

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
"Томский государственный архитектурно-строительный  
университет"

А.И. Гедике, Н.В. Лаходынова

**ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ**

Учебно-методическое пособие

Томск  
2016

**Гедике, А.И.** Основы организации и функционирования компьютерных сетей: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / А.И. Гедике, Н.В. Лаходынова – Томск, 2016. – 78 с.

Рассматриваются основные вопросы, связанные с организацией и функционированием компьютерных сетей. Главное внимание уделено отличительным особенностям различных типов компьютерных сетей в плане технологий передачи информации.

Предназначено для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения, изучающих дисциплины "Вычислительная техника и сети в отрасли", "Компьютерные системы и сети", "Вычислительные системы, сети и телекоммуникации".

Табл. – 3, рис. – 26, библиогр. список – 12 назв.

#### **Рецензенты:**

**В.А. Воробьёв**, д.т.н., профессор кафедры прикладной математики и высокопроизводительных вычислений Института математики, информационных и космических технологий Северного арктического федерального университета;

**Н.Д. Сосновский**, к.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной математики Томского государственного архитектурно-строительного университета.

- © Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2016
- © А.И. Гедике,  
Н.В. Лаходынова, 2016

# Содержание

<b>Введение.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Компьютерные сети. Основные понятия.....</b>	<b>6</b>
1.1. Предпосылки создания и назначение компьютерных сетей.....	6
1.2. Каналы передачи данных .....	7
1.3. Принципы организации и функционирования компьютерных сетей.....	9
1.4. Модель взаимодействия открытых систем.....	11
1.5. Протоколы передачи данных .....	15
1.6. Классификация компьютерных сетей .....	16
1.7. Программное обеспечение компьютерных сетей .....	19
Вопросы для самопроверки.....	21
<b>2. Локальные компьютерные сети .....</b>	<b>21</b>
2.1. Основные понятия .....	21
2.2. Одноранговые сети .....	23
2.3. Сети с выделенным сервером .....	24
2.4. Топология локальных сетей.....	25
Вопросы для самопроверки.....	31
<b>3. Глобальные компьютерные сети .....</b>	<b>32</b>
3.1. Принципы построения.....	32
3.2. Технологии передачи данных в глобальных сетях.....	37
3.3. Глобальная сеть Интернет.....	39
3.4. Адресация в сети Интернет.....	41
3.5. Стандарты сети Интернет .....	45
3.6. Использование масок в сети Интернет .....	49
Вопросы для самопроверки.....	52
<b>4. Методические указания к лабораторным работам .....</b>	<b>53</b>
4.1. Установка и запуск программы NetEmul .....	53
4.2. Интерфейс программы NetEmul .....	54
<b>5. Лабораторная работа 1. Моделирование компьютерной     сети с топологией "звезда" .....</b>	<b>55</b>
5.1. Соединение двух компьютеров.....	55

5.2. Построение и тестирование компьютерной сети с топологией "звезда" .....	59
<b>6. Лабораторная работа 2. Использование маршрутизатора .....</b>	<b>59</b>
6.1. Объединение локальных компьютерных сетей .....	59
6.2. Настройка маршрутизатора .....	61
6.3. Тестирование сети .....	61
6.4. Объединение сетей разных классов .....	64
<b>7. Варианты контрольной работы.....</b>	<b>66</b>
<b>Библиографический список.....</b>	<b>77</b>

## Введение

Широкое распространение вычислительной техники и компьютерных сетей в самых различных сферах человеческой деятельности даёт возможность существенно повысить эффективность управленческих и производственных процессов, избавиться от лишней документации, обеспечить согласованную работу всех подразделений предприятия или отрасли.

Необходимость создания компьютерных сетей вызвана практической потребностью пользователей, удалённых друг от друга, работать с одной и той же информацией, быстро обмениваться данными, совместно использовать дорогостоящее оборудование и многофункциональные программные комплексы.

В соответствии с программой дисциплин "Вычислительная техника и сети в отрасли", "Компьютерные системы и сети", "Вычислительные системы, сети и телекоммуникации" студенты должны овладеть основными понятиями, касающимися компьютерных сетей, получить представление о принципах их создания и функционирования.

С целью контроля знаний студенты должны выполнить две лабораторные и одну контрольную работы, которые помогут получить наглядное представление о работе коммутационного оборудования компьютерной сети и процессах передачи информации, а также закрепить теоретический материал.

Лабораторные работы предлагается выполнить в свободно распространяемой программе NetEmul, которая даёт возможность построить виртуальную компьютерную сеть и анимировать процессы передачи информации. Выполнение заданий следует оформить в виде отчёта в текстовом редакторе с использованием экранных образов (скриншотов).

Контрольную работу, включающую три теоретических вопроса и одно практическое задание, нужно (в соответствии с вариантом) представить в печатной и электронной формах.

# 1. Компьютерные сети. Основные понятия

## 1.1. Предпосылки создания и назначение компьютерных сетей

Жизнь современного общества невозможно представить без обработки больших объёмов разнородной информации. Это обстоятельство требует наглядных форм представления и удобных средств хранения информации, высокой скорости её обработки, а также возможности удаленного доступа к информационным, программным и аппаратным ресурсам.

Переход от *централизованной обработки данных* на отдельных ЭВМ к *распределённой обработке данных*, выполняемой на связанных между собой независимых компьютерах, стал возможным благодаря повсеместному распространению персональных компьютеров (ПК).

Современные высокопроизводительные ПК стали средством коммуникации, что позволяет создавать единое информационное пространство для многих пользователей.

Основным назначением компьютерной сети является обеспечение простого и удобного доступа пользователя к распределённым общесетевым ресурсам и организация их коллективного использования при надёжной защите от несанкционированного доступа, а также обеспечение передачи информации между пользователями сети.

В соответствии с назначением компьютерной сети, её определение можно сформулировать следующим образом.

***Компьютерной сетью*** называется совокупность взаимосвязанных через каналы передачи данных компьютеров, обеспечивающих пользователей средствами обмена информацией и коллективного использования общесетевых ресурсов.

Под *каналом передачи данных (каналом связи)* понимается физическая среда (материал или пространство), обеспечивающая распространение сигналов, и аппаратные средства, пере-

дающие информацию в форме сигналов через эту физическую среду от одного узла связи к другому.

К общесетевым относятся совместно используемые аппаратные, программные и информационные ресурсы сети. Это могут быть, например, спецпроцессоры для математических вычислений, магнитные диски и оперативная память большой ёмкости, высококачественные принтеры и сканеры, офисные и бухгалтерские программные системы, базы данных и т. п.

## 1.2. Каналы передачи данных

Как отмечалось выше, канал передачи данных (канал связи) представляет собой физическую среду, в которой распространяются сигналы, и совокупность технических устройств, передающих сигналы через эту физическую среду.

Физическая среда может быть одного из двух типов:

- 1) проводная;
- 2) беспроводная.

В качестве *проводной среды* в компьютерных сетях могут использоваться кабели следующих типов:

- витая пара (неэкранированная, экранированная);
- коаксиальный кабель (тонкий, толстый);
- оптоволоконный кабель.

**Витая пара** – это вид кабеля, который состоит из двух скрученных между собой изолированных проводов либо из нескольких таких пар, покрытых пластиковой оболочкой.

Скручивание проводников (с небольшим числом витков на единицу длины) производится с целью уменьшения влияния внешних электромагнитных помех на передаваемые сигналы, а также уменьшения взаимных наводок при их передаче.

Основное достоинство витой пары – дешевизна, основные недостатки – плохая помехозащищенность (даже у экранированной витой пары) и низкая скорость передачи данных.

**Коаксиальный кабель** состоит из проводящей жилы, слоя изоляции, металлической оплётки и внешней оболочки.

По сравнению с витой парой коаксиальный кабель обладает более высокой механической прочностью и помехозащищённостью, но его стоимость гораздо выше.

Толстый кабель прочнее тонкого и передаёт сигналы на более далёкое расстояние, зато тонкий кабель дешевле.

**Оптоволоконный кабель** является идеальной передающей средой. Он не подвержен действию электромагнитных полей, сам практически не излучает и обеспечивает наибольшую скорость передачи информации.

Однако, по сравнению с предыдущими типами проводной физической среды оптоволоконный кабель стоит значительно дороже и менее технологичен в эксплуатации.

Отметим, что для построения *кабельной* компьютерной сети обычно используются следующие простейшие устройства: **баррел-коннекторы** – цилиндрические соединители для кусков кабеля (недостатком их использования является ослабление сигнала); **репитеры** – устройства, обеспечивающие сохранение формы и амплитуды сигнала при передаче его на большие расстояния; **концентраторы** – устройства, коммутирующие несколько внутренних каналов связи на один внешний.

В качестве *беспроводной среды* в компьютерных сетях могут использоваться:

- инфракрасное излучение (направленное, рассеянное, отражённое);
- лазерный луч;
- радиопередача (в узком или в рассеянном спектре).

**Инфракрасное излучение** позволяет передавать сигналы с большой скоростью, но нужно генерировать очень сильный сигнал, чтобы уменьшить влияние различных помех.

**Лазерный луч** требует прямой видимости между передатчиком и приёмником.



**Радиопередача** является довольно медленным способом передачи данных и подвержена влиянию атмосферных помех, зато может охватывать территории с большой площадью.

Обычно беспроводная физическая среда используется не для всей компьютерной сети, а как компонента для взаимодействия тех её частей, в которых средой передачи является кабель. При этом обмен сигналами между компьютерами с беспроводным соединением и другими сегментами сети обеспечивают специальные устройства, называемые **трансиверами**.

С увеличением числа мобильных пользователей возрастает потребность в создании новых средств оперативного обмена информацией между ними. Поэтому, весьма актуальным является развитие технологий беспроводных коммуникаций.

### **1.3. Принципы организации и функционирования компьютерных сетей**

Компьютерную сеть можно рассматривать как совокупность абонентских систем и коммуникационной сети.

**Абонентская система** включает в себя станцию и подключённых к ней абонентов сети. *Станция* представляет собой аппаратуру, которая обеспечивает приём и передачу информации, а также выполняет функции, связанные с контролем качества приёма-передачи. *Абонентами сети* называются объекты (например, персональные компьютеры), генерирующие или использующие информацию, передаваемую по сети.

**Коммуникационная сеть** представляет собой совокупность каналов связи и коммутационного оборудования, а также передатчиков и приёмников, расположенных в узлах сети и обеспечивающих передачу и приём сообщений.

Здесь: *передатчик* – это устройство, являющееся источником данных; *приёмник* – устройство, принимающее данные; *сообщение* – цифровые данные, представленные в определённом формате, предназначенном для передачи и приёма.

Направляемые в сеть сообщения оформляются в виде специальных **пакетов**, каждый из которых представляет собой блок информации, передаваемый между узлами сети как единое целое. При этом длинные сообщения разбиваются на несколько пакетов, а короткие сообщения упаковываются в один.

Структурно пакет состоит из трёх частей: заголовок, данные, трейлер. *Заголовок* содержит адрес источника, адрес получателя, инструкцию о дальнейшем маршруте передачи пакета, сведения о том, как восстановить сообщение в исходном виде, и другую служебную информацию. *Данные* представляют собой блок информации фиксированного размера, зависящего от типа сети. *Трейлер* содержит информацию для проверки, правильно был доставлен пакет получателю или с ошибками.

**Сетевым трафиком** называется суммарное количество битов информации, проходящее между узлами связи в коммуникационной сети за определённый промежуток времени. Сетевой трафик напрямую связан с эффективным функционированием сети в целом, т. е. чем он интенсивней, тем совершеннее должно быть аппаратное и программное обеспечение сети.

Для обеспечения обмена информацией между компьютером и коммуникационной сетью требуется согласовать внутренние сигналы компьютера с параметрами сигналов, передаваемых по каналам связи. Технические устройства, выполняющие такое согласование, называются **сетевыми адаптерами**.

При использовании *аналогового* канала связи на передающем компьютере необходимо выполнить преобразование информации из двоичной формы представления (потока битов) в аналоговые сигналы, а на принимающем компьютере требуется выполнить обратное преобразование. Специальное устройство – **модем**, осуществляющее модуляцию и демодуляцию сигналов, решает эту проблему.

Непосредственное функционирование компьютерной сети заключается в передаче данных между компьютерами и в этом процессе можно выделить следующие основные задачи:

- распознавание данных;
- разбиение (при необходимости) данных на блоки;
- оформление блоков данных в виде пакетов, т. е. добавление информации о местонахождении отправляемых данных и получателей, информации для синхронизации передачи и проверки ошибок, а также другой необходимой информации;
- размещение пакетов в сети и отправка их по заданному адресу;
- приём пакетов и восстановление данных.

При выполнении этих задач сетевая операционная система должна руководствоваться специально разработанными стандартами, называемыми протоколами передачи данных. Эти стандарты обеспечивают совместимость, т. е. нормальное взаимодействие аппаратных компонентов сети и программного обеспечения, поэтому необходимо, чтобы ими руководствовались все производители ПК и средств коммуникации.

#### **1.4. Модель взаимодействия открытых систем**

Теоретической базой для построения *совместимых* компьютерных сетей является модель взаимодействия открытых систем, отражающая самые общие рекомендации разработчикам, которые должны быть реализованы как в аппаратуре, так и в программных средствах каждой компьютерной сети.

**Модель взаимодействия открытых систем** (*Open Systems Interconnection Reference Model – OSI*) определяет процедуры передачи данных между системами, которые совместимы друг с другом благодаря совместному использованию одних и тех же стандартов, хотя сами системы могут быть реализованы с использованием разных технических и программных средств.

Эти стандарты сконцентрированы в системе открытых спецификаций. Спецификация представляет собой формальное описание аппаратных и программных средств, способов их эксплуатации, функционирования и взаимодействия. Специфика-

ция называется открытой, если она общедоступна и соответствует общепринятым стандартам. Для создания компьютерных сетей, в которых совместно используются продукты разных производителей, открытыми должны быть отдельные компоненты, поддерживающие внешние интерфейсы.

Модель OSI состоит из следующих семи уровней:

- 7-й уровень – прикладной;
- 6-й уровень – представительский;
- 5-й уровень – сеансовый;
- 4-й уровень – транспортный;
- 3-й уровень – сетевой;
- 2-й уровень – канальный;
- 1-й уровень – физический.

Передаваемая по сети информация должна быть оформлена в виде одного или нескольких пакетов.

На передающем компьютере каждый пакет формируется путём последовательного прохождения через все уровни модели OSI сверху вниз. Затем пакет передаётся по каналу связи на компьютер-получатель и опять проходит все уровни модели, но уже в обратном порядке.

На каждом уровне модели OSI выполняются определённые сетевые функции. Чем выше уровень, тем более сложную задачу он решает.

