

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 2**

*Учебно-методическое пособие*

*Специальность: 230105  
Программное обеспе-  
чение вычислительной  
техники и автомати-  
зированных систем*

Череповец  
2006

Рассмотрено на заседании кафедры программного обеспечения ЭВМ, протокол № 8 от 11.03.06 г.

Одобрено редакционно-издательской комиссией Инженерно-экономического института ГОУ ВПО ЧГУ, протокол № 28 от 28.04.06 г.

Составитель: Т.Г. Нарушевич

Рецензенты: *А.Н. Зуев*, канд. техн. наук, доцент (ГОУ ВПО ЧГУ);  
*К.М. Пылинцкий* (ГОУ ВПО ЧГУ)

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

© Нарушевич Т.Г., 2006

© ГОУ ВПО Череповецкий государственный университет, 2006

## Оглавление

Введение .....	3
Лабораторная работа 1. Построение локальных сетей по стандартам физического и канального уровней .....	4
Лабораторная работа 2. Сетевой уровень как средство построения больших сетей .....	12
Лабораторная работа 3. Глобальные сети .....	16
Лабораторная работа 4. Средства анализа и управления сетями ....	23
Список литературы .....	29

Редактор Н.С. Менькина  
Компьютерная верстка М.Н. Авдюховой  
Лицензия А № 001633 от 02.02.04 г.

Подписано в печать 25. 09.06 г.  
Формат 60×84 1/16. Гарнитура Таймс.  
Уч.-изд. л. 1,31. Усл. п. л. 1,8. Тир. 25. Зак. 608 .

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

## Введение

Данное учебно-методическое пособие содержит описание и порядок выполнения лабораторных работ по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации» и предназначено для изучения и практического освоения студентами следующих разделов учебной программы: «Построение локальных сетей по стандартам физического и канального уровней», «Сетевой уровень как средство построения больших сетей», «Глобальные сети», «Средства анализа и управления сетями».

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Разработка алгоритма решения в соответствии с заданием.

2. Составление программы решения задачи.

3. Оформление отчета решения задачи.

После окончания 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 представляется преподавателю, затем осуществляется защита лабораторной работы.

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

*Лабораторная работа 1*  
**Построение локальных сетей  
по стандартам физического и канального уровней**

Ц е л ь р а б о т ы : проверка корректности работы сети Ethernet, состоящей из сегментов различной природы.

**Теоретические положения**

Все сетевые функции в модели OSI разделены на 7 уровней (рис. 1). При этом вышестоящие уровни выполняют более сложные, глобальные задачи, для чего используют в своих целях нижестоящие уровни, а также управляют ими. Цель нижестоящего уровня – предоставление услуг вышестоящему уровню, причем вышестоящему уровню не важны детали выполнения этих услуг. Нижестоящие уровни выполняют более простые и конкретные функции. В идеале каждый уровень взаимодействует только с теми уровнями, которые находятся рядом с ним (выше или ниже его). Верхний уровень соответствует прикладной задаче, работающему в данный момент приложению, нижний – непосредственной передаче сигналов по каналу связи.

7. Прикладной уровень
6. Представительский уровень
5. Сеансовый уровень
4. Транспортный уровень
3. Сетевой уровень
2. Канальный уровень
1. Физический уровень

Рис. 1. Семь уровней модели OSI

4. Какая функция в системах управления системами соответствует функции построения карты сети в системах управления сетями?

5. Какое свойство агента, поддерживающего RMON MIB, послужило поводом назвать данную MIB базой управляющих данных для удаленного мониторинга?

6. Какие действия предпринимает агент SNMP, если его сообщение о сбое управляемого устройства, посланное с помощью команды trap, потеряется?

7. Можно ли построить систему управления, работающую без платформы управления?

8. Относится ли средство, называемое community string, к средствам аутентификации?

9. Какую базу данных использует протокол CMIP для воздействия сразу на группу агентов?

10. У вас есть подозрение, что часть коллизий в вашей сети вызвана электромагнитными наводками. Сможет ли анализатор протоколов прояснить ситуацию?

Список литературы

1. Вендров А. М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 1998.
2. Иванова Г. С. Технология программирования. – М., 2002.
3. Крук Б. И., Попантопуло В. Н., Шувалов В. П. Телекоммуникационные системы и сети. Учеб. пособие для студ. вузов и колледжей: В 3 т. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 647 с.
4. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы: Учебник. - СПб.: Питер, 2001.
5. Пятибратов А. П., Гудыно Л. П., Кириченко А. А. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 509 с.
6. Черемных С. В., Семенов И. О., Ручкин В. С. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: Практикум. – М.: Финансы и статистика, 2002.

- кабельные сканеры, использующиеся для диагностики медных кабельных систем;
- тестеры, предназначенные для проверки кабелей на отсутствие физического разрыва;
- многофункциональные портативные устройства анализа и диагностики.

### Задание

Напишите программу «Сетевой монитор». Она должна:

- в реальном времени отслеживать, какие типы пакетов приходят из сети на компьютер, и вести статистику;
- иметь блок анализа содержимого пакета и сигнализации пользователю о том, что встретилась недопустимая комбинация.

При выполнении задания используйте специальный режим WinSock 2.x, который позволяет перевести сокет в режим прослушивания всех пакетов.

