в худшем случае сигнал должен пройти дважды между наиболее удаленными друг от друга станциями сети (в одну сторону проходит неискаженный сигнал, а на обратном пути распространяется уже искаженный коллизией сигнал), то это время называется *временем двойного оборота* (Path Delay Value, PDV).

При выполнении этого условия передающая станция должна успевать обнаружить коллизию, которую вызвал переданный ею кадр, еще до того, как она закончит передачу этого кадра.

Очевидно, что выполнение этого условия 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 (для разных типов кабеля эта скорость несколько отличается).

В стандарте Ethernet принято, что минимальная длина поля данных кадра составляет 46 байт (что вместе со служебными по-

тельные компьютеры в таких сетях работают под управлением клиентских ОС.

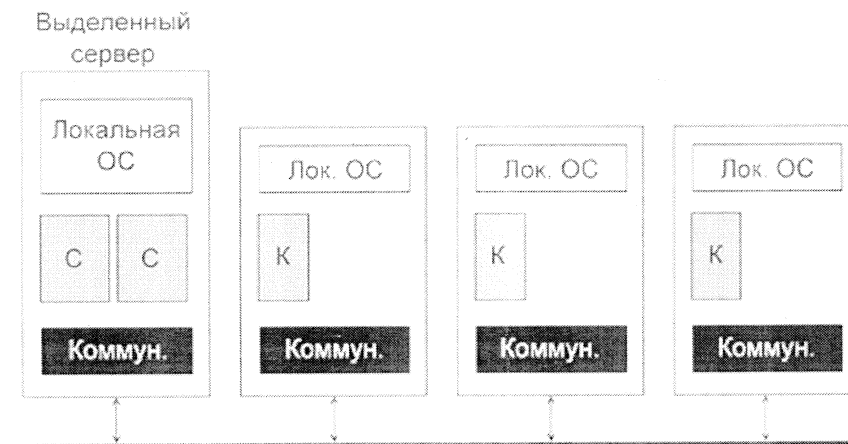


Рис. 3.5. Сеть с выделенным сервером

Специализация операционной системы для работы в роли сервера является естественным способом повышения эффективности серверных операций. А необходимость такого повышения часто ощущается весьма остро, особенно в большой сети. При существовании в сети сотен или даже тысяч пользователей интенсивность запросов к разделяемым ресурсам может быть очень значительной и сервер должен справляться с этим потоком запросов без больших задержек. Очевидным решением этой проблемы является использование в качестве сервера компьютера с мощной аппаратной платформой и операционной системой, оптимизированной для серверных функций.

Чем меньше функций выполняет ОС, тем более эффективно можно их реализовать, поэтому для оптимизации серверных операций разработчики ОС вынуждены ущемлять некоторые другие ее функции, причем иногда даже полностью отказываться от них. Одним из ярких примеров такого подхода является серверная ОС NetWare. Ее разработчики поставили перед собой цель оптимизировать выполнение файлового сервиса и сервиса печати. Для это-

При потенциальном равноправии всех компьютеров в одноранговой сети часто возникает функциональная несимметричность. Обычно некоторые пользователи не желают предоставлять свои ресурсы для совместного доступа. В таком случае серверные возможности их операционных систем не активизируются и компьютеры играют роль "чистых".

В то же время администратор может закрепить за некоторыми компьютерами сети только функции, связанные с обслуживанием запросов от остальных компьютеров, превратив их таким образом в "чистые" серверы, за которыми пользователи не работают. В такой конфигурации одноранговые сети становятся похожими на сети с выделенными серверами, но это только внешнее сходство — между этими двумя типами сетей остается существенное различие. Изначально в одноранговых сетях отсутствует специализация ОС в зависимости от того, какую роль играет компьютер — клиента или сервера. Изменение роли компьютера в одноранговой сети достигается за счет того, что функции серверной или клиентской частей просто не используются.