Отметим также, что каждому уровню модели OSI соответствуют свои протоколы передачи данных.

**Прикладной** уровень обеспечивает услуги, напрямую поддерживающие приложения пользователя, такие, например, как программное обеспечение для передачи файлов, доступа к базам данных, электронная почта и т. п. Он управляет общим доступом к сети, потоком данных и обработкой ошибок.

**Представительский** уровень определяет формат, используемый для обмена данными между сетевыми компьютерами. При этом на компьютере-отправителе данные, поступившие от его прикладного уровня, переводятся в общепонятный проме-

жуточный формат, а на компьютере-получателе происходит перевод из промежуточного формата в тот, который используется его прикладным уровнем. Кроме того, представительский уровень управляет сжатием данных для уменьшения числа передаваемых битов.

**Сеансовый** уровень позволяет двум приложениям на разных компьютерах устанавливать, использовать и завершать соединение, называемое сеансом связи. На этом уровне выполняется управление диалогом между взаимодействующими процессами (распознаются имена, регулируется, какая из сторон осуществляет передачу, когда, как долго и т. д.).

**Транспортный** уровень обеспечивает доставку пакетов без ошибок, в исходной последовательности, без потерь и дублирования. При передаче сообщения переупаковываются (длинные разбиваются на несколько пакетов, короткие объединяются в один пакет), а при приёме – восстанавливаются в первоначальном виде.

**Сетевой** уровень отвечает за адресацию сообщений и перевод логических адресов и имён в физические адреса, т. е. здесь определяется маршрут от компьютера-отправителя к компьютеру-получателю. При этом осуществляется преобразование информационных пакетов в логически организованные структуры – *кадры (frames)* данных.

**Канальный** уровень обеспечивает точность передачи кадров между компьютерами через физический уровень. Канальный уровень компьютера-передатчика передаёт кадры своему физическому уровню, который воспринимает их и передаёт в канал связи как неструктурированный поток битов. Канальный уровень компьютера-получателя упаковывает неструктурированный поток битов, поступающий от его физического уровня, в кадры данных, обнаруживает ошибки передачи и реализует (при необходимости) восстановление информации. На этом уровне выделяют два подуровня: управления логической связью и управления доступом к среде.

Подуровень *управления логической связью* обеспечивает управление потоком данных. Он устанавливает канал связи и определяет использование логических точек доступа к услугам. Другие компьютеры, ссылаясь на эти точки, могут передавать информацию с данного подуровня модели OSI на верхние уровни этой модели.

Подуровень *управления доступом к среде* обеспечивает совместный доступ плат сетевого адаптера к физическому уровню и отвечает за безошибочную передачу данных между двумя узлами сети.

**Физический** уровень осуществляет передачу неструктурированного потока битов через канал связи от одного компьютера к другому. Он устанавливает способ перевода каждого бита в соответствующие электрические или оптические импульсы и гарантирует, что передаваемая единица будет воспринята компьютером-получателем именно как единица, а не ноль.

Отметим, что два нижних уровня модели OSI устанавливают, каким образом несколько компьютеров могут одновременно использовать сеть, не мешая при этом друг другу.

Таким образом, на передающем компьютере каждый уровень модели OSI (кроме физического) добавляет к информации от прикладного процесса свою часть заголовка, т. е. служебную информацию, которая необходима для адресации сообщений, а также выполнения и контроля определённых сетевых функций.

После этого, обрaмлённое заголовком и трейлером сообщение направляется в коммуникационную сеть.

Каждая абонентская станция, принявшая сообщение, дешифрует адреса и определяет, предназначено ли ей данное сообщение. Если да, то происходит обратный процесс – чтение заголовка соответствующими уровнями модели OSI. При этом каждый уровень реагирует только на свою часть заголовка, т. е. части заголовка других уровней не воспринимаются (как бы невидимы) на данном уровне.

Изложенный процесс передачи и приёма сообщений в соответствии с моделью OSI представлен на рис. 1.1.

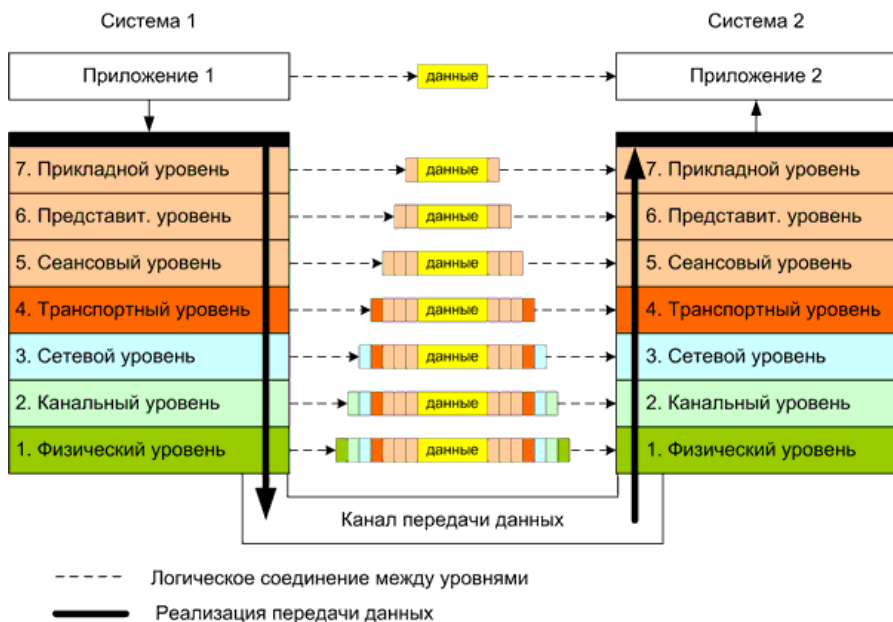


Рис. 1.1. Передача данных согласно модели OSI

## 1.5. Протоколы передачи данных

Чтобы обеспечить взаимопонимание компьютеров различных типов, подключённых к сети, нужно придерживаться определённых соглашений при обмене информацией между ними.

Правила и технические процедуры, позволяющие нескольким компьютерам при объединении в сеть общаться друг с другом, называются **протоколами передачи данных**.

Следует выделить три основных момента, касающихся протоколов.

1. Существует великое множество протоколов. И хотя все они участвуют в организации связи, каждый протокол имеет определённые цели, выполняет отличные от других протоколов задачи, обладает своими преимуществами и ограничениями.

2. Протоколы работают на разных уровнях модели OSI. Функции протокола определяются уровнем, на котором он работает.

3. Несколько протоколов могут работать совместно и образовывать так называемый стек протоколов. При этом уровни в стеке протоколов соответствуют уровням модели OSI.

Например, стек протоколов TCP/IP управляет передачей данных и в локальных сетях, и в глобальной сети Интернет. Данный стек формально содержит 4 уровня (на рис. 1.1 они разного цвета), каждый из которых содержит в себе один или несколько уровней эталонной модели OSI. Более подробно стек протоколов TCP/IP рассматривается в п. 3.5 данного пособия.

Передача данных по сети с технической точки зрения состоит из ряда шагов, каждому из которых соответствуют свои протоколы. Эти шаги должны быть выполнены в одной и той же последовательности на каждом сетевом компьютере. На компьютере-отправителе все действия выполняются в направлении сверху вниз, а на компьютере-получателе – снизу вверх. И компьютеру-отправителю и компьютеру-получателю необходимо выполнять каждое действие некоторого уровня одинаковым способом, используя один и тот же протокол, чтобы полученные данные совпали с отправленными.

## **1.6. Классификация компьютерных сетей**

По размеру охватываемой территории, на которой размещены компоненты компьютерной сети, выделяют:

- 1) локальные сети;
- 2) региональные сети;
- 3) глобальные сети.



**Локальные сети** связывают абонентов одного или нескольких близлежащих зданий одного предприятия или учреждения. Компьютеры в локальной сети обычно соединяют единым высокоскоростным каналом связи, таким, например, как коаксиальный или оптоволоконный кабель.

**Региональные сети** объединяют пользователей города, области или даже небольшой страны, удалённых друг от друга на расстояния в пределах от 10 до 1000 км. В качестве каналов связи чаще всего используются телефонные линии.

**Глобальные сети** предоставляют услуги связи пользователям, находящимся на значительных расстояниях, практически в любом месте нашей планеты. Взаимодействие между абонентами такой сети может осуществляться на базе телефонных линий, радиосвязи и систем спутниковой связи. Глобальные компьютерные сети очень многое унаследовали от других, гораздо более старых телефонных глобальных сетей.

Сегодня глобальные компьютерные сети по разнообразию и качеству предоставляемых услуг сравнимы с локальными сетями, которые долгое время лидировали в этом отношении.

Объединение локальных, региональных и глобальных сетей позволяет создавать многосетевые иерархии. Локальные сети могут входить как компоненты в состав региональной сети, региональные сети могут подключаться к глобальной сети и, наконец, глобальные сети могут также образовывать сложные структуры.

Для подключения компьютера к компьютерной сети через проводной канал связи могут использоваться сетевые концентраторы (*хабы*) или сетевые коммутаторы (*свитчи*).

**Сетевой концентратор** – это устройство, предназначенное для объединения нескольких компьютеров в общий сегмент сети. Концентратор передаёт данные от одного подключённого к сети компьютера ко всем остальным компьютерам.

**Сетевой коммутатор** – это устройство, предназначенное для соединения нескольких узлов компьютерной сети в преде-

лах одного сегмента. Коммутатор (в отличие от концентратора) передаёт данные только непосредственно получателю, что повышает производительность и безопасность сети, избавляя остальные сегменты сети от необходимости (и возможности) обрабатывать данные, которые им не предназначаются.

Два способа подсоединения компьютера к сети посредством витой пары (с указанием цвета соединяемых проводов) приведены в табл. 1.1.

*Таблица 1.1*

### **Подсоединение компьютера к проводной сети**

<b>Прямой обжим</b> <b>(подсоединение компьютер – хаб)</b>	
коричневый бело-коричневый зелёный бело-синий синий бело-зелёный оранжевый бело-оранжевый	бело-оранжевый оранжевый бело-зелёный синий бело-синий зелёный бело-коричневый коричневый
<b>Косой обжим</b> <b>(подсоединение компьютер – компьютер или хаб – хаб)</b>	
коричневый бело-коричневый зелёный бело-синий синий бело-зелёный оранжевый бело-оранжевый	бело-оранжевый зелёный бело-зелёный синий бело-синий оранжевый бело-коричневый коричневый

Одной из современных беспроводных технологий соединения компьютеров в локальную сеть и подключения их к гло-

бальной сети Интернет является *технология Wi-Fi* (*Wireless fidelity* – высокая точность беспроводной передачи данных).

Сегмент Wi-Fi сети может использоваться как самостоятельная сеть либо в составе более сложной сети, содержащей как беспроводные, так и обычные проводные сегменты. Для построения беспроводной сети используются Wi-Fi адаптеры и точки доступа.

**Wi-Fi адаптер** представляет собой устройство, которое подключается через слот расширения, например, PCI или порт USB. Wi-Fi адаптер выполняет ту же функцию, что и сетевая карта (сетевой адаптер) в проводной сети.

**Точка доступа** представляет собой автономный модуль со встроенным микрокомпьютером и приёмо-передающим устройством. Через точку доступа осуществляется взаимодействие и обмен информацией между беспроводными адаптерами, а также связь с проводным сегментом сети.

Поскольку региональные сети не имеют принципиальных особенностей построения, функционирования и технологий передачи информации, в данном учебном пособии ограничимся рассмотрением локальных и глобальных сетей.

## **1.7. Программное обеспечение компьютерных сетей**

**Программное обеспечение (ПО)** компьютерных сетей предназначено для организации коллективного доступа к вычислительным и информационным ресурсам сети, а также динамического распределения и перераспределения ресурсов сети с целью повышения оперативности обработки информации при интенсивном трафике или в случаях выхода из строя отдельных аппаратных компонентов сети.

Программное обеспечение компьютерных сетей включает три компонента.

1. Общее программное обеспечение, образуемое базовым ПО отдельных компьютеров, входящих в состав сети.

2. Специальное программное обеспечение, в состав которого входят прикладные программные средства, учитывающие специфику предметной области при реализации пользовательских задач, например, задач анализа, прогноза или управления.

3. Системное сетевое программное обеспечение, представляющее собой комплекс программных средств, поддерживающих и координирующих взаимодействие всех ресурсов компьютерной сети как единой системы.

Особая роль в ПО компьютерной сети отводится системному сетевому программному обеспечению, функции которого реализуются распределённой *сетевой операционной системой (ОС)*, обеспечивающей:

- межпрограммный метод доступа (возможность организации связи между отдельными прикладными программами комплекса, реализуемыми в различных узлах сети);
- доступ отдельных прикладных программ к ресурсам сети (и в первую очередь к устройствам ввода-вывода);
- синхронизацию работы прикладных программных средств в условиях их одновременного обращения к одному и тому же вычислительному ресурсу;
- обмен наборами данных (файлами) между ЭВМ сети;
- защиту данных и вычислительных ресурсов сети от несанкционированного доступа.

В 1990-е годы практически все операционные системы, занимающие заметное место на рынке, стали сетевыми. Сетевые функции сегодня встраиваются в ядро ОС и являются его неотъемлемой частью.

Наиболее широкое распространение получили сетевые операционные системы Windows NT, Windows XP, Server 2003, Server 2008 фирмы Microsoft и NetWare фирмы Novell.

Кроме того, стали создаваться сетевые операционные системы с открытым исходным программным кодом (например, Linux), которые применяются для создания серверов в глобальных компьютерных сетях, в частности, в сети Интернет.

Операционные системы будущего должны обеспечить высокий уровень прозрачности сетевых ресурсов, взяв на себя задачу организации распределённых вычислений, и превратить компьютерную сеть в виртуальный компьютер.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что называется компьютерной сетью? В чём заключается основное назначение компьютерной сети?
2. Что понимается под абонентской станцией и коммуникационной сетью? Что называется сетевым трафиком?
3. Для чего предназначены сетевые адаптеры и модемы?
4. В чём заключается отличие баррел-коннекторов от репитеров?
5. Что такое модель взаимодействия открытых систем?
6. Для чего предназначены протоколы передачи данных? Какова их связь с моделью OSI?
7. Что такое канал передачи данных? Какие типы каналов используются в компьютерных сетях?
8. Какая принята классификация компьютерных сетей в зависимости от размера охватываемой ими территории?
9. Какие устройства используются для подсоединения компьютера к сети через проводной канал связи?
10. Что такое Wi-Fi адаптер и точка доступа?