### Контрольные вопросы

1. К какой из пяти стандартных функциональных групп системы управления относится функция концентратора Ethernet по обнулению поля данных в кадрах, поступающих на порты, к которым не подключен узел назначения?
2. К какому уровню модели TMN относится большинство выпускаемых сегодня систем управления?
3. Как объяснить, что наличие в одном сегменте сети NetWare сравнительно небольшого числа (3 %) ошибочных кадров Ethernet резко снижает пропускную способность сети? Рассчитайте коэффициент снижения полезной пропускной способности сети, если при передаче файлов используется метод квитирования с простоями, причем тайм-аут ожидания квитанции составляет 0,5 с, сервер тратит на подготовку очередного кадра данных 20 мкс после получения квитанции от клиентской станции, а клиентская станция отправляет квитанции через 30 мкс после получения очередного кадра данных от сервера. Служебная информация протоколов верхних уровней занимает в кадре Ethernet 58 байт, причем данные передаются в кадрах Ethernet с полем данных максимального размера в 1500 байт, а квитанции помещаются в заголовке протокола прикладного уровня.

Функции, входящие в показанные на рис. 1 уровни, реализуются каждым абонентом сети. При этом каждый уровень на одном абоненте работает так, как будто он имеет прямую связь с соответствующим уровнем другого абонента. Между одноименными уровнями абонентов сети существует виртуальная (логическая) связь, например, между прикладными уровнями взаимодействующих по сети абонентов. Реальную же физическую связь (кабель, радиоканал) абоненты одной сети имеют только на самом нижнем, физическом, уровне. В передающем абоненте информация проходит все уровни, начиная с верхнего и заканчивая нижним. В принимающем абоненте полученная информация совершает обратный путь: от нижнего уровня к верхнему.

Если на пути между абонентами в сети включаются некие промежуточные устройства (например, трансиверы, репитеры, концентраторы, коммутаторы, маршрутизаторы), то и они тоже могут выполнять функции, входящие в нижние уровни модели OSI (рис. 2). Чем больше сложность промежуточного устройства, тем больше уровней оно захватывает. Но любое промежуточное устройство должно принимать и возвращать информацию на физическом уровне.



Рис. 2. Включение промежуточных устройств между абонентами сети

Большинство функций двух нижних уровней модели (1 и 2) обычно реализуются аппаратно (часть функций уровня 2 – программным драйвером сетевого адаптера). Именно на этих уровнях определяется скорость передачи и топология сети, метод управления обменом и формат пакета, т.е. то, что имеет непосредственное отношение к типу сети, например Ethernet, Token-Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN. Более высокие уровни, как правило, не работают напрямую с конкретной аппаратурой, хотя уровни 3, 4 и 5 еще могут учитывать ее особенности. Уровни 6 и 7 никак не связаны с аппаратурой, замены одного типа аппаратуры на другой они не замечают.

В уровне 2 (канальном) нередко выделяют два подуровня (sublayers): LLC и MAC.

Подуровень LLC (Logical Link Control) осуществляет управление логической связью, т.е. устанавливает виртуальный канал связи. Подуровень LLC отвечает за взаимодействие с уровнем 3 (сетевым).

Подуровень MAC (Media Access Control) обеспечивает непосредственный доступ к среде передачи информации (каналу связи). Он напрямую связан с аппаратурой сети.

К аппаратуре локальных сетей относятся:

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

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

Все кабели можно разделить на три большие группы:

На этапе мониторинга выполняется более простая процедура - процедура сбора первичных данных о работе сети: статистики о количестве циркулирующих в сети кадров и пакетов различных протоколов, о состоянии портов концентраторов, коммутаторов и маршрутизаторов и т. п.

Далее выполняется этап анализа, под которым понимается более сложный и интеллектуальный процесс осмысления собранной на этапе мониторинга информации, сопоставления ее с данными, полученными ранее, и выработки предположений о возможных причинах замедленной или ненадежной работы сети.

Задачи мониторинга решаются программными и аппаратными измерителями, тестерами, сетевыми анализаторами, встроенными средствами мониторинга коммуникационных устройств, а также агентами систем управления. Задача анализа требует более активного участия человека и использования таких сложных средств, как экспертные системы, аккумулирующие практический опыт многих сетевых специалистов.

Все многообразие средств, применяемых для анализа и диагностики вычислительных сетей, можно разделить на несколько крупных классов:

- агенты систем управления, поддерживающие функции одной из стандартных MIB и поставляющие информацию по протоколу SNMP или CMIP;
- встроенные системы диагностики и управления (Embedded systems);
- анализаторы протоколов (Protocol analyzers);
- экспертные системы;
- оборудование для диагностики и сертификации кабельных систем;
- сетевые мониторы (называемые также сетевыми анализаторами), предназначенные для тестирования кабелей различных категорий;
- устройства для сертификации кабельных систем, выполняющие сертификацию в соответствии с требованиями одного из международных стандартов на кабельные системы;

доставляемые специально разработанным для этих целей программным продуктом - платформой. Примерами платформ для систем управления являются такие известные продукты, как HP OpenView, SunNet Manager и Sun Soltice, Cdbleton Spectrum, IMB/Tivoli TMN10.