Одноранговые сети проще в развертывании и эксплуатации; по этой схеме организуется работа в небольших сетях, в которых количество компьютеров не превышает 10-20. В этом случае нет необходимости в применении централизованных средств администрирования — нескольким пользователям нетрудно договориться между собой о перечне разделяемых ресурсов и паролях доступа к ним.

Однако в больших сетях средства централизованного администрирования, хранения и обработки данных, а особенно защиты данных необходимы. Такие возможности легче обеспечить в сетях с выделенными серверами.

### Сети с выделенным сервером

В сетях с выделенными серверами (рис. 3.5) используются специальные варианты сетевых ОС, которые оптимизированы для работы в роли серверов и называются серверными ОС. Пользова-

лями дает минимальную длину кадра 64 байта, а вместе с преамбулой - 72 байта или 576 бит). Отсюда может быть определено ограничение на расстояние между станциями.

С увеличением скорости передачи кадров, что имеет место в новых стандартах, базирующихся на том же методе доступа CSMA/CD, например Fast Ethernet, максимальное расстояние между станциями сети уменьшается пропорционально увеличению скорости передачи. В табл. 2.1 приведены значения основных параметров процедуры передачи кадра стандарта 802.3, которые не зависят от реализации физической среды.

Таблица 2.1

Параметры уровня MAC Ethernet

Параметры	Значения
Битовая скорость	10 Мбит/с
Интервал отсрочки	512 битовых интервалов
Межкадровый интервал (IPG)	9,6 мкс
Максимальное число попыток передачи	16
Максимальное число возрастания диапазона паузы	10
Длина jam-последовательности	32 бита
Максимальная длина кадра (без преамбулы)	1518 байт
Минимальная длина кадра (без преамбулы)	64 байта (512 бит)
Длина преамбулы	64 бита
Минимальная длина случайной паузы после коллизии	0 битовых интервалов
Максимальная длина случайной паузы после коллизии	524 000 битовых интервалов
Максимальное расстояние между станциями сети	2500 м
Максимальное число станций в сети	1024

Для расчета максимального количества кадров минимальной длины, проходящих по сегменту Ethernet, заметим, что размер кадра минимальной длины вместе с преамбулой составляет 72 байта или 576 бит, поэтому на его передачу затрачивается 57,5 мкс. Прибавив межкадровый интервал в 9,6 мкс, получаем, что период следования кадров минимальной длины составляет 67,1 мкс. Отсюда максимально возможная пропускная способность сегмента Ethernet составляет 14 880 кадр./с.

Естественно, что наличие в сегменте нескольких узлов снижает эту величину за счет ожидания доступа к среде, а также за счет коллизий, приводящих к необходимости повторной передачи кадров.

Кадры максимальной длины технологии Ethernet имеют поле длины 1500 байт, что вместе со служебной информацией дает 1518 байт, а с преамбулой составляет 1526 байт или 12 208 бит. Максимально возможная пропускная способность сегмента Ethernet для кадров максимальной длины составляет 813 кадр./с. Очевидно, что при работе с большими кадрами нагрузка на мосты, коммутаторы и маршрутизаторы довольно ощутимо снижается.

Под полезной пропускной способностью протокола понимается скорость передачи пользовательских данных, которые переносятся полем данных кадра. Эта пропускная способность всегда меньше номинальной битовой скорости протокола Ethernet за счет нескольких факторов:

- служебной информации кадра;
- межкадровых интервалов (IPG);
- ожидания доступа к среде.

Для кадров минимальной длины полезная пропускная способность равна:

$$СП = 14880 \cdot 46 \cdot 8 = 5,48 \text{ Мбит/с.}$$

Это намного меньше 10 Мбит/с, но следует учесть, что кадры минимальной длины используются в основном для передачи квитанций, так что к передаче собственно данных файлов эта скорость отношения не имеет.

Очевидно, что сеть не может состоять только из клиентских или только из серверных узлов.

Сеть может быть построена по одной из трех схем:

- сеть на основе одноранговых узлов — одноранговая сеть;
- сеть на основе клиентов и серверов — сеть с выделенными серверами;
- сеть, включающая узлы всех типов — гибридная сеть.