## **2. Локальные компьютерные сети**

### **2.1. Основные понятия**

Локальные сети связывают компьютеры, размещённые на небольшом расстоянии друг от друга. Главными отличительными особенностями локальной сети являются наличие единого высокоскоростного канала передачи данных и малая вероятность возникновения ошибок в коммутационном оборудовании.

Локальную сеть можно рассматривать как совокупность серверов и рабочих станций.

**Сервер** – это компьютер, подключённый к сети и обеспечивающий её пользователей определёнными ресурсами (услугами). Здесь под *ресурсами* понимаются данные и приложения (программные продукты), хранящиеся на дисках сети, и периферийные устройства, такие как мощный дисковод, качественный принтер, сканер и т. п.

Например, *файл-сервер* хранит данные пользователей сети и обеспечивает им доступ к этим данным. Это компьютер с большой ёмкостью оперативной памяти, жёсткими дисками большой ёмкости и, быть может, с дополнительными накопителями (компакт-дисками, флеш-накопителями и пр.).

**Рабочая станция** – это персональный компьютер, подключённый к сети, через который пользователь получает доступ к её ресурсам и который может функционировать как в сетевом, так и в локальном режиме.

Распределённую обработку информации в локальных сетях обеспечивает **модель "клиент-сервер"**. Сеть, поддерживающая данную модель (с архитектурой клиент-сервер), – это среда, в которой компьютер-клиент формирует запрос на обработку данных компьютеру-серверу, а сервер выполняет этот запрос и передаёт результаты компьютеру-клиенту.

Основными преимуществами локальных сетей являются:

- возможность хранения данных персонального и общего использования на дисках файл-сервера;
- возможность постоянного хранения программных средств, необходимых многим пользователям, в единственном экземпляре на дисках файл-сервера;
- обмен информацией между всеми компьютерами, подсоединёнными к сети;
- возможность печати документов всеми пользователями сети на общесистемных принтерах (одном или нескольких);

– обеспечение доступа пользователя с любого компьютера локальной сети к ресурсам глобальных сетей при наличии единственного коммуникационного узла глобальной сети.

Локальные сети подразделяются на два типа:

- 1) одноранговые сети;
- 2) сети с выделенным сервером.

Следует отметить, что архитектура клиент-сервер может использоваться как в одноранговых сетях, так и в сетях с выделенным сервером.

## 2.2. Одноранговые сети

Одноранговые сети (по другому называемые *рабочими группами*) обычно используются, когда количество ПК не превышает 10, все они расположены компактно, расширение сети в обозримом будущем не планируется и вопросы защиты данных не критичны.

В одноранговой сети все компьютеры равноправны. Каждый компьютер функционирует и как клиент, и как сервер. При этом каждый пользователь выполняет функции администратора, т. е. самостоятельно решает, какие ресурсы на своём компьютере сделать общедоступными по сети.

Для соединения компьютеров в одноранговую сеть применяется простая кабельная система (см. рис. 2.1).



Рис. 2.1. Одноранговая сеть

*Достоинствами* одноранговой сети являются низкая стоимость и высокая надёжность, *недостатками* – зависимость эффективности функционирования сети от количества рабочих станций, сложность управления сетью, сложность обеспечения защиты информации, невозможность синхронного обновления или изменения программного обеспечения рабочих станций.

Сетевыми ОС, поддерживающими одноранговые сети без дополнительного программного обеспечения, являются, например, Windows 98/ NT/ 2000/ XP/ Vista (все разработаны фирмой Microsoft), а также NetWare фирмы Novell.

### **2.3. Сети с выделенным сервером**

***Выделенным (сетевым) сервером*** называется компьютер, который функционирует только как сервер, исключая функции рабочей станции (клиента).

Такой компьютер выполняет функции хранения данных, предназначенных для использования всеми рабочими станциями, управления взаимодействием между рабочими станциями и ряд сервисных функций. На нём устанавливается сетевая операционная система, к нему подключаются все разделяемые внешние устройства – жёсткие диски, принтеры, сканеры и т. д.

В сетях с выделенным сервером операционная система (наряду с функциями, присущими обычной ОС), должна обеспечивать защиту размещаемых на сервере данных от случайной порчи и несанкционированного доступа, управлять правами пользователей и поддерживать связь между всеми рабочими станциями, на которых могут быть установлены различные ОС.

Наиболее широкое распространение получили сетевые операционные системы Windows NT, Windows XP, Server 2003, Server 2008 фирмы Microsoft и NetWare фирмы Novell.

В качестве передающей среды могут использоваться как проводные, так и беспроводные каналы связи (см. рис. 2.2).



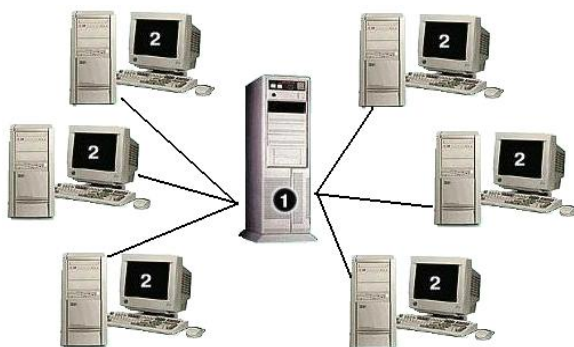


Рис. 2.2. Сеть с выделенным сервером

При необходимости можно увеличивать число сетевых серверов, что позволяет эффективно обслуживать тысячи пользователей.

Основным аргументом при выборе сети на основе сервера является, как правило, защита данных.

*Достоинствами* сети с выделенным сервером являются надёжная система защиты информации, высокое быстродействие, отсутствие ограничений на число рабочих станций и простота управления по сравнению с одноранговыми сетями. *Недостатками* такой сети являются высокая стоимость из-за выделения мощного компьютера под сервер, зависимость быстродействия и надёжности сети от сервера, более сложное управление по сравнению с одноранговой сетью.

## 2.4. Топология локальных сетей

**Топология сети** – это физическое расположение компьютеров, кабелей и других компонентов сети.

Выбор той или иной топологии влияет на состав и характеристики необходимого сетевого оборудования, возможность

расширения сети, способ управления сетью. В частности, топология локальной сети может диктовать не только тип кабеля, но и способ его прокладки.

Различным топологиям соответствуют различные способы взаимодействия компьютеров в сети, т. е. различные методы доступа и протоколы передачи данных.

Все локальные сети строятся на основе трёх базовых топологий:

- шина;
- звезда;
- кольцо.

**Шина** (*общая шина, линейная шина*) является наиболее простой и широко распространённой топологией. В ней используется один кабель, именуемый шиной, вдоль которого подключены все компьютеры сети (см. рис. 2.3).



Рис. 2.3. Сеть шинной топологии

Особенностью шинной топологии является то, что в каждый момент времени только один компьютер может передавать информацию по сети. Данные от компьютера-передатчика в виде электрических сигналов распространяются по шине в обе стороны, однако принять их может лишь тот компьютер, которому они адресованы.

Чтобы предотвратить отражение сигналов, которое может воспрепятствовать другим компьютерам вести передачу, на каждом свободном (неподключённом) конце кабеля устанавливаются специальные устройства – *терминаторы*, поглощающие эти сигналы.

Шина является пассивной топологией. Это означает, что компьютеры только отслеживают или принимают передаваемые сигналы, но не ретранслируют их от отправителя к получателю. Поэтому, если один или даже несколько компьютеров выйдут из строя, это не скажется на работе остальных.

Сеть шинной топологии легко наращивать (используя при необходимости *репитеры*, усиливающие сигнал), однако, чрезмерное увеличение сети приводит к существенному замедлению её работы.

Стандартным методом доступа для сети шинной топологии является метод **Ethernet**, разработанный фирмой Xerox.

При данном методе доступа перед передачей данных каждая рабочая станция определяет, свободен канал связи или нет. Если канал свободен, то станция начинает передачу сообщения, которое включает в себя адрес станции назначения и адрес отправителя. Та станция, которой предназначено сообщение, принимает его, остальные игнорируют.

Если две или более рабочих станций одновременно пытаются послать сообщение, то возникает конфликтная ситуация, называемая *коллизией*. Для разрешения конфликтных ситуаций метод Ethernet приостанавливает передачу каждой из попавших в коллизию станций на разное по продолжительности короткое время. Первой возобновляет передачу станция с наименьшим временем задержки, затем, поочерёдно (по степени возрастания времени задержки) – все остальные.

**Звезда** – это топология, базирующаяся на концепции центрального узла, т. е. специального устройства, называемого *концентратором*, к которому подключаются все компьютеры сети (см. рис. 2.4).

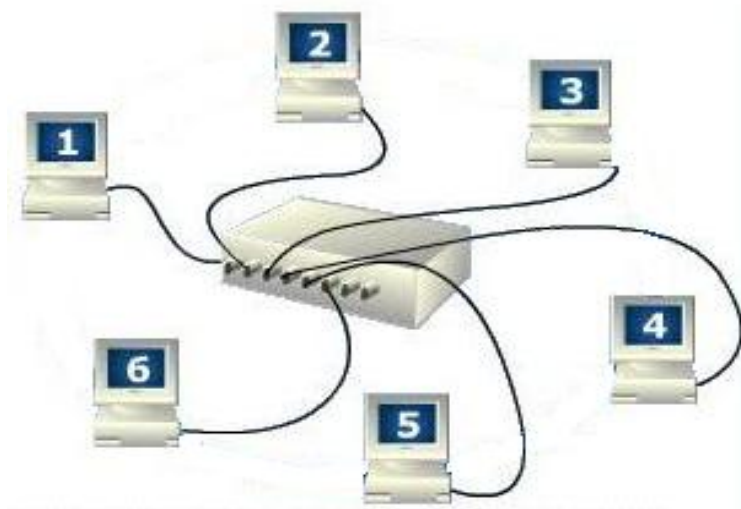


Рис. 2.4. Сеть звездообразной топологии

Сигналы от передающих компьютеров поступают на концентратор, который ретранслирует эти сигналы, а также переключает и маршрутизирует все информационные потоки.

Поэтому, работоспособность сети со звездообразной топологией целиком зависит от её центрального узла.

Если концентратор выйдет из строя, то нарушится работа всей сети. А если выйдет из строя какой-нибудь компьютер (или кабель, соединяющий его с концентратором), то лишь этот компьютер не сможет передавать или принимать данные по сети. На работу остальных компьютеров сети это не повлияет.

Наращивание сети со звездообразной топологией приводит к её существенному удорожанию, так как значительно увеличивается расход кабеля.

Стандартным методом доступа для сети звездообразной топологии является метод *ArcNet*, разработанный фирмой Data-point Corporation.

При данном методе доступа один из компьютеров создаёт так называемый *маркер* (специальное сообщение), позволяющий компьютеру отправить данные по кабелю.

Маркер передаётся от одного компьютера к другому согласно назначенным им порядковым номерам (независимо от их физического местонахождения), пока один из них не сообщит о готовности передать данные и не возьмёт управление маркером на себя (захватит его). Когда маркер захвачен каким-либо компьютером, другие компьютеры передавать данные не могут.

Если рабочая станция готова передать сообщение, она, захватив маркер, формирует *пакет* (дополняя блок данных адресами отправителя и получателя) и направляет его в сеть.

Когда пакет достигает адресата (станции назначения), сообщение передаётся компьютеру-приёмнику и маркер освобождается.

**Кольцо** – это топология, которая представляет собой схему соединения компьютеров в форме замкнутой кривой. В качестве передающей физической среды могут использоваться кабели любого типа (см. рис. 2.5).

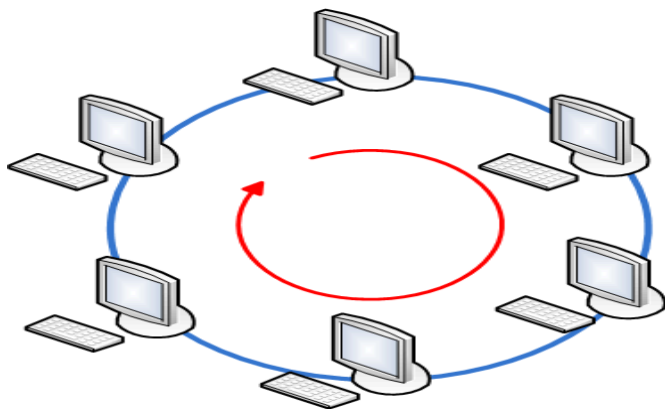


Рис. 2.5. Сеть кольцевой топологии

Кольцевая топология является идеальной для сетей, занимающих сравнительно небольшое пространство.

Сигналы передаются по кольцу в одном направлении и проходят через каждый компьютер. При этом каждый компьютер распознаёт и получает адресованные ему сообщения. По отношению к другим сообщениям каждый компьютер выступает в роли репитера, усиливая сигналы и передавая их следующему компьютеру. Поэтому, если выйдет из строя один компьютер, прекращает функционировать вся сеть.

Стандартным методом доступа для сети кольцевой топологии является метод ***Token Ring***, разработанный фирмой IBM.

При данном методе доступа тоже используется маркер, передаваемый по кольцу от одного компьютера к другому.

Компьютер-передатчик формирует *кадр* (дополняя блок данных адресами отправителя и получателя, а также рядом управляющих полей, в частности, полем статуса кадра), захватывает маркер, после чего направляет кадр в сеть.

Кадр перемещается по кольцу, пока не достигнет компьютера с указанным адресом.

Компьютер-приёмник копирует кадр, делает пометку в поле статуса кадра о получении данных и пересылает кадр далее по кольцу. Когда компьютер-передатчик, приняв свой собственный кадр, удостоверится, что передача прошла успешно, он изымает кадр из кольца и возвращает туда маркер.

Наряду с базовыми топологиями используются также комбинированные топологии типа ***звезда-шина*** и ***звезда-кольцо***.

И в той, и в другой топологии компьютеры подключены к концентратору, который фактически и формирует кольцо или шину. Отличие в том, что концентраторы в звезде-шине соединены магистральной линейной шиной, а в звезде-кольце на основе главного концентратора они образуют звезду.

На рис. 2.6 приведена топология звезда-кольцо.