При формализации схемы «менеджер - агент» могут быть стандартизованы следующие аспекты ее функционирования:

- протокол взаимодействия агента и менеджера;
- интерфейс «агент - управляемый ресурс»;
- интерфейс «агент - модель управляемого ресурса»;
- интерфейс «менеджер - модель управляемого ресурса»;
- справочная система о наличии и местоположении агентов и менеджеров, упрощающая построение распределенной системы управления;
- язык описания моделей управляемых ресурсов, т.е. язык описания MIB;
- схема наследования классов моделей объектов (дерево наследования), которая позволяет строить модели новых объектов на основе моделей более общих объектов, например модели маршрутизаторов на основе модели обобщенного коммуникационного устройства;
- схема иерархических отношений моделей управляемых объектов (дерево включения), которая позволяет отразить взаимоотношения между отдельными элементами реальной системы, например принадлежность модулей коммутации определенному коммутатору или отдельных коммутаторов и концентраторов определенной подсети.

Существующие стандарты на системы управления отличаются тем, что в них могут быть стандартизованы не все перечисленные выше аспекты схемы «менеджер - агент».

В стандартах систем управления как минимум стандартизуется некоторый способ формального описания моделей управляемых объектов, а также определяется протокол взаимодействия между менеджером и агентом.

Процесс контроля работы сети обычно делят на два этапа - мониторинг и анализ.

- электрические (медные) кабели на основе витых пар проводов (twisted pair), которые делятся на экранированные (shielded twisted pair, STP) и неэкранированные (unshielded twisted pair, UTP);

- электрические (медные) коаксиальные кабели (coaxial cable);

- оптоволоконные кабели (fiber optic).

Каждый тип кабеля имеет свои преимущества и недостатки, так что при выборе надо учитывать как особенности решаемой задачи, так и особенности конкретной сети, в том числе и используемую топологию.

Можно выделить следующие основные параметры кабелей, принципиально важные для использования в локальных сетях:

- полоса пропускания кабеля (частотный диапазон сигналов, пропускаемых кабелем) и затухание сигнала в кабеле. Затухание измеряется в децибелах и пропорционально длине кабеля;

- помехозащищенность кабеля и обеспечиваемая им секретность передачи информации;

- скорость распространения сигнала по кабелю, или обратный параметр – задержка сигнала на метр длины кабеля. Типичные величины скорости распространения сигнала – от 0,6 до 0,8 от скорости распространения света в вакууме. Соответственно, типичные величины задержек – от 4 до 5 нс/м;

- для электрических кабелей очень важна величина волнового сопротивления кабеля. Типичные значения волнового сопротивления – от 50 до 150 Ом.

В настоящее время действуют следующие стандарты на кабели:

- EIA/TIA 568 (Commercial Building Telecommunications Cabling Standard) – американский;

- ISO/IEC IS 11801 (Generic cabling for customer premises) – международный;

- CENELEC EN 50173 (Generic cabling systems) – европейский.

Кроме кабельных каналов в компьютерных сетях иногда используются бескабельные каналы.

Главным недостатком радиоканала является его плохая защита от прослушивания, так как радиоволны распространяются неконтролируемо. Другой большой недостаток радиоканала – слабая помехозащищенность.

Для локальных беспроводных сетей (WLAN – Wireless LAN) в настоящее время применяются подключения по радиоканалу на небольших расстояниях (обычно до 100 м) и в пределах прямой видимости. Чаще всего используются два частотных диапазона – 2,4 и 5 ГГц. Скорость передачи – до 54 Мбит/с. Распространен вариант со скоростью 11 Мбит/с.

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

Скорость передачи информации по инфракрасному каналу обычно не превышает 5 - 10 Мбит/с, но при использовании инфракрасных лазеров она может быть более 100 Мбит/с. Секретность передаваемой информации, как и в случае радиоканала, не достигается, также требуются сравнительно дорогие приемники и передатчики. Все это приводит к тому, что инфракрасные каналы в локальных сетях применяют довольно редко. В основном они используются для связи компьютеров с периферией (интерфейс IrDA).

Инфракрасные каналы делятся на две группы:

- каналы прямой видимости, в которых связь осуществляется на лучах, идущих непосредственно от передатчика к приемнику. При этом связь возможна только при отсутствии препятствий между компьютерами сети. Зато протяженность канала прямой видимости может достигать нескольких километров;
- каналы на рассеянном излучении, которые работают на сигналах, отраженных от стен, потолка, пола и других препят-

дель управляемого ресурса текущими значениями характеристик данного ресурса, и в связи с этим модель агента называют базой данных управляющей информации - Management Information Base, MIB. Менеджер использует модель, чтобы знать о том, чем характеризуется ресурс, какие характеристики он может запросить у агента и какими параметрами можно управлять.

Менеджер взаимодействует с агентами по стандартному протоколу. Этот протокол должен позволять менеджеру запрашивать значения параметров, хранящихся в базе MIB, а также передавать агенту управляющую информацию, на основе которой тот должен управлять устройством. Различают управление inband, т.е. по тому же каналу, по которому передаются пользовательские данные, и управление out-of-band, т.е. вне канала, по которому передаются пользовательские данные. Например, если менеджер взаимодействует с агентом, встроенным в маршрутизатор, по протоколу SNMP, передаваемому по той же локальной сети, что и пользовательские данные, то это будет управление inband. Если же менеджер контролирует коммутатор первичной сети, работающий по технологии частотного уплотнения FDM, с помощью отдельной сети X.25, к которой подключен агент, то это будет управление out-of-band. Управление по тому же каналу, по которому работает сеть, более экономично, так как не требует создания отдельной инфраструктуры передачи управляющих данных. Однако способ out-of-band более надежен, так как он предоставляет возможность управлять оборудованием сети и тогда, когда какие-то элементы сети вышли из строя и по основным каналам оборудование недоступно. Стандарт многоуровневой системы управления TMN имеет в своем названии слово Network, подчеркивающее, что в общем случае для управления телекоммуникационной сетью создается отдельная управляющая сеть, которая обеспечивает режим out-of-band.