Каждая из этих схем имеет свои достоинства и недостатки, определяющие их области применения.

### Одноранговые сети

В одноранговых сетях (рис. 3.4) все компьютеры равны в возможностях доступа к ресурсам друг друга. Каждый пользователь может по своему желанию объявить какой-либо ресурс своего компьютера разделяемым, после чего другие пользователи могут с ним работать. В одноранговых сетях на всех компьютерах устанавливается такая операционная система, которая предоставляет всем компьютерам в сети потенциально равные возможности. Сетевые операционные системы такого типа называются одноранговыми ОС. Очевидно, что одноранговые ОС должны включать как серверные, так и клиентские компоненты сетевых служб (на рисунке они обозначены буквами, соответственно, С и К). Примерами одноранговых ОС могут служить LANtastic, Personal Ware, Windows for Workgroups, Windows NT Workstation, Windows 95/98.

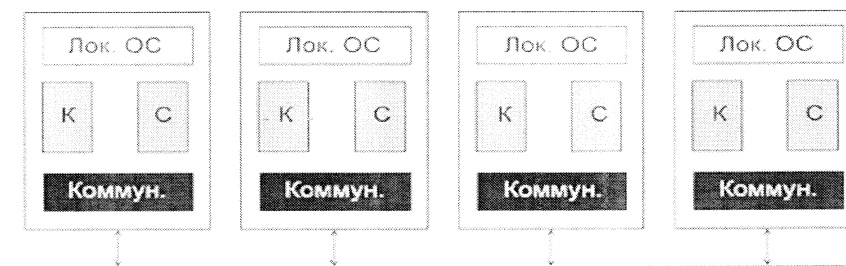


Рис. 3.4. Одноранговая сеть (здесь словом "Коммун." обозначены коммуникационные средства)

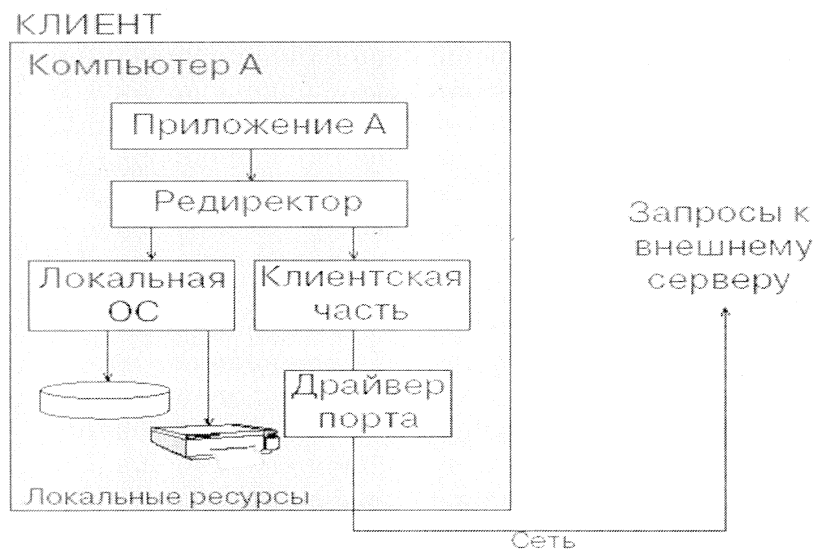


Рис. 3.2. Компьютер, обращающийся с запросами к ресурсам другой машины, играет роль узла-клиента