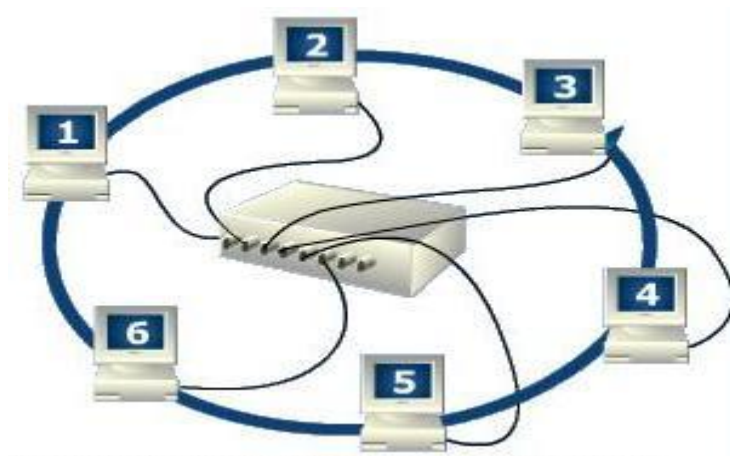


Рис. 2.6. Топология звезда-кольцо

### Вопросы для самопроверки

1. Чем отличается сервер от рабочей станции?
2. В чём заключаются преимущества локальных сетей?
3. Какие сети называются одноранговыми? Каковы их достоинства и недостатки?
4. Что такое сети с выделенным сервером? Каковы их достоинства и недостатки?
5. Что понимается под топологией сети? Какие топологии являются базовыми для локальных сетей?
6. Как строится и функционирует локальная сеть шинной топологии?
7. В чём состоит суть метода доступа Ethernet?
8. Как строится и функционирует локальная сеть звездообразной топологии?
9. В чём состоит суть метода доступа ArcNet?
10. Как строится и функционирует локальная сеть кольцевой топологии?
11. В чём состоит суть метода доступа Token Ring?

### 3. Глобальные компьютерные сети

#### 3.1. Принципы построения

Глобальные вычислительные сети, связывающие абонентов, расположенных в различных странах и на различных континентах, позволяют решить проблему объединения информационных ресурсов всего человечества и организации доступа к этим ресурсам.

Следует отметить, что при обмене сообщениями в глобальной компьютерной сети возрастает значение такой её характеристики как скорость передачи данных, которая измеряется количеством битов информации, передаваемых за единицу времени – секунду.

Основными сегментами глобальной сети являются локальные сети. Если некоторая локальная сеть непосредственно подключена к глобальной сети, то и каждая её рабочая станция может получить доступ к этой же глобальной сети.

Если отдельный компьютер непосредственно подключается к глобальной сети, то он называется *хост-компьютером*.

В глобальных сетях могут использоваться любые типы как проводных, так и беспроводных линий связи.

В настоящее время наиболее применяемыми, несмотря на низкую скорость передачи данных, являются телефонные линии связи. Объясняется это наличием уже созданной, весьма разветвлённой сети, предназначенной для телефонных переговоров, невысокой стоимостью расширения этой телефонной сети, а также простотой её использования в качестве физической среды для передачи данных.

Напомним, что по телефонной линии связи можно передавать только аналоговые (волновые) сигналы, а компьютеры могут обмениваться данными, представленными в виде цифровых электронных импульсов. Чтобы устранить данное препятствие,



для подсоединения компьютеров к телефонной линии используются ранее упомянутые технические устройства – **модемы**.

Модем на передающей стороне модулирует сигналы, т. е. преобразовывает цифровые сигналы компьютера в аналоговые, и посылает их по телефонной линии. Модем на принимающей стороне осуществляет обратное преобразование (демодуляцию) аналоговых сигналов в цифровые сигналы.

Модемы бывают внутренние и внешние.

Внутренние модемы подключаются через специальные разъёмы системного блока ПК. Модемы данного типа содержат встроенный последовательный порт и получают питание от персонального компьютера.

Внешние модемы являются периферийными устройствами (см. рис. 3.1), которые подключаются посредством кабеля к последовательному порту компьютера либо к разъёму USB. Внешние модемы имеют собственный блок питания.

Внутренние модемы дешевле внешних при прочих равных характеристиках, основной из которых является скорость передачи данных.



Рис. 3.1. Внешний модем

**Факс-модем** – устройство, обеспечивающее электронную передачу обычного текста, чертежей, фотографий, схем, документов, преобразование информации в форму, пригодную для передачи по имеющемуся каналу связи, и формирование на бумажном носителе на принимающей стороне дубликата – факсимиле исходного документа (см. рис. 3.2).



Рис. 3.2. Факс-модем

Вообще говоря, в состав любого телефакса входят сканер для считывания документа, модем, передающий и принимающий информацию по телефонной линии, а также принтер, печатающий принимаемое сообщение на термо- или обычной бумаге. Разумеется, в платах факс-модемов такие узлы, как сканер и принтер, отсутствуют. Информация представлена только в электронном виде.

Существует два типа телефонных линий связи, по которым может осуществляться модемная связь:

- коммутируемые линии;
- выделенные (арендуемые) линии.

**Коммутируемые линии** требуют, чтобы пользователь самостоятельно осуществлял соединение для каждого сеанса связи. **Выделенные линии** обеспечивают круглосуточную связь без вмешательства пользователя.

Качество выделенных линий лучше, чем у коммутируемых, и они обеспечивают, кроме всего прочего, стабильный *удалённый доступ* (через сервер удалённого доступа) к компьютерной сети. Однако, стоимость их выше, поэтому, на практике чаще используются коммутируемые телефонные линии.

При передаче на большие расстояния возникает эффект *затухания* сигнала. Для его устранения используются (как уже отмечалось ранее) устройства, называемые **репитерами**. Репитер принимает затухающий сигнал из одного сегмента компьютерной сети, восстанавливает его и передаёт в следующий сегмент. При этом соединяемые сегменты могут использовать раз-

ные типы каналов связи. Репитеры работают на физическом уровне модели OSI.

Чтобы данные через репитер корректно передавались из одного сегмента компьютерной сети в другой, каждый сегмент должен использовать один и тот же метод доступа, т. е. одинаковые по структуре пакеты и одинаковые протоколы передачи данных. При этом репитеры не преобразовывают и не фильтруют данные, а передают каждый бит информации, даже если он содержится в искажённом пакете или в пакете, не предназначенном для этого сегмента.

Для расширения компьютерной сети, когда соединяемые сегменты используют различные методы доступа, или для разбиения перегруженной сети на отдельные сегменты с уменьшенным трафиком используются специальные устройства, называемые *мостами*.

Работа моста основана на принципе, согласно которому каждый узел сети имеет собственный адрес. Когда пакеты передаются через мост, адреса компьютеров копируются в оперативную память моста (в таблицу маршрутизации).

Если мост "знает" о местонахождении узла-получателя, он передаёт пакет ему. При этом, если адресат находится в одном сегменте с отправителем, то в другие сегменты пакет не передается, а если в разных, то пакет передается только в тот сегмент, где находится адресат.

Если же адрес узла-получателя неизвестен, мост транслирует пакеты во все сегменты, исключая тот, откуда пакет был принят. По сути, мост является фильтром, который уменьшает сетевой трафик и изолирует сегменты сети.

Мосты работают на подуровне управления доступом к среде канального уровня модели OSI. Поскольку мосты допускают использование любых протоколов, но не отличают их один от другого, то каждый компьютер должен сам определять, с каким протоколом он работает.

В среде, объединяющей несколько *сетевых* сегментов (локальных сетей) с различными протоколами и архитектурами, мосты не всегда гарантируют надёжную связь между всеми сегментами. Для такой сложной сети необходимо устройство, которое не только знает адрес каждого сегмента и фильтрует сообщения, но и определяет *наилучший маршрут* для передачи данных. Такое устройство называется **маршрутизатором**.

Маршрутизаторам понятны только адреса локальных сетей и адреса хост-компьютеров. К удалённым компьютерам, входящим в некоторую локальную сеть, они обращаться не могут. Маршрутизатор, принимая пакеты, предназначенные для некоторой локальной сети, пересылает их тому маршрутизатору, который обслуживает сеть назначения. Данная особенность позволяет уменьшить трафик между сетями и использовать каналы связи эффективнее, чем это делают мосты.

Маршрутизаторы работают на сетевом уровне модели OSI. Протоколы, работающие с маршрутизаторами, называются *маршрутизируемыми*. Существуют маршрутизаторы, которые в одной сети могут работать с несколькими протоколами. Маршрутизатор распознает не только что и куда нужно передавать, но и тип протокола.

**Мосты-маршрутизаторы** соединяют в себе достоинства мостов и маршрутизаторов. Они могут действовать как маршрутизаторы для маршрутизируемых протоколов и как мосты для немаршрутизируемых протоколов.

Для обеспечения связи между различными архитектурами и средами в глобальных сетях используются **шлюзы**. Они переупаковывают и преобразуют данные, передаваемые из одной среды в другую, чтобы каждая среда могла понимать данные других сред.

Шлюз связывает системы, которые используют разные коммуникационные протоколы, структуры и форматы данных, языки, архитектуры.

Обработывая поступающие данные, шлюз выполняет следующие операции:

- извлекает данные из приходящих пакетов, пропуская их снизу вверх через полный стек протоколов передающей сети;
- заново упаковывает полученные данные, пропуская их сверху вниз через стек протоколов сети назначения.

Шлюзы создаются для конкретного типа преобразования данных и обычно являются выделенными серверами сети.

Как правило, шлюзы выполняют преобразование протоколов на прикладном уровне, но при необходимости могут использовать все семь уровней модели OSI.

### 3.2. Технологии передачи данных в глобальных сетях

В глобальных сетях может использоваться одна из следующих технологий передачи данных:

- аналоговая;
- цифровая;
- с коммутацией пакетов.

При **аналоговой технологии** используются телефонные линии связи и *асинхронный* метод, суть которого состоит в том, что данные передаются последовательным потоком.

Передающий компьютер просто шлёт данные, а принимающий компьютер их просто получает. При этом каждый символ представляется последовательностью битов, к которым спереди добавляется стартовый бит, а сзади – стоповый бит. Оба компьютера должны согласовывать комбинацию стартовых и стоповых битов. Принимающий компьютер проверяет данные, чтобы убедиться в том, что они приняты без ошибок. Для этого обычно используется специальный бит – бит четности.

Скорость асинхронной передачи может достигать 28000 бит/с и выше, а при сжатии данных – до 115200 бит/с.

При **цифровой технологии** используются цифровые линии связи и *синхронный* метод передачи данных.

При синхронной передаче данные разбиваются на блоки, называемые кадрами. К каждому кадру добавляется управляющая информация. Для обеспечения синхронной передачи битов (от передающего компьютера к принимающему) используется специальная схема синхронизации, анализирующая управляющую информацию.

Передача завершается в конце одного кадра и начинается вновь на следующем кадре. При возникновении ошибки схема синхронизации повторяет передачу кадра.

В целом, цифровая технология обеспечивает более быструю и надёжную передачу данных, но является более дорогой.

Технология с *коммутацией пакетов* является наиболее быстрым и эффективным способом передачи данных на большие расстояния.

При данной технологии исходный блок данных разбивается на пакеты, и каждый пакет снабжается адресом получателя и другой служебной информацией.

После этого каждый пакет независимо от других передаётся коммутаторами (промежуточными станциями) по оптимальному на текущий момент маршруту между источником и получателем. Принимающий компьютер в точности восстанавливает исходный блок данных, объединяя все пакеты, которые, продвигаясь разными маршрутами, могут достичь адресата в разное время и с изменённой очередностью.

Значительная часть компьютерных сетей с коммутацией пакетов использует не физические, а *виртуальные* каналы передачи данных. Эти каналы состоят из цепочек логических связей между передающим и принимающим компьютерами.

Соединение устанавливается, когда оба компьютера обмениваются информацией о параметрах связи, с которыми будет работать канал. Обязательными параметрами являются максимальный размер сообщения и путь пересылки данных.

Следует отметить, что сети с коммутацией пакетов дешевле, так как предлагают высокоскоростную связь с оплатой только передачи пакета, а не времени соединения.

### 3.3. Глобальная сеть Интернет

Интернет (*Internet*) представляет собой всемирную глобальную компьютерную сеть, соединяющую отдельные компьютеры и сети любого типа (локальные, региональные, глобальные), а также обеспечивающую обмен информацией между всеми компьютерами, подключёнными к ней.

Важной особенностью сети Интернет является то, что она, объединяя различные сети, не создает при этом никакой иерархии, т. е. все компьютеры, подключённые к сети Интернет равноправны. При этом тип компьютера и используемая им операционная система значения не имеют, т. к. используется единый набор стандартный протоколов передачи данных.

Отсутствие единого центра управления в сети Интернет обеспечивает высокую надёжность её функционирования. Это означает, что при выходе из строя некоторых линий связи или компьютеров сообщения могут быть переданы по другим линиям связи, так как всегда имеется несколько путей передачи информации.

Широкое распространение и огромная популярность сети Интернет обуславливается предоставляемыми ею разнообразными сервисными услугами, основными из которых являются: удалённый доступ, передача файлов, электронная почта, телеконференции, всемирная паутина (*World Wide Web* или служба WWW). В настоящее время Интернет можно рассматривать как единое информационное пространство, внутри которого осуществляется непрерывная циркуляция данных.

Компьютеры, подключённые к сети Интернет, называются **узлами** Интернета или **сайтами**. Каждый сайт имеет свой уни-

кальный адрес, по которому с ним можно связаться, подключившись к сети Интернет в любой точке земного шара.

Соединение с сетью Интернет может быть постоянным или временным. Узлы, *постоянно* соединённые самыми скоростными магистральными каналами связи, образуют базовую часть, называемую **хребет** (*Backbon*) сети Интернет.

Пользователями сети Интернет могут быть как некоторые организации, так и отдельные люди. Существует два способа подключения пользователей к сети Интернет:

- прямое (выделенное) соединение;
- сеансовое (коммутируемое) соединение.

**Прямое соединение** – это подключение непосредственно к магистральным каналам через выделенный сервер, называемый *шлюзом*. Прямое соединение обычно организуется с использованием выделенной телефонной линии связи. Шлюз становится частью архитектуры сети Интернет и должен оставаться доступным постоянно. При этом любой компьютер, находящийся в той же локальной сети, что и шлюз, получает доступ ко всем услугам сети Интернет. Прямое соединение обычно используется крупными организациями, так как стоимость его установки и сопровождения достаточно высокая.

**Сеансовое (коммутируемое) соединение** – это подключение через поставщика услуг сети Интернет, называемого сервис-провайдером. **Сервис-провайдером** может быть организация, имеющая шлюзы в сети Интернет, которые она предоставляют другим организациям или отдельным лицам за определённую плату. При коммутируемом соединении компьютер пользователя через свой модем и обычную телефонную линию связывается с модемом сервис-провайдера. Во время сеанса связи компьютер пользователя становится частью сети Интернет, а по окончании сеанса связь с ней разрывается. Недостатком подключения через сервис-провайдера является то, что не всегда возможен полный доступ к сети Интернет.



В действительности разница между пользователями и поставщиками услуг сети Интернет достаточно условна. Любой пользователь, подключивший свой компьютер или свою локальную сеть к сети Интернет и установивший необходимое программное обеспечение, может предоставлять услуги подключения к сети Интернет другим пользователям.