При построении систем управления крупными локальными и корпоративными сетями обычно используется платформенный подход, когда индивидуальные программы управления разрабатываются не «с нуля», а используют службы и примитивы, пре-

- учет работы сети.

Обычно система управления системой выполняет следующие функции:

- учет используемых аппаратных и программных средств (Configuration Management);
- распределение и установка программного обеспечения (Configuration Management);
- удаленный анализ производительности и возникающих проблем (Fault Management and Performance Management).

Примерами систем управления системами являются Microsoft System Management Server (SMS), CA Unicenter, HP Operationscenter и многие другие.

Для построения интегрированной системы управления разнородными элементами сети естественно применить многоуровневый иерархический подход. Это стандартный подход для построения большой системы любого типа и назначения - от государства до автомобильного завода. Применительно к системам управления сетями наиболее проработанным и эффективным для создания многоуровневой иерархической системы является стандарт Telecommunication Management Network (TMN), разработанный совместными усилиями ITU-T, ISO, ANSI и ETSI. Хотя этот стандарт и предназначался изначально для телекоммуникационных сетей, ориентация на использование общих принципов делает его полезным для построения любой крупной интегрированной системы управления сетями. Стандарты TMN состоят из большого количества рекомендаций ITU-T (и стандартов других организаций), но основные принципы модели TMN описаны в рекомендации M.3010.

В основе любой системы управления сетью лежит элементарная схема взаимодействия агента с менеджером. На основе этой схемы могут быть построены системы практически любой сложности с большим количеством агентов и менеджеров разного типа.

Менеджер и агент должны располагать одной и той же моделью управляемого ресурса, иначе они не смогут понять друг друга. Однако в использовании этой модели агентом и менеджером имеется существенное различие. Агент наполняет мо-

ствий. Препятствия в данном случае не помеха, но связь может осуществляться только в пределах одного помещения.

Сетевые адаптеры (они же контроллеры, карты, платы, интерфейсы, NIC – Network Interface Card) – это основная часть аппаратуры локальной сети. Назначение сетевого адаптера – сопряжение компьютера (или другого абонента) с сетью, т.е. обеспечение обмена информацией между компьютером и каналом связи в соответствии с принятыми правилами обмена. Именно они реализуют функции двух нижних уровней модели OSI. Как правило, сетевые адаптеры выполняются в виде платы, вставляемой в слоты расширения системной магистрали (шины) компьютера (чаще всего PCI, ISA или PC-Card). Плата сетевого адаптера обычно имеет также один или несколько внешних разъемов для подключения к ней кабеля сети.

Например, сетевые адаптеры Ethernet могут выпускаться со следующими наборами разъемов:

- TPO – разъем RJ-45 (для кабеля на витых парах по стандарту 10BASE-T);
- TPC – разъемы RJ-45 (для кабеля на витых парах 10BASE-T) и BNC (для коаксиального кабеля 10BASE2);
- TP – разъем RJ-45 (10BASE-T) и трансиверный разъем AUI;
- Combo – разъемы RJ-45 (10BASE-T), BNC (10BASE2), AUI;
- Соax – разъемы BNC, AUI;
- FL – разъем ST (для оптоволоконного кабеля 10BASE-FL).

Функции сетевого адаптера делятся на магистральные и сетевые. К магистральным относятся функции, осуществляющие взаимодействие адаптера с магистралью (системной шиной) компьютера (т.е. опознание своего магистрального адреса, пересылку данных в компьютер и из компьютера, выработку сигнала прерывания компьютера и т.д.). Сетевые функции обеспечивают общение адаптера с сетью.

Все остальные аппаратные средства локальных сетей (кроме адаптеров) имеют вспомогательный характер, и без них часто можно обойтись. Это сетевые промежуточные устройства.

В сетях с небольшим (10 - 30) количеством компьютеров чаще всего используется одна из типовых топологий – «общая

шина», «кольцо», «звезда» или полносвязная сеть. Все перечисленные топологии обладают свойством однородности.

Однако при построении больших сетей однородная структура связей превращается из преимущества в недостаток. В таких сетях использование типовых структур порождает различные ограничения, важнейшими из которых являются:

- ограничения на длину связи между узлами;
- ограничения на количество узлов в сети;
- ограничения на интенсивность трафика, который генерируют узлы сети.

Для снятия этих ограничений используются особые методы структуризации сети и специальное структурообразующее оборудование — повторители, концентраторы, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы. Такого рода оборудование также называют коммуникационным, имея в виду, что с его помощью отдельные сегменты сети взаимодействуют между собой.

Различают:

- топологию физических связей (физическую структуру сети), при которой конфигурация физических связей определяется электрическими соединениями компьютеров, т.е. ребрам графа соответствуют отрезки кабеля, связывающие пары узлов;
- топологию логических связей (логическую структуру сети), при которой в качестве логических связей выступают маршруты передачи данных между узлами сети, которые образуются путем соответствующей настройки коммуникационного оборудования.