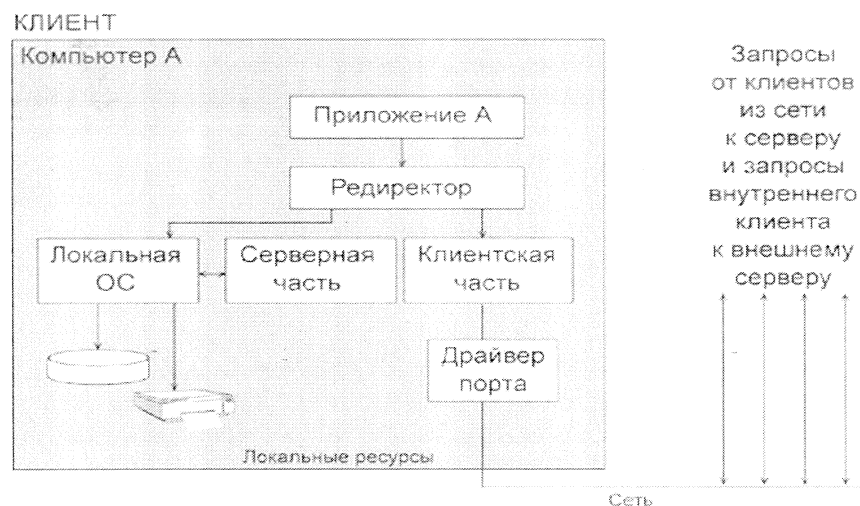


Рис. 3.3. Компьютер, совмещающий функции клиента и сервера, является одноранговым узлом

Для кадров максимальной длины полезная пропускная способность равна:

$$СП = 813 \cdot 1500 \cdot 8 = 9,76 \text{ Мбит/с,}$$

что весьма близко к номинальной скорости протокола.

При использовании кадров среднего размера с полем данных в 512 байт пропускная способность сети составит 9,29 Мбит/с, что тоже достаточно близко к предельной пропускной способности в 10 Мбит/с.

При отсутствии коллизий и ожидания доступа коэффициент использования сети зависит от размера поля данных кадра и имеет максимальное значение 0,976 при передаче кадров максимальной длины. Очевидно, что в реальной сети Ethernet среднее значение коэффициента использования сети может значительно отличаться от этой величины.

Физические спецификации технологии Ethernet на сегодняшний день включают следующие среды передачи данных:

- 10Base-5 - коаксиальный кабель диаметром 0,5 дюйма, называемый «толстым» коаксиалом. Имеет волновое сопротивление 50 Ом. Максимальная длина сегмента - 500 метров (без повторителей).
- 10Base-2 - коаксиальный кабель диаметром 0,25 дюйма, называемый «тонким» коаксиалом. Имеет волновое сопротивление 50 Ом. Максимальная длина сегмента - 185 метров (без повторителей).
- 10Base-T - кабель на основе неэкранированной витой пары (Unshielded Twisted Pair, UTP). Образует звездообразную топологию на основе концентратора. Расстояние между концентратором и конечным узлом - не более 100 м.
- 10Base-F - волоконно-оптический кабель. Топология аналогична топологии стандарта 10Base-T. Имеется несколько вариантов этой спецификации - FOIRL (расстояние до 1000 м), 10Base-FL (расстояние до 2000 м), 10Base-FB (расстояние до 2000 м).

## Общие характеристики стандартов Ethernet 10 Мбит/с

Таблица 2.2

### Общие ограничения для всех стандартов Ethernet

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

Таблица 2.3

### Параметры спецификаций физического уровня для стандарта Ethernet

Параметры	10Base-5	10Base-2	10Base-T	10Base-F
1	2	3	4	5
Кабель	Толстый коаксиальный кабель RG-8 или RG-11	Тонкий коаксиальный кабель RG-58	Неэкранированная витая пара категорий 3, 4, 5	Многомодовый волоконно-оптический кабель
Максимальная длина сегмента, м	500	185	100	2000
Максимальное расстояние между узлами сети (при использовании повторителей), м	2500	925	500	2500 (2750 для 10Base-FB)
Максимальное число станций в сегменте	100	30	1024	1024

10. Объясните разницу между тремя понятиями:

- логические соединения, на которых основаны некоторые протоколы;
- виртуальные каналы в сетях с коммутацией пакетов;
- составные каналы в сетях с коммутацией каналов.