### 3.4. Адресация в сети Интернет

Основным набором иерархически упорядоченных сетевых протоколов для сети Интернет, а также большинства локальных и корпоративных компьютерных сетей является стек протоколов **ТСР/ІР**. Стек получил название по двум важнейшим протоколам – **ТСР** (*Transmission Control Protocol*) и **ІР** (*Internet Protocol*).

Компьютерные сети, в которых базовым набором протоколов является стек протоколов передачи данных ТСР/ІР, часто называют ТСР/ІР-сетями. Каждый компьютер в такой сети имеет адреса трех уровней: физический (MAC-адрес), сетевой (ІР-адрес) и доменный (DNS-имя).

**Физический адрес** (MAC-адрес) узла в сетях ТСР/ІР, построенных по технологии Ethernet, представляется в виде 12 шестнадцатеричных цифр (например, 00-03-BC-12-5D-4E). Эти адреса назначаются производителем сетевого оборудования из выделенного для него по лицензии адресного пространства и являются уникальными. Первые шесть символов идентифицируют фирму-производителя, остальные шесть цифр выбирает производитель.

Для идентификации компьютеров в сетях с протоколом ТСР/ІР используются ІР-адреса.

**ІР-адрес** является уникальным адресом компьютера в сети Интернет и состоит из двух частей: номера сети и номера узла.

ІР-адрес имеет длину 4 байта (1 байт – 1 октет) и записывается в виде четырёх десятичных чисел, разделенных точками,

например: 128.10.2.30. В двоичной форме этот адрес выглядит так: 10000000 00001010 00000010 00011110.

Какая часть адреса относится к номеру сети, а какая к номеру узла определяется классом сети (первыми битами адреса). В табл. 3.1 приведены классы сетей и диапазоны адресов для каждого класса.

Таблица 3.1

**Классификация компьютерных сетей по диапазонам  
IP-адресов**

Класс сети	Первые биты	Количество байт под адрес сети	Наименьший адрес	Наибольший адрес
A	0	1	01.0.0	126.0.0.0
B	10	2	128.0.0.0	191.255.0.0
C	110	3	192.0.1.0.	223.255.255.0
D	1110	4	224.0.0.0	239.255.255.255
E	11110	4	240.0.0.0	247.255.255.255

Адреса класса D являются групповыми адресами, а адреса класса E зарезервированы для последующего применения.

Кроме того, протоколом IP определяются специальные адреса. Так IP-адрес, состоящий только из нулей, интерпретируется, как адрес узла, сгенерировавшего пакет, а нулевой номер сети в адресе получателя пакета означает, что отправитель находится в этой же сети.

Если все двоичные разряды IP-адреса равны 1, то пакет с таким адресом назначения рассылается всем узлам, находящимся в той же сети (*ограниченное широковещательное сообщение – limited broadcast*).

Если же в IP-адресе имеется конкретный номер сети, а во всех остальных разрядах 1, то пакет рассылается всем узлам указанной сети (*широковещательное сообщение – broadcast*).

IP-адрес 127.0.0.1 называется loopback и используется при тестировании работы программного обеспечения узла для организации обратной связи без отправки реального пакета.

Приведенная выше адресация поддерживается протоколом IPv4. В настоящее время для увеличения адресного пространства широко используется протокол IPv6 с IP-адресами длиной 128 бит.

**Доменная система адресов** (*Domain Name System – DNS*), представляет собой иерархическую (древовидную) структуру. Каждый уровень в этой структуре называется *доменом*. Символьные имена, соответствующие одному и тому же домену, должны быть различными. Каждое имя, соответствующее домену более низкого уровня, может быть связано только с одним именем, соответствующим домену более высокого уровня.

При формировании IP-адреса в DNS домены отделяются друг от друга точками. Имя, соответствующее домену более высокого уровня, располагается в IP-адресе правее, а имя, соответствующее домену более низкого уровня, – левее.

К доменам верхнего уровня относятся символьные имена, которые закреплены за каждой страной мира. Для России – ru, для США – us, для Великобритании – uk, и т. д. Кроме того, домены верхнего уровня могут отражать тематическую направленность организаций. Например, gov – правительственные, edu – образовательные, com – коммерческие, org – некоммерческие, net – организации, поддерживающие сети.

Служба DNS представляет собой базу данных и предназначена для автоматического поиска IP-адреса по известному символьному имени узла. База данных распределена по административным доменам сети Интернет.

Пользователи обычно работают с доменными именами, которые при передаче сообщения по сети, автоматически заменяются на числовые IP-адреса. С помощью IP-адресов сообщения передаются из одной сети в другую, а после доставки сообщения в сеть назначения используется аппаратный адрес ком-

пьютера. Для установки соответствия между адресами разных типов используются протоколы разрешения адресов. Имеется два подхода к решению этой задачи: централизованный и распределенный.

Распределенный подход используется в небольших сетях и не предполагает выделения специального компьютера. Ограниченность его применения обусловлена необходимостью передачи широковещательных сообщений всем компьютерам сети, что вызывает перегрузку.

Для больших сетей, в частности для сети Интернет, характерен централизованный подход.

При работе в сети Интернет чаще используются не доменные адреса, а *универсальные указатели ресурсов* (*Uniform Resource Locator – URL*). URL – это доменный адрес любого ресурса в сети Интернет вместе с указанием того, с помощью какого протокола следует к нему обращаться, какую программу следует запустить на сервере и/или к какому конкретно файлу на сервере нужно обратиться.

В общем виде URL имеет следующий формат:

***протокол://IP-адрес/полный путь к ресурсу***

Протокол задаёт метод доступа к ресурсу, IP-адрес идентифицирует хост-компьютер, на котором находится ресурс; полный путь к ресурсу (по правилам, принятым для файловой системы), уточняет местонахождение ресурса (папки, файла) на хост-компьютере, но в качестве разделителя имён папок и имени файла используется прямой слэш (/).

Следует отметить, что последняя из трёх составных частей URL (полный путь к ресурсу) не является обязательной.

Например, запись `http://www.tsuab.ru/d:/doc/file1.html` задаёт URL файла `file1.html`.

В приведённом примере `http` – протокол передачи гипертекста, соответствующий службе WWW; `tsuab.ru` – доменное имя Web-сервера; `d:/doc/file1.html` – путь к файлу на сервере).

### 3.5. Стандарты сети Интернет

Возможность подключения к сети Интернет разнотипных компьютеров, работающих под управлением различных операционных систем, обеспечивается использованием *единого* набора стандартных протоколов передачи данных.

Как уже отмечалось, основным набором иерархически упорядоченных сетевых протоколов для сети Интернет является стек протоколов TCP/IP. Особую роль он получил благодаря двум своим свойствам: платформонезависимости и открытости.

*Платформонезависимость* обеспечивает возможность его реализации в различных операционных системах и на разных процессорах, а *открытость* делает общедоступными стандарты, по которым строится стек TCP/IP.

Кроме того, основные протоколы стека TCP/IP исторически являются одними из первых сетевых протоколов. Они были разработаны и использованы в проекте ARPANET по созданию компьютерной сети, который был начат в 1967 году Агентством по перспективным исследовательским проектам министерства обороны США (ARPA – *Advanced Research Projects Agency*). В 1972 году эта сеть соединяла 30 университетов и научно-исследовательских центров, а в 1980–1981 годах были опубликованы основные протоколы стека TCP/IP – IP, TCP и UDP.

В 1983 году стек был реализован в операционной системе UNIX 4.2 BSD, а к концу 80-х годов сеть ARPANET вышла на международный уровень и стала называться Интернет (*Interconnected networks* – связанные сети).

В 1992 году появился новый протокол HTTP, на основе которого создан сервис Интернет – WWW (*World Wide Web* – всемирная паутина). В настоящее время стек TCP/IP играет главную роль в средствах коммуникации.

Заметим, что в основе протокола TCP/IP лежит не модель взаимодействия открытых систем – OSI, а собственная четырех-уровневая модель DARPA.

Прикладному, сеансовому и представительскому уровням модели OSI в модели DARPA соответствует прикладной уровень, а канальному и физическому уровням – уровень сетевого интерфейса. Кроме того, сетевой уровень модели OSI в модели DARPA называется межсетевым.

1. За прикладной уровень (по OSI – прикладной, представления и сеансовый) отвечают: TELNET – протокол удаленного доступа, т. е. сеанса связи в виде командной строки; FTP – протокол передачи файлов; SMTP – протокол пересылки почты; POP3 и IMAP – протоколы приема почтовых отправок; HTTP – протокол работы с гипертекстовыми документами.

2. Транспортному уровню (по OSI – то же самое) соответствуют вышеупомянутые протоколы TCP и UDP.

3. Межсетевой уровень (по OSI – сетевой) поддерживает протокол IP.

4. За работу уровня сетевых интерфейсов (по OSI – канальный и физический) отвечают драйверы сетевых адаптеров.

В табл. 3.2 приводятся некоторые наиболее популярные протоколы стека TCP/IP и показано их соответствие уровням модели OSI.

Таблица 3.2

### Основные протоколы передачи данных в стеке TCP/IP

Протокол	Уровень	Назначение	Примечания
<b>TCP</b> ( <i>Transmission Control Protocol</i> )	Транспортный	Контроль передачи пакетов между узлами сети	Гарантирует корректную доставку пакетов до узла назначения
<b>UDP</b> ( <i>User Datagram Protocol</i> )	Транспортный	Передача пакетов между узлами сети без предварительного установления соединения	Не гарантирует корректную доставку пакетов до узла назначения

Продолжение табл. 3.2

Протокол	Уровень	Назначение	Примечания
<b>IP</b> ( <i>Internet Protocol</i> )	Сетевой	Адресация в составных сетях и передача пакета	Не гарантирует доставку пакетов до узла назначения
<b>RIP</b> ( <i>Routing Information Protocol</i> )	Сетевой	Протокол динамической маршрутизации, выбор оптимального маршрута	Применяется в небольших сетях, обмениваются информацией только соседние маршрутизаторы
<b>OSPF</b> ( <i>Open Shortest Path First</i> )	Сетевой	Протокол маршрутизации (первыми открываются кратчайшие маршруты)	Применяется в больших сетях, сохраняет другие протоколы маршрутизации
<b>ICMP</b> ( <i>Internet Control Message Protocol</i> )	Сетевой	Протокол межсетевых управляющих сообщений, используется для передачи информации об ошибках между маршрутизаторами и отправителем пакета	

Продолжение табл. 3.2

Протокол	Уровень	Назначение	Примечания
<b>ARP</b> ( <i>Address Resolution Protocol</i> )	Канальный	Преобразует IP-адреса в аппаратные адреса локальных сетей.	Обратное преобразование осуществляется с помощью протокола <b>RARP</b> ( <i>Reverse ARP</i> )
<b>HTTP</b> ( <i>Hyper Text Transfer Protocol</i> )	Прикладной	Протокол передачи гипертекста	Основной протокол службы WWW
<b>FTP</b> ( <i>File Transfer Protocol</i> )	Прикладной	Протокол передачи файлов	
<b>POP3</b> ( <i>Post Office Protocol version 3</i> )	Прикладной	Протокол доставки почты пользователю из почтового ящика почтового сервера	
<b>SMTP</b> ( <i>Simple Mail Transfer Protocol</i> )	Прикладной	Простой протокол отправки почты пользователя на сервер	
<b>SNMP</b> ( <i>Simple Network Management Protocol</i> )	Прикладной	Диагностика работоспособности устройств сети	



<b>DNS</b> ( <i>Domain Name System</i> )	Прикладной	Автоматический поиск IP-адреса по известному доменному имени узла	Протокол не-симметричен – в нём определены DNS-серверы и DNS-клиенты
<b>DHCP</b> ( <i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> )	Прикладной	Динамическое назначение IP-адресов	Автоматизация процесса назначения IP-адресов узлам сети

Стандарты сети Интернет и стека TCP/IP разрабатываются международным сообществом ISOC (*Internet Society* – Сообщество Интернет) и публикуются как документы RFC (*Request for Comments* – рабочее предложение). Для его публикации в RFC любой член ISOC может представить на рассмотрение документ. После прохождения многочисленных экспертиз и подтверждения его успешного массового применения документ утверждается как стандарт (*Internet Standard*).

Все существующие на сегодня документы RFC представлены на сайте [www.rfc-editor.org](http://www.rfc-editor.org).

### 3.6. Использование масок в сети Интернет

Маска сети определяет, сколько бит в IP-адресе идентифицирует сеть. В двоичном виде количество единиц в маске равно количеству бит в IP-адресе узла сети, которое отводится под адрес сети.

Это же количество бит часто указывается в виде префикса в адресе сети. Например, адрес сети записан в виде 12.34.56.0/24. Префикс 24 означает, что в IP-адресах этой сети

первые 24 бита отводятся под адрес сети, а остальные 8 под адреса компьютеров (хостов). Адреса компьютеров сети имеют определённые значения. От маски сети зависит, какие значения они могут принимать (диапазон значений IP-адресов).

Маска сети используется при определении маршрута сообщения, создании таблиц маршрутизации и алгоритмов маршрутизации.

Задачи, которые решаются с использованием маски:

- определение адреса сети;
- определение диапазона IP-адресов компьютеров в подсети;
- определение широковещательного адреса;
- разбиение сети на подсети;
- объединение подсетей в одну сеть.

*Широковещательный адрес* – условный (не присвоенный никакому устройству в сети) адрес, который используется для передачи широковещательных пакетов в компьютерных сетях.

### **Определение адреса сети.**

Чтобы определить адрес сети, зная IP-адрес компьютера и маску подсети, необходимо применить к ним операцию поразрядной конъюнкции (логическое И).

IP-адрес компьютера: 11000000 10101000 00000001  
00000010 (192.168.1.2)

Маска подсети: 11111111 11111111 11111110 00000000  
(255.255.254.0)

Адрес сети: 11000000 10101000 00000000 00000000  
(192.168.0.0) или 192.168.0.0/23

### **Определение широковещательного адреса и диапазона IP-адресов компьютеров в подсети.**

В нашем примере на IP-адреса компьютеров подсети отводится 9 бит.

Самое большое число, которое можно записать в 9 бит в двоичном виде – 11111111, в десятичном виде – это 511. Самое маленькое число – 000000000 в двоичной и 0 в десятичной сис-

темах счисления. Это диапазон возможных IP-адресов, но в реальных сетях количество IP-адресов меньше на 2. Нулевой IP-адрес резервируется для идентификации подсети, а самый большой задает широковещательный адрес.

Итак, широковещательный адрес подсети в нашем примере равен 192.168.0.511. Первый IP-адрес, который можно дать компьютеру – 192.168.0.1, последний – 192.168.0.510.