Физическая структуризация сети полезна во многих отношениях, однако в ряде случаев, обычно относящихся к сетям большого и среднего размера, без логической структуризации сети не обойтись. Наиболее важной проблемой, которая не может быть решена путем физической структуризации, остается проблема перераспределения передаваемого трафика между различными физическими сегментами сети.

Распространение трафика, предназначенного для компьютеров некоторого сегмента сети, только в пределах этого сегмента называется *локализацией трафика*. Логическая структуризация сети – это процесс разбиения сети на сегменты с локализованным трафиком.

Средняя интенсивность трафика между сетями подразделений и центральной сетью оценивается диапазоном значений от 500 Кбит/с до 1 Мбит/с.

3. Вы убедились, что модем устойчиво работает на выделенном 2-проводном канале как в асинхронном, так и в синхронном режимах. Какой режим вы предпочтете?

4. К устройству какого уровня в терминах модели OSI можно отнести современный модем?

5. Можно ли использовать обычное абонентское окончание телефонной аналоговой сети, имеющееся в офисе, для подключения к каналу E1?

6. Каким видом услуг цифровых сетей можно воспользоваться, если необходимо соединить две локальные сети, находящиеся в разных городах, причем интенсивность межсетевого трафика составляет от 100 до 180 Кбит/с?

7. Сколько каналов T1 можно передать в одном канале STS-1?

8. Может ли сеть X.25 работать без устройств PAD?

9. Какие устройства необходимо применить для подключения мэйнфрейма, имеющего только интерфейсы RS-232C, к локальной сети Ethernet, если известно, что сетевые адаптеры Ethernet для этого мэйнфрейма не выпускаются?

#### *Лабораторная работа 4* **Средства анализа и управления сетями**

Ц е л ь р а б о т ы : изучить средства и возможности анализа сети, особенности использования и применения библиотеки winsock.dll.

#### **Теоретические положения**

Независимо от объекта управления система управления должна выполнять ряд функций, которые определены международными стандартами, обобщающими опыт применения систем управления в различных областях. Существуют рекомендации ITU-T X.700 и близкий к ним стандарт ISO 7498-4, которые делят задачи системы управления на пять функциональных групп:

- управление конфигурацией сети и именованиям;
- обработка ошибок;
- анализ производительности и надежности;
- управление безопасностью;

телефонной сети, а на другом конце (у клиента) аналоговый V.90-модем, то в направлении от провайдера к пользователю АЦП отсутствует и скорость (теоретически) может быть увеличена до 56 Кбит/с. Сама по себе цифровая телефонная сеть имеет скорость передачи 64 Кбит/с, однако наличие дополнительных искажений и шумов от работы ЦАП и АТС, хотя и меньших по уровню, чем шум дискретизации АЦП, ограничивает достижимую скорость передачи. Кроме того, тестирование 56К-модемов показывает возможность достижения скорости в диапазоне 40 ... 50 Кбит/с при связи с местной телефонной станцией и 28 ... 33 Кбит/с при работе на международных линиях.

#### Задание

Дополните задание лабораторной работы 2 модулем анализа, который позволит:

- построить графики изменения загрузки сервера в зависимости от математического времени ожидания повторной заявки;
- построить графики изменения загрузки сервера в зависимости от отклонения времени повторной заявки;
- построить графики изменения загрузки рабочих станций в зависимости от среднего интервала отправки заявки;
- построить графики плотности распределения вероятности экспоненциального и нормального законов на основе алгоритмов, выбранных для их моделирования на ЭВМ в лабораторной работе 2.

#### Контрольные вопросы

1. Чем отличаются модемы от устройств DSU/CSU?
2. Предприятие решило создать собственную глобальную сеть. Какой тип глобальных связей будет наиболее эффективным, если предприятию необходимо соединить локальную сеть в штаб-квартире с тремя локальными сетями региональных подразделений, расположенных в разных городах?

Для логической структуризации сети используются коммуникационные устройства:

- мосты;
- коммутаторы;
- маршрутизаторы;
- шлюзы.

#### Задание

Напишите программу, позволяющую:

1. Задавать структуру сети.
2. Рассчитывать удвоенную задержку распространения сигнала между двумя самыми удаленными станциями.
3. Рассчитывать сокращения межкадрового интервала при прохождении последовательности кадров через все повторители.
4. Сравнивать рассчитанные показатели с критическими значениями и выводить результат пользователю.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое структурированная кабельная система?
2. Укажите в таблице применимость того или иного типа кабеля для разных подсистем:

Данные	Горизонтальная подсистема	Вертикальная подсистема	Подсистема кампуса
Неэкранированная витая пара			
Экранированная витая пара			
Толстый коаксиальный кабель			
Тонкий коаксиальный кабель			
Оптоволоконный кабель			
Беспроводная связь			

3. В чем отличие между резервированием связей маршрутизаторами, с одной стороны, и мостами, поддерживающими алгоритм Spanning Tree - с другой?

4. Пусть на предприятии имеются две изолированные рабочие группы, в каждой из которых имеется свой сервер. В каких случаях лучше использовать:

- два отдельных концентратора;
- два концентратора, объединенные в стек;
- один общий концентратор с большим количеством портов?