## 3. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЯХ. РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Ц е л ь р а б о т ы: Определить правила взаимодействия приложений, построенных по технологии клиент-сервер.

### Теоретические положения

В зависимости от того, как распределены функции между компьютерами сети, они могут выступать в трех разных ролях:

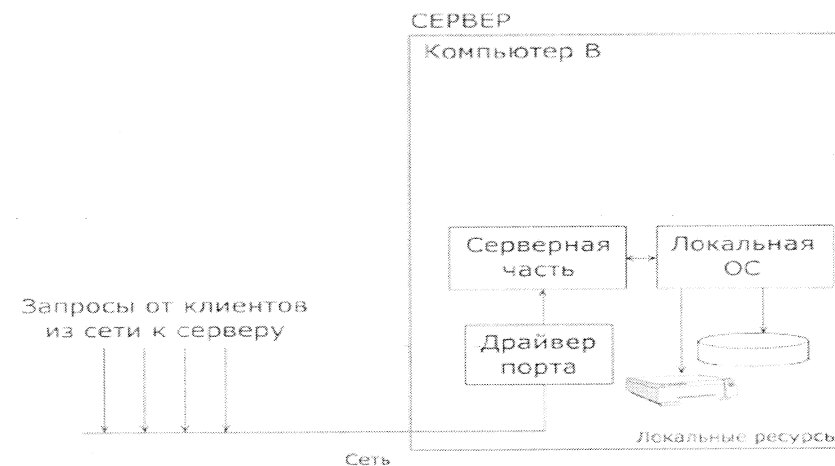


Рис. 3.1. Компьютер, занимающийся исключительно обслуживанием запросов других компьютеров, играет роль выделенного сервера сети



## Задание

1. Построить экспериментальный график зависимости среднего времени ожидания доступа к среде для протокола Ethernet от коэффициента использования сети. Определить параметры, которые влияют на вид этой зависимости.

2. Рассчитать эффективную и реальную пропускную способность сети Ethernet 100Base-T при минимальной и максимальной длине кадра.

3. Ознакомиться с принципами работы протокола ICMP. Создать приложение, реализующее функции, аналогичные утилите ping с использованием библиотеки icmp.dll

## Контрольные вопросы

1. Могут ли цифровые линии связи передавать аналоговые данные?
2. Каким будет теоретический предел скорости передачи данных в битах в секунду по каналу с шириной полосы пропускания в 20 кГц, если мощность передатчика составляет 0,01 мВт, а мощность шума в канале равна 0,0001 мВт?
3. Рассчитайте задержку распространения сигнала и задержку передачи данных для случая передачи пакета в 128 байт:
  - по кабелю витой пары длиной в 100 м при скорости передачи 100 Мбит/с;
  - по коаксиальному кабелю длиной в 2 км при скорости передачи в 10 Мбит/с;
  - по спутниковому геостационарному каналу протяженностью в 72 000 км при скорости передачи 128 Кбит/с.
 Считайте скорость распространения сигнала равной скорости света в вакууме 300 000 км/с.
4. Какой кадр передаст на линию передатчик, если он работает с использованием техники бит-стаффинга с флагом 7E, а на вход передатчика поступила последовательность 24 A5 7E 56 8C (все значения - шестнадцатичные)?
5. Поясните, из каких соображений выбрана пропускная способность 64 Кбит/с элементарного канала цифровых телефонных сетей.
6. Назовите методы компрессии, наиболее подходящие для текстовой информации. Почему они неэффективны для сжатия двоичных данных?
7. Как передатчик определяет факт потери положительной квитанции в методе скользящего окна?
8. Сеть с коммутацией пакетов испытывает перегрузку. Для устранения этой ситуации размер окна в протоколах компьютеров сети нужно увеличить или уменьшить?
9. Как влияет надежность линий связи в сети на выбор размера окна?