### **Разбиение сети на подсети.**

Разбиение сети на подсети иногда требуется для упрощения маршрутизации.

Сеть 192.168.0.0/24 разобьем на две одинаковые подсети. Для этого к маске добавляется 1 бит из тех, что были предназначены для IP-адресов компьютеров. Получится две подсети с префиксом /25. В каждой подсети под IP-адреса компьютеров отводится 7 бит. Количество возможных адресов будет равно  $2^7=128$ .

*Подсеть 1:*

192.168.0.0 – 192.168.0.127/25

Доступные адреса для компьютеров:

192.168.0.1 – 192.168.0.126

*Подсеть 2:*

192.168.0.128 – 192.168.0.255/25

Доступные адреса для: компьютеров:

192.168.0.129 – 192.168.0.254

Каждую из подсетей можно разбивать на подсети.

### **Разбиение на подсети с разным количеством адресов.**

Пусть в одной сети должно быть 60 адресов, а в другой – не менее 120. Для записи адресов в первой подсети достаточно 6 бит ( $2^6=64$  адреса). Для второй подсети 7 бит ( $2^7=128$  адресов). Префиксы подсетей будут равны /26 и /25, соответственно.

*Подсеть 1:*

192.168.0.0 – 192.168.0.63/26

Доступные адреса для компьютеров:

192.168.0.1 – 192.168.0.63 (остаются запасные адреса)

*Подсеть 2:*

192.168.0.64 – 192.168.0.183/25

Доступные адреса для компьютеров:

192.168.0.65 – 192.168.0.185

### **Объединение сетей.**

Задача заключается в том, чтобы заменить несколько подсетей одной сетью с наименьшей потерей адресов.

Рассмотрим сети с адресами:

160.156.2.128/25

160.156.3.0/25

160.156.3.192/26

160.156.3.128/26

160.156.2.0/25

В данном примере 160.156. не меняется, поэтому будем переводить в двоичный код последние два октета:

2.128/25 – 0 0 0 0 0 0 1 0 . 1 0 0 0 0 0 0 0

3.0/25 – 0 0 0 0 0 0 1 1 . 0 0 0 0 0 0 0 0

3.192/26 – 0 0 0 0 0 0 1 1 . 1 1 0 0 0 0 0 0

3.128/26 – 0 0 0 0 0 0 1 1 . 1 0 0 0 0 0 0 0

2.0/25 – 0 0 0 0 0 0 1 0 . 0 0 0 0 0 0 0 0

Находим постоянную для всех сетей часть, выполнив операцию поразрядной конъюнкции.

0 0 0 0 0 0 1 0 . 0 0 0 0 0 0 0

Выделенные жирным шрифтом последние 9 бит отводятся для IP-адресов компьютеров. Под маску сети остается 23 бита. Значит, префикс новой объединённой сети будет: /23

Следовательно, у полученной объединённой сети будет адрес: 160.156.2.0/23

### **Вопросы для самопроверки**

1. Из каких основных сегментов состоят глобальные сети?  
Что называется хост-компьютером?

2. Чем отличаются коммутируемые и выделенные линии связи?
3. Какие функции выполняют репитеры?
4. Когда применяются мосты и маршрутизаторы? Чем они отличаются друг от друга?
5. Для чего предназначены шлюзы, какие операции выполняют?
6. В чём состоит суть аналоговой технологии передачи данных в глобальных сетях?
7. На чём основана цифровая технология передачи данных в глобальных сетях?
8. Как осуществляется передача данных в сетях с коммутацией пакетов? Что такое виртуальные каналы?

## 4. Методические указания к лабораторным работам

### 4.1. Установка и запуск программы NetEmul

*NetEmul* – это бесплатная программа эмуляции компьютерных сетей, позволяющая строить и настраивать вычислительные сети. Кроме того, NetEmul даёт возможность наглядно увидеть происходящие в сети процессы, связанные с передачей служебной и пользовательской информации.

Свежая версия программы доступна в разделе **Скачать** на сайте <http://netemul.sourceforge.net/ruindex.html> в виде файла с именем NetEmul-1.0.exe. Для её установки в операционной системе Windows нужно запустить этот файл двумя щелчками мыши и следовать инструкциям.

После установки программа запускается из меню **Все программы** кнопки **ПУСК** или с использованием ярлыка, созданного на рабочем столе.

## 4.2. Интерфейс программы NetEmul

На рис. 4.1 показано окно программы NetEmul. Если изначально меню программы отображается на английском языке, то в пункте меню **Servise** → **Settings** следует выбрать **Language: Russian**.

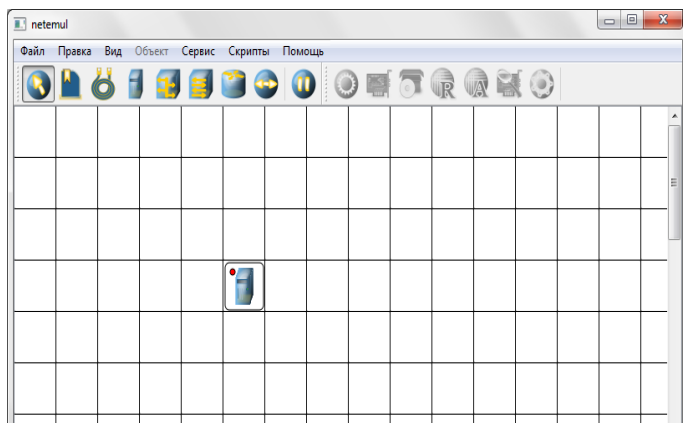


Рис. 4.1

На **Панели устройств** размещены инструменты для построения сети: компьютер, концентратор (*хаб*), коммутатор, маршрутизатор (*роутер*), кабель, а также кнопки **Отправить данные** и **Запустить/Остановить симуляцию**.

К каждой кнопке даётся пояснение после наведения на неё курсора. Используя мышь, объекты размещаются в клетках рабочего поля (щелчок по кнопке объекта → щелчок по клетке в рабочем поле). Перемещаются объекты левой кнопкой мыши, удаляются же выбором пункта **Удалить** контекстного меню (рис. 4.2). Для выделенного объекта в контекстном меню появляются только те свойства, которые характерны для него.

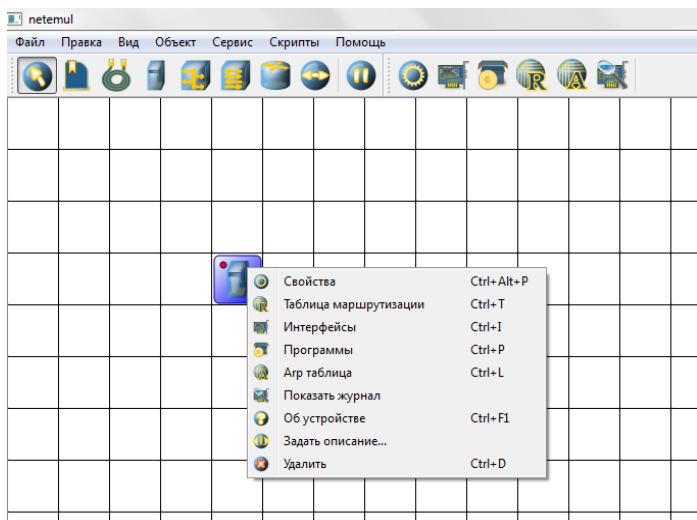


Рис. 4.2

## 5. Лабораторная работа 1. Моделирование компьютерной сети с топологией "звезда"

### 5.1. Соединение двух компьютеров

Оборудование: два персональных компьютера (ПК) и концентратор (хаб).

#### Порядок выполнения:

1. Создать новый файл (в меню выбрать **Файл** → **Новый**).
2. Поместить в рабочее поле два ПК и концентратор, добавить к ним пояснение с использованием кнопки меню **Текстовая надпись** (рис. 5.1).

3. Соединить устройства с помощью кнопки **Создать соединение**. Соединяем концентратор с ПК1. Для этого мышью рисуем кабель от концентратора к ПК1. В процессе соединения требуется выбрать порты, которые надо соединить, и нажать в диалоговом окне кнопку **Соединить** (рис. 5.2). В данном случае

соединяется порт концентратора LAN1 и порт сетевой карты ПК1 eth0. На рис. 5.3 соединяется порт концентратора LAN2 и порт сетевой карты ПК2 eth0. Галочкой отмечен уже занятый порт LAN1.

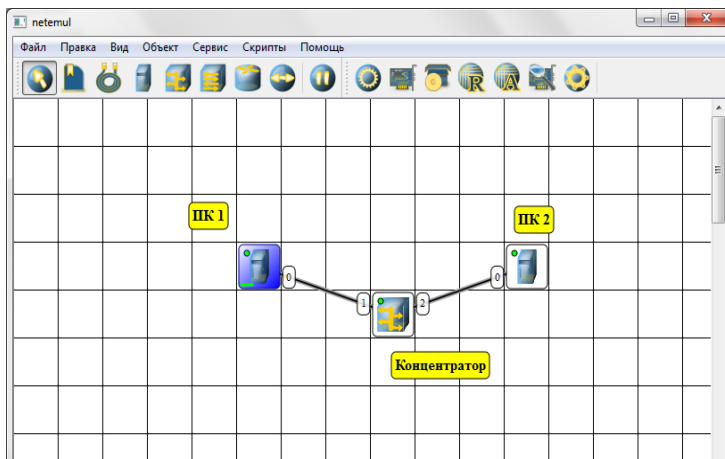


Рис. 5.1

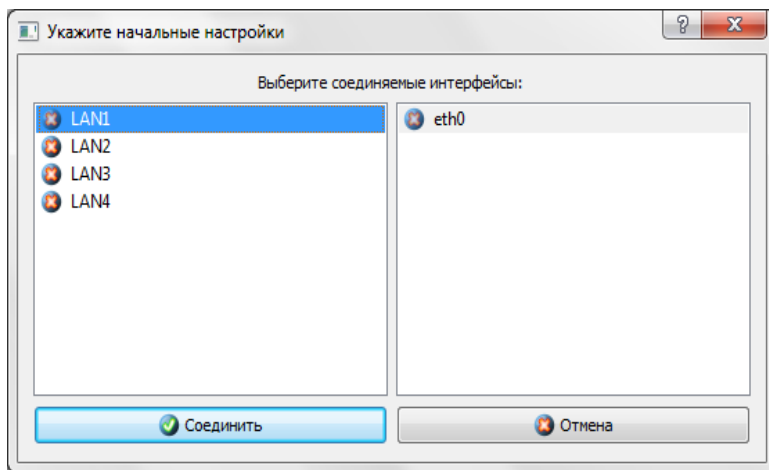


Рис. 5.2



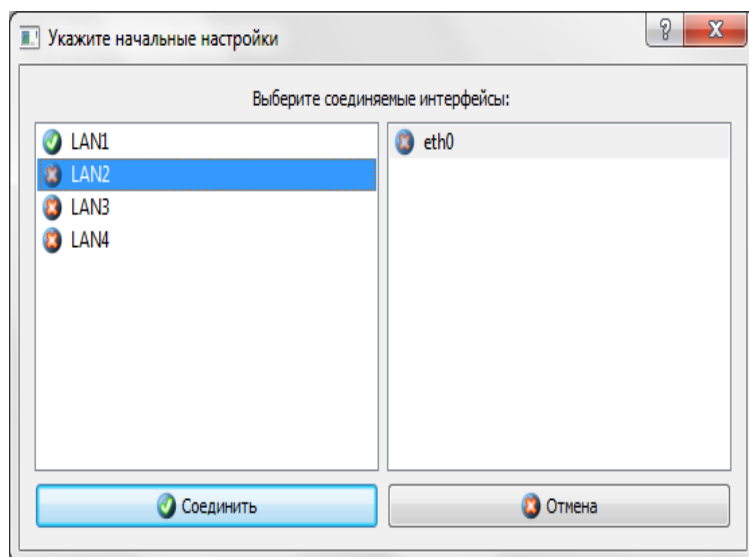


Рис. 5.3

4. Настроить интерфейсы (сетевые карты) ПК (рис. 5.4, 5.5).

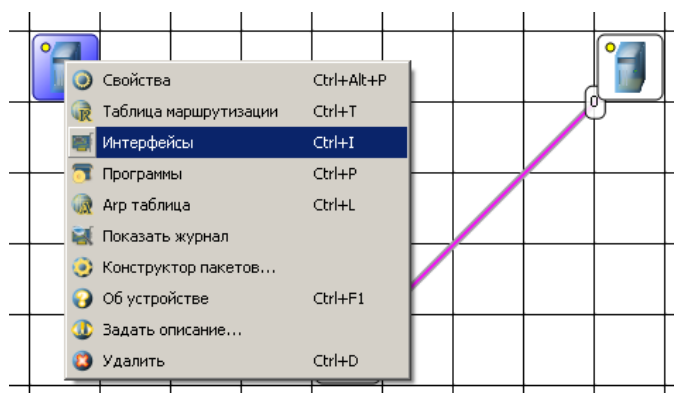


Рис. 5.4

Для ПК1 задаём IP-адрес 192.168.0.1 (рис. 5.5). Аналогично для ПК2 задаём IP-адрес 192.168.0.2. MAC-адреса и маски устанавливаются автоматически.

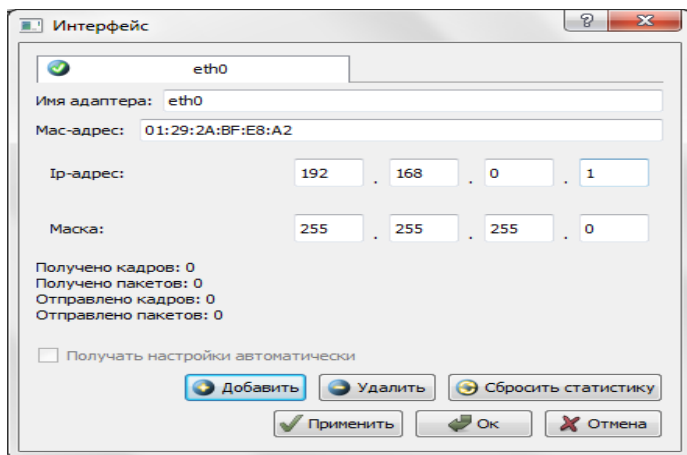


Рис. 5.5

Как только будет задан IP-адрес ПК1 и нажаты кнопки **Применить** и **ОК**, автоматически появится анимация – движение пакетов информации. Служебная информация изображается жёлтыми точками, информация пользователя – красными.

Создание и настройка сети завершены. Для тестирования сети необходимо проследить движение информации. С этой целью выполняется пункт 5.