5. Каким образом коммутатор может управлять потоком пакетов, поступающих от сетевых адаптеров станций сети?

6. Существуют маршрутизаторы, работающие в режиме моста на некоторых портах. Как вы думаете, можно ли создать маршрутизатор или коммутатор, который способен работать в режиме концентратора на тех же портах, на которых выполняется маршрутизация?

## *Лабораторная работа 2* **Сетевой уровень как средство построения больших сетей**

Цель работы: закрепление теоретических знаний в области расчета производительности сети и определение влияющих на неё факторов.

### **Теоретические положения**

В функции сетевого уровня стандартной модели взаимодействия открытых систем входит решение следующих задач:

- передача пакетов между конечными узлами в составных сетях;
- выбор маршрута передачи пакетов, наилучшего по некоторому критерию;
- согласование разных протоколов канального уровня, использующихся в отдельных подсетях одной составной сети.

Протоколы сетевого уровня реализуются, как правило, в виде программных модулей и выполняются на конечных узлах – компьютерах, называемых *хостами*, а также на промежуточных узлах – маршрутизаторах, называемых *шлюзами*. Функ-

либо в бит/с (в англоязычной литературе в bps – bit per second,), либо в числе символов/с=байт/с (в англоязычной литературе в cps - characters per second). Скорость в бит/с всегда больше или равна скорости в бодах, причем отношение этих скоростей совпадает с числом бит, приходящихся на один бодовый интервал в том или ином методе модуляции. Произведение 3100 (стандартная полоса пропускания телефонной линии в Гц) на 9 (максимальное число бит, приходящихся на один бодовый интервал в методе модуляции QAM) все еще меньше 33 600 бит/с. Это означает необходимость использования более широкой полосы пропускания (и большей частоты смены посылок), что и является одной из особенностей стандарта V.34. Скорость в символах/с или байт/с (cps) нельзя получить просто делением на 8 скорости в бит/с, так как она учитывает «непроизводительные» потери (служебные поля в пакетах и интервалы между ними). Путем непосредственных измерений установлено, что при таком пересчете дополнительно должен использоваться множитель, немного превышающий 0,9 и зависящий от длины пакета (чем больше длина пакета, тем меньше «непроизводительные» потери).

Стандарт V.34 имеет две «версии», или редакции. В первой редакции стандарта от 1994 г. предусматривалась скорость передачи не выше 28 800 бит/с, во второй от 1998 г. этот предел был увеличен до 33 600 бит/с. Он практически полностью использует возможности, предоставляемые стандартными аналоговыми телефонными линиями. Дальнейший рост скорости передачи по линии возможен только при использовании линий с большей полосой пропускания, что и предусмотрено в стандарте V.90 для модемов со скоростью передачи до 56 Кбит/с, часто обозначаемых как V.90- или 56К-модемы. Стандарт V.90 на 56К-модемы утвержден ИТУ-Т в сентябре 1998 г. В результате дискретизации сигналов по амплитуде АЦП вносят заметный вклад в ухудшение отношения «сигнал – шум», скорость передачи в обоих направлениях одинакова (при самых благоприятных условиях до 33 600 бит/с). Однако если на одном из концов линии (у провайдера) использовать специальный цифровой V.90-модем, подключенный непосредственно к цифровой части

зователя принято называть вариантами решения проблемы «последней мили». Качество соединения на этом участке и его длина существенным образом сказываются на степени приближения реально достижимой скорости обмена для конечного пользователя к номинальной скорости для данной технологии.

Основные области применения модемов данного типа – доступ к Интернету, передача видео- и аудио-трафика, IP-телефония (голос и факсы) по виртуальным частным сетям (VPN).

Цифровые абонентские линии (Digital Subscriber Loop – xDSL) постепенно замещают аналоговые телефонные линии. Общие преимущества от перехода к цифровым методам обработки сигналов в данном случае дополняются заметным увеличением максимально доступной скорости передачи и реализацией постоянных (некоммутируемых) соединений. Некоторые из вариантов xDSL требуют использования четырехпроводной линии, другие могут функционировать на обычных двухпроводных линиях. Это позволяет организовать высокоскоростную передачу данных, не прибегая к замене старых абонентских линий и к прокладке новых выделенных каналов. Повышение скорости достигается за счет более полного использования полосы пропускания линии и усложнения алгоритма обработки передаваемой информации, в том числе ее уплотнения. При этом необходима замена оборудования в магистральной части линии и применение xDSL-модемов со стороны пользователя и провайдера.

Скорость в бодах (baudrate) представляет собой физическую частоту смены посылок. Она обычно ограничена полосой пропускания телефонной линии (от 300 до 3400 Гц, т.е. 3100 Гц). Частота несущей выбирается близкой к середине полосы пропускания телефонной линии; для стандарта V.34 предусмотрен ряд возможных частот несущей в диапазоне от 1600 до 2000 Гц («уход» в ту или иную сторону от центра полосы пропускания может несколько улучшить качество связи). Таким образом, бодовый интервал (длительность одной элементарной посылки) может содержать менее одного периода гармонического колебания. Информационная скорость передачи может задаваться

ции маршрутизаторов могут выполнять как специализированные устройства, так и универсальные компьютеры с соответствующим программным обеспечением.