Продолжение

1	2	3	4	5
Максимальное число повторителей между любыми станциями сети	4	4	4	4 (5 для 10Base-FB)

## Методика расчета конфигурации сети Ethernet

Соблюдение многочисленных ограничений, установленных для различных стандартов физического уровня сетей Ethernet, гарантирует корректную работу сети (естественно, при исправном состоянии всех элементов физического уровня).

Чтобы сеть Ethernet, состоящая из сегментов различной физической природы, работала корректно, необходимо выполнение четырех основных условий:

- количество станций в сети не более 1024;
- максимальная длина каждого физического сегмента не более величины, определенной в соответствующем стандарте физического уровня;
- время двойного оборота сигнала (Path Delay Value, PDV) между двумя самыми удаленными друг от друга станциями сети не более 575 битовых интервалов;
- сокращение межкадрового интервала IPG (Path Variability Value, PW) при прохождении последовательности кадров через все повторители должно быть не больше, чем 49 битовых интервалов. Так как при отправке кадров конечные узлы обеспечивают начальное межкадровое расстояние в 96 битовых интервалов, то

после прохождения повторителя оно должно быть не меньше, чем  $96 - 49 = 47$  битовых интервалов.

Расчет PDV

Для упрощения расчетов обычно используются справочные данные IEEE, содержащие значения задержек распространения сигналов в повторителях, приемопередатчиках и различных физических средах. В табл. 2.4 приведены данные, необходимые для расчета значения PDV для всех физических стандартов сетей Ethernet. Битовый интервал обозначен как bt.

Таблица 2.4

Данные для расчета значения PDV

Тип сегмента	База левого сегмента, bt	База промежуточного сегмента, bt	База правого сегмента, bt	Задержка среды на 1 м, bt	Максимальная длина сегмента, м
10Base-5	11,8	46,5	169,5	0,0866	500
10Base-2	11,8	46,5	169,5	0,1026	185
10Base-T	15,3	42,0	165,0	0,113	100
10Base-FB	-	24,0	-	0,1	2000
10Base-FL	12,3	33,5	156,5	0,1	2000
FIORL	7,8	29,0	152,0	0,1	1000
AUI (>2 м)	0	0	0	0,1026	2+48

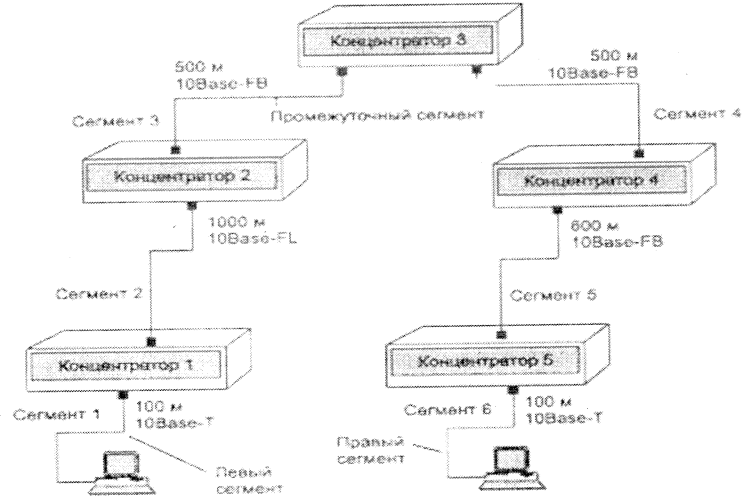


Рис. 2.2. Пример сети Ethernet, состоящей из сегментов различных физических стандартов

Расчет PVV

Чтобы признать конфигурацию сети корректной, нужно рассчитать также уменьшение межкадрового интервала повторителями, то есть величину PVV. Для расчета PVV также можно воспользоваться значениями максимальных величин уменьшения межкадрового интервала при прохождении повторителей различных физических сред, рекомендованными IEEE и приведенными в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Сокращение межкадрового интервала повторителями

Тип сегмента	Передающий сегмент, bt	Промежуточный сегмент, bt
10Base-5 или 10Base-2	16	11
10Base-FB	-	2
10Base-FL	10,5	8
10Base-T	10,5	8