5. Отправить данные. Для этого нужно нажать кнопку **Отправить данные**, щёлкнуть мышью по ПК, с которого будут отправлены данные, и выбрать протокол TCP (рис. 5.6). Результатом будет анимация отправки служебной информации. Отправку информации пользователя можно выполнить из контекстного меню ПК, выбрав **Конструктор пакетов** и нажав **ОК**.

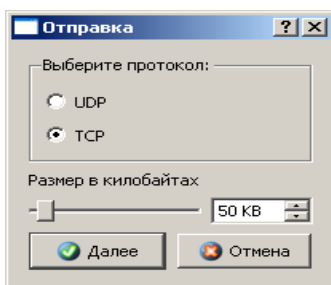


Рис. 5.6

## 5.2. Построение и тестирование компьютерной сети с топологией "звезда"

1. Добавить к сети еще один ПК, выполнив п.п. 3-5. Описать работу концентратора на основе наблюдения за движением пакетов информации. Проверить, что произойдёт, если для нового ПК задать уже имеющийся в сети адрес.

2. Составить отчёт о проделанной работе в текстовом редакторе с использованием изображений окон (скриншотов) программы NetEmul.

## 6. Лабораторная работа 2. Использование маршрутизатора

### 6.1. Объединение локальных компьютерных сетей

Оборудование: десять ПК, коммутатор (свитч), маршрутизатор (роутер).

1. Создать и настроить сеть (рис. 6.1), выбрав в контекстном меню пункт **Интерфейсы**.

*Подсеть 1.* Для ПК 1-5 задать IP-адреса от 192.168.1.1 до 192.168.1.5, маску – 255.255.255.128.

*Подсеть 2.* Для ПК 6-10 задать IP-адреса от 192.168.1.129 до 192.168.1.133, маску – 255.255.255.128.

Маски задать вручную.

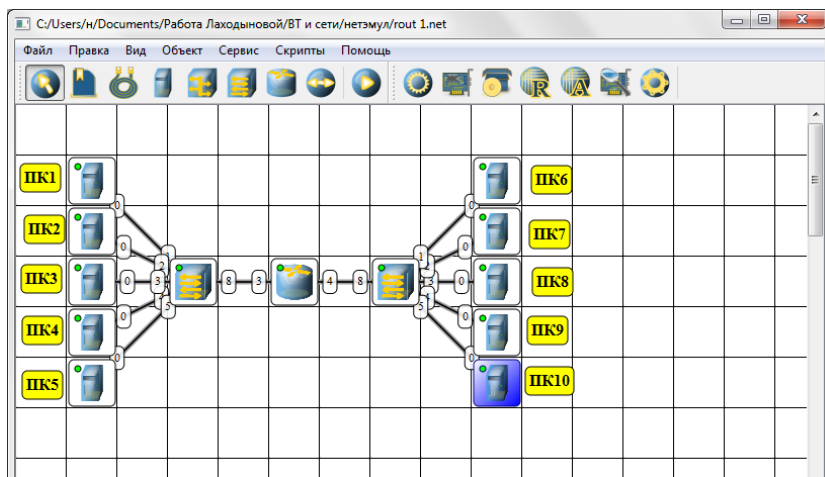


Рис. 6.1

2. Для каждого ПК выбрать в контекстном меню пункт **Свойства**, включить маршрутизацию и задать IP-адрес шлюза (порта роутера, с которым связана данная подсеть).

Для ПК 1–5 IP-адрес шлюза 192.168.1.126 (рис. 6.2).

Для ПК 6–10 IP-адрес шлюза 192.168.1.254.

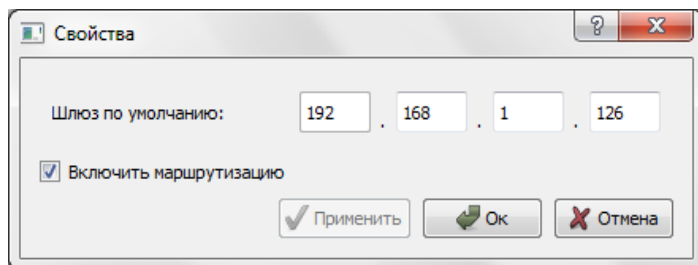


Рис. 6.2

## 6.2. Настройка маршрутизатора

1. По умолчанию маршрутизатор (роутер) имеет 4 порта LAN1–LAN4. Для того, чтобы обеспечить возможность подсоединения других подсетей, в пункте меню **Сервис** → **Настройки** нужно выбрать **Маршрутизатор** и указать 4 порта или больше (рис. 6.3).

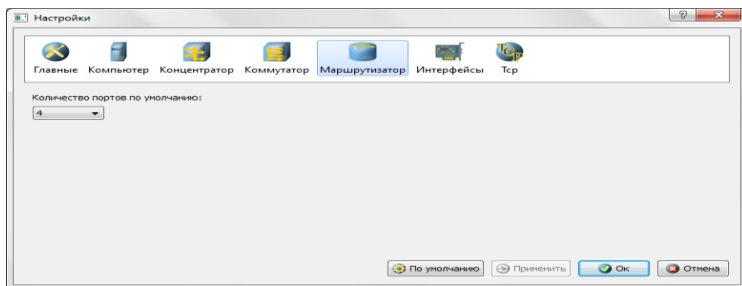


Рис. 6.3

2. Для порта, связанного с подсетью 1, указать IP-адрес 192.168.1.126. Этот порт является шлюзом для подсети 1. Для порта, связанного с подсетью 2, указать IP-адрес 192.168.1.254. Этот порт является шлюзом для подсети 2. На рис. 6.4 в качестве примера с подсетью 1 связан порт LAN3, а с подсетью 2 – LAN4. Зелёным цветом отмечаются подключённые порты, красным – свободные.

3. В контекстном меню роутера выбрать **Свойства** и включить маршрутизацию (отметить галочкой).

Сеть создана и настроена.

## 6.3. Тестирование сети

Обязательный этап – тестирование. Требуется проверить, не было ли ошибок в настройке.

Перемещение служебных сообщений можно наблюдать в анимации ещё в процессе настройки. Для более детального тес-

тирования желательно с каждого ПК отправить данные (пункт меню **Отправить данные**) и пользовательский пакет.

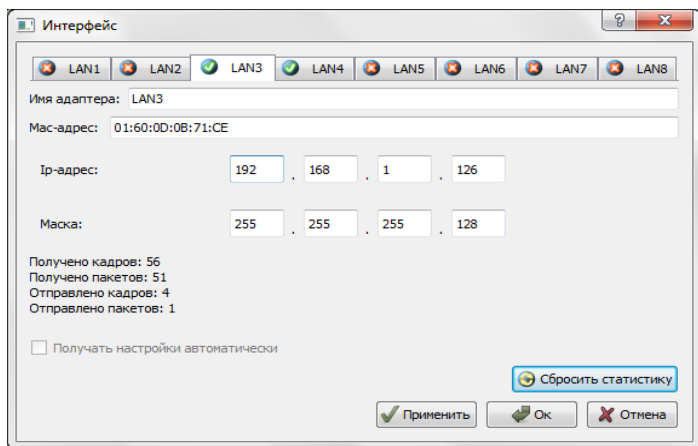


Рис. 6.4

### Создание пакета.

Один из способов создания пакета информации для передачи на конкретный IP-адрес состоит в следующем:

1. Выделить ПК-отправитель и в контекстном меню выбрать пункт **Конструктор пакетов** (рис. 6.5).

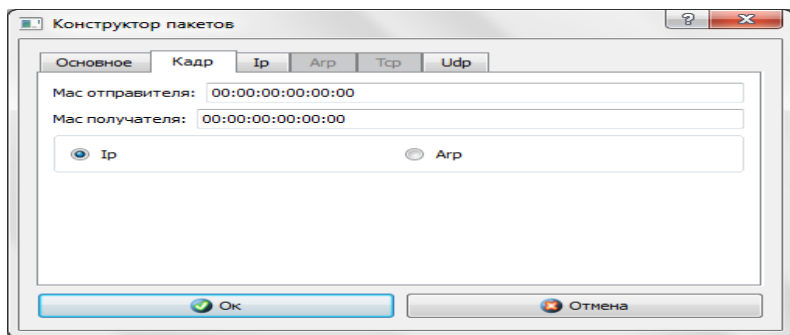


Рис. 6.5

2. Выбрать вкладку **Кадр** и отметить точкой **IP**.
3. Выбрать вкладку **IP**, выбрать протокол **TCP** и задать IP-адреса отправителя и получателя. Нажать **ОК** (рис. 6.6). Начнётся анимация процесса передачи данных.

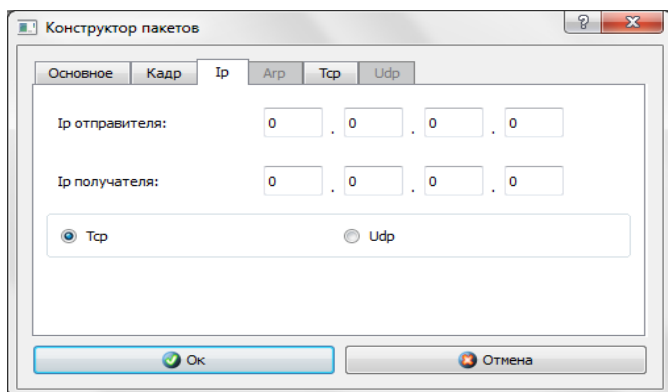


Рис. 6.6

Дополнительно следить за процессом передачи данных можно, открыв пункт контекстного меню **Показать журнал** для ПК-отправителя и ПК-получателя. Кроме того, при передаче данных появляются записи в ARP-таблице и в таблице маршрутизации.

Напомним, что ARP (*Address Resolution Protocol*) представляет собой сетевой протокол, предназначенный для преобразования IP-адресов (адресов сетевого уровня) в MAC-адреса (адреса канального уровня) в сетях TCP/IP.

**Таблица маршрутизации** — это таблица, которая хранится на маршрутизаторе или сетевом компьютере и описывает соответствие между адресами назначения и интерфейсами, через которые следует отправить пакет данных. Таблицы маршрутизации создаются автоматически для каждого ПК и маршрутизатора. В них заносятся динамические записи.

Разработчик сети может добавить свои записи. Для коммутаторов эта информация отражается в таблицах коммутации.

#### 6.4. Объединение сетей разных классов

До сих пор в данном учебном пособии речь шла о сетях, IP-адрес которых начинался на 192. Это сети класса C.

Объединим две сети разных классов. Каждая из подсетей представлена одним ПК (рис. 6.7). Вместо каждого из них может быть более сложная конфигурация ПК, объединённых в компьютерную сеть.

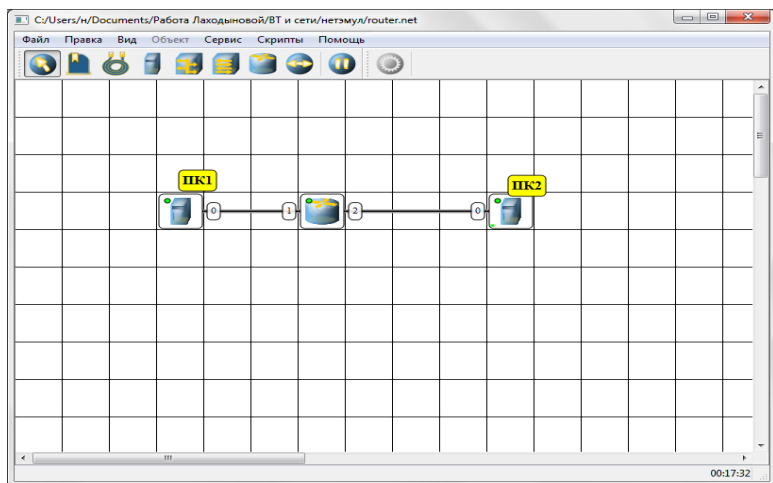


Рис. 6.7

##### 1. Настройка ПК.

*Подсеть 1:* ПК1 с IP-адресом 192.168.1.2, маска 255.255.255.128.

*Подсеть 2:* ПК2 с IP-адресом 10.0.0.2, маска 255.255.255.128.

##### 2. Настройка маршрутизатора (роутера).



Так как требуется объединить сети разных классов, то IP-адреса портов должны быть соответствующими по классу. Для порта LAN1 зададим IP-адрес 192.168.1.1, маску 255.255.255.128. Для порта LAN2 зададим IP-адрес 10.0.0.1, маску 255.255.255.128.

3. Тестирование сети (см. выше). При тестировании открыть журналы ПК и проанализировать записи.

4. Установить на оба ПК программы RIP.

Напомним, что RIP – это протокол маршрутизации в компьютерных сетях, который позволяет маршрутизаторам динамически обновлять маршрутную информацию.

На ПК1 нужно установить программу DHCP-клиент, а на ПК2 – DHCP-сервер. Программы устанавливаются из контекстного меню ПК пункт **Программы** (рис. 6.8). При нажатии кнопки **Добавить** появляется список программ.

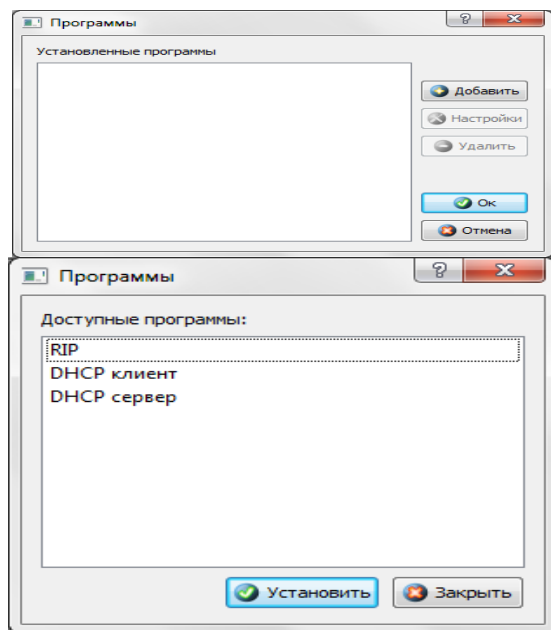


Рис. 6.8

5. Отправить данные и пользовательский пакет. Проанализировать журналы ПК. На рис. 6.9 показаны журналы ПК1 и ПК2.