Создание сложной, структурированной сети, интегрирующей различные базовые технологии, может осуществляться и средствами канального уровня. Для этого могут быть использованы некоторые типы мостов и коммутаторов. Мост или коммутатор разделяет сеть на сегменты, локализуя трафик внутри сегмента, что делает линии связи разделяемыми преимущественно между станциями данного сегмента. Тем самым сеть распадается на отдельные подсети, из которых могут быть построены составные сети достаточно крупных размеров.

Однако построение сложных сетей только на основе повторителей, мостов и коммутаторов имеет существенные ограничения и недостатки.

Во-первых, в топологии получившейся сети должны отсутствовать петли.

Во-вторых, логические сегменты сети, расположенные между мостами или коммутаторами, слабо изолированы друг от друга, а именно не защищены от так называемых широковещательных штормов.

В-третьих, в сетях, построенных на основе мостов и коммутаторов, достаточно сложно решается задача управления трафиком на основе значения данных, содержащихся в пакете. В таких сетях это возможно только с помощью пользовательских фильтров, для задания которых администратору приходится иметь дело с двоичным представлением содержимого пакетов.

В-четвертых, реализация транспортной подсистемы только средствами физического и канального уровней, к которым относятся мосты и коммутаторы, приводит к недостаточно гибкой одноуровневой системе адресации. В качестве адреса назначения используется MAC-адрес, жестко связанный с сетевым адаптером.

В-пятых, возможностью трансляции протоколов канального уровня обладают далеко не все типы мостов и коммутаторов. К тому же, эти возможности ограничены. В частности, в объединяемых сетях должны совпадать максимально допустимые раз-

меры полей данных в кадрах, так как мостами и коммутаторами не поддерживается функция фрагментации кадров.

Наличие серьезных ограничений у протоколов канального уровня показывает, что построение на основе средств этого уровня больших неоднородных сетей является весьма проблематичным. Естественное решение в этих случаях - это привлечение средств сетевого уровня.

Ограничения, связанные с применением мостов и коммутаторов (по топологии связей, а также ряд других), привели к тому, что в ряду коммуникационных устройств появился еще один тип оборудования — маршрутизатор (router). В терминологии Internet маршрутизатор часто называют шлюзом (gateway).

Между маршрутизатором и мостом существуют и принципиальные отличия:

- Маршрутизаторы работают не с физическими адресами пакетов (MAC-адресами), а с логическими сетевыми адресами (IP-адресами или IPX-адресами).

- Маршрутизаторы ретранслируют не всю входящую информацию, а только ту, которая адресована им лично, и отбрасывают (не ретранслируют) широковещательные пакеты, разделяя тем самым широковещательную область сети (Broadcast Domain). Все абоненты обязательно должны знать о присутствии в сети маршрутизатора. Они, в отличие от мостов и коммутаторов, не прозрачны для абонентов.

- Маршрутизаторы поддерживают сети с множеством возможных маршрутов (путей передачи информации) – так называемые *ячеистые сети* (meshed networks). Мосты же требуют, чтобы в сети не было петель, чтобы путь распространения информации между двумя любыми абонентами был единственным.

Размер сети с маршрутизаторами практически ничем не ограничен: ни допустимыми размерами зоны конфликтов, ни допустимым количеством широковещательных пакетов (которые могут просто не оставлять места для обычных, однопунктовых пакетов), ни возможными для коммутаторов и мостов разнообразными перегрузками. При этом легко обеспечиваются аль-

онными потоками, переносящими данные большого количества пользовательских соединений. В результате информация с помощью магистрали попадает в сеть доступа получателей, демultipлексируется там и коммутируется таким образом, что на входной порт оборудования пользователя поступает только та информация, которая ему адресована.

### **Информационные центры**

Информационные центры/центры управления сервисами — это собственные информационные ресурсы сети, на основе которых осуществляется обслуживание пользователей. В таких центрах может храниться информация двух типов:

- пользовательская информация, т.е. данные, которые непосредственно интересуют пользователей сети;
- вспомогательная служебная информация, позволяющая предоставлять пользователям некоторые услуги.

Компьютерные сети можно классифицировать по различным критериям. Деление на локальные и глобальные сети происходит по территориальному признаку, т.е. по размерам территории, которую покрывает сеть.

По назначению предоставляемых услуг сети можно классифицировать следующим образом:

- сети операторов связи (сети провайдеров услуг) – оказывают общедоступные услуги;
- корпоративные сети – предоставляют услуги только сотрудникам того предприятия, которое владеет сетью.

При построении корпоративной сети можно дополнить недостающие компоненты услугами и оборудованием, арендуемыми у владельцев первичной или телефонной сети.

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

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

По сложившейся терминологии различные методы и средства передачи информации на участке от провайдера, предоставляющего доступ к услугам глобальной сети, до конечного поль-

формационные ресурсы сети, на основе которых осуществляется обслуживание пользователей.

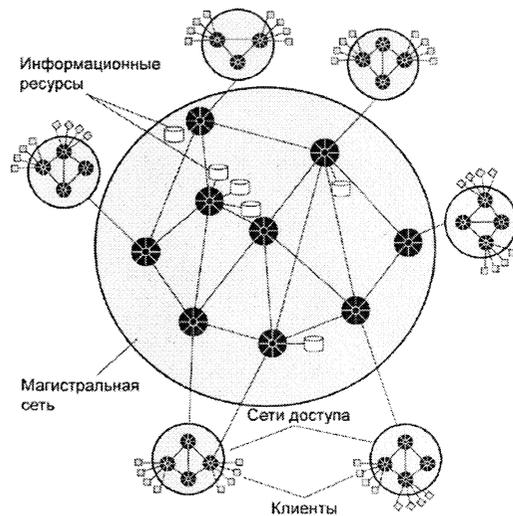


Рис. 3. Структура телекоммуникационной сети

### Сеть доступа

Сеть доступа представляет собой нижний уровень иерархии телекоммуникационной сети.

К этой сети подключаются конечные (терминальные) узлы – оборудование, установленное у пользователей (абонентов, клиентов) сети. В случае компьютерной сети конечными узлами являются компьютеры, в случае телефонной сети – телефонные аппараты, в случае телевизионной или радиосети – соответствующие теле- или радиоприемники.

### Магистральная сеть

Магистральная сеть объединяет отдельные сети доступа, выполняя функции транзита трафика между ними по высокоскоростным каналам. Коммутаторы магистралей могут оперировать не только информационными соединениями между отдельными пользователями, но и агрегированными информаци-

тернативные, дублирующие пути распространения информации для увеличения надежности связи.

Для принятия решения о выборе маршрута каждый маршрутизатор формирует в своей памяти таблицы данных, которые содержат:

- номера всех сетей, подключенных к данному маршрутизатору;
- список всех соседних маршрутизаторов;
- список MAC-адресов и IP (IPX)-адресов всех абонентов сетей, подключенных к маршрутизатору. Этот список автоматически обновляется, как и в случае мостов и коммутаторов.

Кроме того, список всех доступных маршрутизаторов должен быть у каждого абонента сети.

Маршрутизаторы также легко преобразуют скорости передачи, связывая, например, между собой сети Ethernet, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet.

### Задание

ЛВС состоит из сервера и 8 рабочих станций. Поток заявок от рабочих станций распределен по закону Пуассона со средним интервалом 15, 12, 17, 17, 20, 20, 30 с соответственно. Время обработки заявки распределено по экспоненциальному закону с таким же средним. Сервер обрабатывает одновременно до 8 заявок. На каждой рабочей станции создается очередь в 2 заявки, новые заявки от пользователей не принимаются рабочей станцией до освобождения места в очереди. Повторно заявка посылается на сервер через промежуток времени, распределенный по нормальному закону со средним 20 с и отклонением 3 с.

1. Написать программу, моделирующую ЛВС.
2. Оценить загрузку сервера и рабочих станций за 8 ч работы.
3. Подсчитать общее количество обработанных и необработанных заявок.

## Контрольные вопросы

1. В чем состоит отличие задач, решаемых протоколами сетевого уровня в локальных и глобальных сетях?
2. Сравните таблицу моста/коммутатора с таблицей маршрутизатора. Каким образом они формируются? Какую информацию они содержат? От чего зависит их объем?
3. Таблица маршрутизации содержит записи о сетях назначения. Должна ли она содержать записи обо всех сетях составной сети или только о некоторых? Если только о некоторых, то о каких именно?
4. Может ли в таблице маршрутизации иметься несколько записей о маршрутизаторах по умолчанию?
5. Сколько уровней имеет стек протоколов TCP/IP? Каковы их функции? Какие особенности этого стека обуславливают его лидирующее положение в мире сетевых технологий?
6. Какие протоколы стека TCP/IP относятся к уровню Internet (уровню межсетевого взаимодействия)?
7. В чем проявляется ненадежность протокола IP?
8. Могут ли быть обнаружены ошибки на уровне Internet? Могут ли они быть исправлены средствами этого уровня?
9. В чем особенности реализации алгоритма скользящего окна в протоколе TCP?

## Лабораторная работа 3 Глобальные сети

**Ц е л ь р а б о т ы :** закрепить теоретические навыки при работе со стеком протоколов TCP/IP, изучить возможности контроля работы сети.

### Теоретические положения

Ярко выраженная в последнее время тенденция сближения различных типов сетей характерна не только для локальных и глобальных компьютерных сетей, но и для телекоммуникационных сетей других типов.

К телекоммуникационным сетям в настоящее время можно отнести:

- телефонные сети;
- радиосети;

- телевизионные сети;
- компьютерные сети.

Во всех этих сетях предоставляемым клиентам ресурсом является информация (см. табл. 1).

Таблица 1

Вид телекоммуникационной сети	Вид услуг	Вид представления информации
Телефонные сети	Интерактивные услуги	Только голосовая информация
Радиосети	Широковещательные услуги	Только голосовая информация
Телевизионные сети	Широковещательные услуги	Голос и изображение
Компьютерные сети		Алфавитно-цифровое представление

Таблица 1 характеризует изначальное распределение вида услуг и формы представления информации в сетях разного типа.

Сегодня по многим направлениям идет конвергенция разных видов телекоммуникационных сетей.

Телекоммуникационная сеть (рис. 3) в общем случае включает следующие компоненты:

- сеть доступа (access network) — предназначена для концентрации информационных потоков, поступающих по многочисленным каналам связи от оборудования пользователей в сравнительно небольшом количестве узлов магистральной сети;
- магистраль (backbone или core network) — объединяет отдельные сети доступа, обеспечивая транзит трафика между ними по высокоскоростным каналам;
- информационные центры или центры управления сервисами (data centers или services control point) – собственные ин-