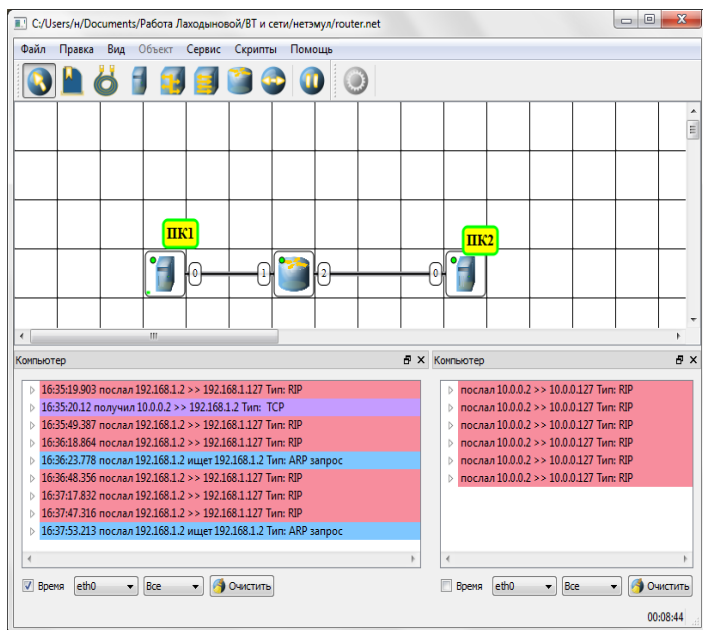


Рис. 6.9

## 7. Варианты контрольной работы

### Выбор варианта

Пусть  $M$  – число, состоящее из трёх последних цифр шифра (номера зачётной книжки). Тогда номер варианта  $N$  определяется по формуле:

$$N = \begin{cases} M, & \text{если } M \leq 30 \\ M - 30, & \text{если } 30 < M \leq 60 \\ M - 60, & \text{если } 60 < M \leq 90 \\ M - 90, & \text{если } 90 < M \leq 120 \end{cases}$$

Например, шифру 461-036 ( $M=36$ ) соответствует 6-й вариант; шифру 462-024 ( $M=24$ ) соответствует 24-й вариант; шифру 462-068 ( $M=68$ ) соответствует 8-й вариант.

### **Содержание контрольной работы**

Первые три задания – теоретические вопросы, на которые нужно дать письменные ответы.

Четвёртое задание (практическое) состоит из двух задач.

1. Зная IP-адрес компьютера и маску подсети определить:  
– адрес сети (адреса и маски записать в двоичном и десятичном виде).

– широковещательный адрес и диапазон IP-адресов компьютеров.

Разбить сеть на подсети с равным количеством адресов.

3. Объединить сети. Выполнить пункт 1 для объединённой сети.

Отчёт о выполнении контрольной работы нужно оформить как текстовый документ и представить в печатном и электронном вариантах.

### **Вариант 1**

1. Чем отличается сервер от рабочей станции?
2. Из каких основных сегментов состоят глобальные сети? Что называется хост-компьютером?
3. Какие функции выполняются на сетевом уровне модели OSI?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000001  
 Маска подсети 11111111 11111111 11111111 11000000  
 Объединить сети: 192.168.10.0/24 192.168.11.0/26  
 192.168.13.0/23

### Вариант 2

1. В чём заключаются преимущества объединения компьютеров в вычислительные сети?
2. Что такое топология компьютерной сети?
3. Когда применяются мосты и маршрутизаторы?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111010 00000011  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 11000000  
Объединить сети: 192.168.15.0/24 192.168.12.0/24  
192.168.13.0/23

### Вариант 3

1. Зачем при передаче файлов по сети нужны протоколы?
2. Каковы отличия различных сред передачи данных: витая пара, коаксиальный кабель, оптоволоконный кабель?
3. Как строится и функционирует локальная сеть шинной топологии?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000101  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/24 192.168.17.0/26  
192.168.11.0/23

### Вариант 4

1. Что представляет собой модель OSI?
2. В чём состоит суть метода доступа ArcNet?
3. Какие классы адресов используются в протоколе TCP/IP?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000011  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/23 192.168.15.0/25  
192.168.101.0/23

### Вариант 5

1. В чём заключаются функции маршрутизатора?
2. Какие функции выполняются на канальном уровне модели OSI?
3. Какие сети называются одноранговыми? Каковы их достоинства и недостатки?

4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000111  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/24 192.168.11.0/26  
192.168.11.0/23

### **Вариант 6**

1. Что называется компьютерной сетью? В чём заключается основное назначение компьютерной сети?
2. Каково назначение различных уровней модели сетевого взаимодействия (OSI)?
3. Какие классы адресов используются в протоколе TCP/IP?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000001  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 00000000  
Объединить сети: 192.168.11.0/26 192.168.101.0/23  
192.168.11.0/20

### **Вариант 7**

1. Для чего предназначены сетевые адаптеры и модемы?
2. Как строится и функционирует локальная сеть звездообразной топологии?
3. В чём состоит суть аналоговой технологии передачи данных в глобальных сетях?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000011  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети: 192.18.1.0/24 192.168.11.0/26  
192.168.13.0/23

### **Вариант 8**

1. Какие функции выполняются на прикладном уровне модели OSI?
2. Что понимается под топологией сети? Какие топологии являются базовыми для локальных сетей?

3. В сетях каких классов IP-адресов только 254 узла?
4. IP-адрес: 00001101 00100010 00111000 00010001  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 11000000  
Объединить сети: 192.168.101.0/24 192.168.11.0/26  
192.16.1.0/25

### **Вариант 9**

1. Что такое протоколы передачи данных? Какова их связь с моделью OSI?
2. В чём состоит суть метода доступа Token Ring?
3. Какие классы адресов используются в протоколе TCP/IP?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000011  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/26 192.168.21.0/24  
192.168.17.0/23

### **Вариант 10**

1. Какие функции выполняются на физическом уровне модели OSI?
2. Что такое клиент и сервер? В чём разница между клиентом и сервером?
3. Зачем нужен шлюз в глобальной сети?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000110  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 11000000  
Объединить сети: 192.168.101.0/22 192.168.21.0/26  
192.168.11.0/23

### **Вариант 11**

1. В чём состоит суть метода доступа Ethernet?
2. Когда применяются мосты и маршрутизаторы?
3. Каково назначение маски подсети?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000001  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000

Объединить сети:      192.168.1.0/24                      192.168.13.0/25  
192.168.23.0/23

### **Вариант 12**

1. Что такое канал передачи данных? Какие типы каналов используются в компьютерных сетях?
2. Как строится и функционирует локальная сеть кольцевой топологии?
3. Чем отличаются коммутируемые и выделенные линии связи?
4. IP-адрес:                      00001100 00100010 00111000 00010001  
    Маска подсети:            11111111 11111111 11111111 10000000  
    Объединить сети:        192.168.11.0/24                      192.168.13.0/26  
    192.168.7.0/23

### **Вариант 13**

1. Какие функции выполняются на представительском уровне модели OSI?
2. На чём основана цифровая технология передачи данных в глобальных сетях?
3. В сетях каких классов IP-адресов более 1000 узлов?
4. IP-адрес:                      00001100 00100010 00111000 00000001  
    Маска подсети:            11111111 11111111 11111111 11000000  
    Объединить сети:        192.168.111.0/24                      192.168.11.0/25  
    192.168.13.0/23

### **Вариант 14**

1. Какая принята классификация компьютерных сетей в зависимости от размера охватываемой ими территории?
2. Что такое сети с выделенным сервером? Каковы их достоинства и недостатки?
3. В чём состоит суть аналоговой технологии передачи данных в глобальных сетях?

4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000011  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 11000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/24 192.168.11.0/24  
192.168.107.0/23

### **Вариант 15**

1. Какие функции выполняются на сеансовом уровне модели OSI?
2. Чем отличается сервер от рабочей станции?
3. Для чего предназначены шлюзы, какие операции выполняют?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00001001  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/24 192.168.35.0/26  
192.168.121.0/23

### **Вариант 16**

1. Что такое канал передачи данных? Какие типы каналов используются в компьютерных сетях?
2. Что понимается под топологией сети? Какие топологии являются базовыми для локальных сетей?
3. Как осуществляется в глобальных сетях передача данных с коммутацией пакетов?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000001  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 00000000  
Объединить сети: 192.168.11.0/24 192.168.1.0/26  
192.168.17.0/23

### **Вариант 17**

1. Что такое компьютерные сети, каков их состав и назначение?
2. Из каких основных сегментов состоят глобальные сети? Что называется хост-компьютером?
3. Какие функции выполняются на сетевом уровне модели OSI?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000001  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 11000000



Объединить сети:      192.168.11.0/24                      192.168.15.0/26  
192.168.17.0/23

### **Вариант 18**

1. В чём заключаются преимущества объединения компьютеров в вычислительные сети?
2. Что такое топология компьютерной сети?
3. Когда применяются мосты и маршрутизаторы?
4. IP-адрес:                      00001100 00100010 00111000 00000001  
Маска подсети:              11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети:      192.168.1.0/24                      192.168.11.0/26  
192.168.21.0/23

### **Вариант 19**

1. Какие функции выполняются на транспортном уровне модели OSI?
2. Что такое сети с выделенным сервером? Каковы их достоинства и недостатки?
3. В чём состоит суть аналоговой технологии передачи данных в глобальных сетях?
4. IP-адрес:                      00001100 00100010 00111000 00000011  
Маска подсети:              11111111 11111111 11111111 11100000  
Объединить сети:      192.168.1.0/26                      192.168.13.0/24  
192.168.17.0/25

### **Вариант 20**

1. Каково назначение концентраторов и коммутаторов? В чём их различие?
2. В чём состоит суть метода доступа ArcNet?
3. Какие классы адресов используются в протоколе TCP/IP?
4. IP-адрес:                      00001100 00100010 00111000 00000001  
Маска подсети:              11111111 11111111 11111111 11000000  
Объединить сети:      192.168.1.0/24                      192.168.12.0/26  
192.168.128.0/23

### Вариант 21

1. Что понимается под абонентской станцией и коммуникационной сетью?
2. Какие сети называются одноранговыми? Каковы их достоинства и недостатки?
3. В чём заключаются функции маршрутизатора?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000111  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/26 192.168.11.0/24  
192.168.103.0/23

### Вариант 22

1. Что называется компьютерной сетью? В чём заключается основное назначение компьютерной сети?
2. Каковы отличия компьютеров-серверов и компьютеров-клиентов?
3. Каково назначение различных уровней модели сетевого взаимодействия (OSI)?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000001  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 11000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/24 192.168.17.0/26  
192.168.9.0/23

### Вариант 23

1. Какую структуру имеет пакет, передаваемый по сети?
2. Как строится и функционирует локальная сеть звездообразной топологии?
3. В чём состоит суть аналоговой технологии передачи данных в глобальных сетях?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00001101  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/24 192.168.7.0/25  
192.168.5.0/23

### **Вариант 24**

1. Для чего предназначены репитеры и концентраторы?
2. В чём состоит суть метода доступа Ethernet?
3. Когда применяются мосты и маршрутизаторы?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000101  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/24 192.168.11.0/26  
192.168.111.0/23

### **Вариант 25**

1. Что называется сетевым трафиком? В каких единицах измеряется скорость передачи данных по линии связи?
2. Какие функции выполняются на физическом уровне модели OSI?
3. Зачем нужен шлюз в глобальной сети?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000111  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 11000000  
Объединить сети: 192.168.11.0/24 192.168.11.0/26  
192.168.1.0/23

### **Вариант 26**

1. Что такое протоколы передачи данных? Какова их связь с моделью OSI?
2. В чём заключаются особенности беспроводных технологий передачи данных в компьютерных сетях?
3. В чём состоит суть метода доступа Token Ring?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000011  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/24 192.168.12.0/25  
192.168.128.0/23

### **Вариант 27**

1. Чем отличается сервер от рабочей станции?

2. Из каких основных сегментов состоят глобальные сети? Что называется хост-компьютером?
3. Какие функции выполняются на сетевом уровне модели OSI?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00000101  
 Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
 Объединить сети: 192.168.1.0/25 192.168.11.0/23  
 192.168.103.0/21

### **Вариант 28**

1. Для чего предназначены сетевые адаптеры и модемы?
2. Какие функции выполняются на сеансовом уровне модели OSI?
3. Для чего предназначены шлюзы, какие операции выполняют?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00001101  
 Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 11000000  
 Объединить сети: 192.168.1.0/20 192.168.17.0/24  
 192.168.9.0/21

### **Вариант 29**

1. Какие вы знаете виды сетей и способы передачи информации в них?
2. Что понимается под топологией сети? Какие топологии являются базовыми для локальных сетей?
3. Как осуществляется в глобальных сетях передача данных с коммутацией пакетов?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00001011  
 Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 10000000  
 Объединить сети: 192.168.1.0/22 192.168.7.0/23  
 192.168.5.0/21

### **Вариант 30**

1. Каково назначение концентраторов и коммутаторов? В чём их различие?

2. Какие функции выполняются на прикладном уровне модели OSI?
3. Что понимается под топологией сети? Какие топологии являются базовыми для локальных сетей?
4. IP-адрес: 00001100 00100010 00111000 00001101  
Маска подсети: 11111111 11111111 11111111 11000000  
Объединить сети: 192.168.1.0/24 192.168.11.0/26  
192.168.111.0/23

## **Библиографический список**

1. *Компьютерные сети*. Учебный курс / Пер. с англ. – М.: Издательский отдел "Русская редакция" ТОО "Channel Trading Ltd.", 1997. – 696 с.
2. *Архитектура компьютерных систем и сетей: учебное пособие* / Т.П. Барановская, В.И. Лойко и др.; под ред. В.И. Лойко. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 256 с.
3. *Пятибратов, А.П.* Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко; под ред. А.П. Пятибратова – М.: Финансы и статистика, 2004. – 512 с.
4. *Таненбаум, Э.* Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – СПб: Изд-во Питер, 2013, – 960 с.
5. *Кузин, А.В.* Компьютерные сети: учебное пособие / А.В. Кузин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 192 с.
6. *Максимов, Н.В.* Архитектура ЭВМ и вычислительных систем: учебник / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015 – 512 с.
7. *Максимов, Н.В.* Компьютерные сети: учебное пособие для студ. учрежд. СПО / Н.В. Максимов, И.И. Попов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 464 с.

8. *Исаченко, О.В.* Программное обеспечение компьютерных сетей: учебное пособие / О.В. Исаченко. – М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 117 с.

9. *Чеканов, В.С.* Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. (Курс лекций и лабораторный практикум) [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.С. Чеканов, Н.В. Кандаурова, С.В. Яковлев, В.П. Яковлев и др. – 2-е изд., стер. – М.: ФЛИНТА, 2013. – 344 с.

10. *Организация и функционирование компьютерных сетей*: методические указания / Сост. А.И. Гедике, М.Е. Семёнов. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2009, – 41 с.

11. *Вычислительная техника и сети*: методические указания / Сост. Н.В. Лаходынова, А.И. Гедике – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 38 с.

12. *Сайт разработчиков программы Nttemul* [Электронный ресурс] / URL: <http://netemul.sourceforge.net> (дата обращения: 21.07.2013).