

Е.О.НОВОЖИЛОВ, О.П.НОВОЖИЛОВ

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Рекомендовано

*Федеральным государственным автономным учреждением
«Федеральный институт развития образования» (ФГАУ «ФИРО»)
в качестве учебного пособия для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы среднего профессионального
образования по специальности «Информационные системы (по отраслям)»*

*Регистрационный номер рецензии 423
от 24 июля 2012 г. ФГАУ «ФИРО»*

2-е издание, переработанное и дополненное



Москва
Издательский центр «Академия»
2013

УДК 004.7(075.32)
ББК 32.973.202.2я723
Н741

Рецензент —

старший научный сотрудник ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии А.А. Соломашкин

Новожилов Е.О.

Н741 Компьютерные сети : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.О.Новожилов, О.П.Новожилов. — 2-е издание перераб. и доп. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 224 с.

ISBN 978-5-7695-8952-2

Рассмотрены компьютерные сети и тенденции их развития. Описаны модель взаимодействия открытых систем и стандартные стеки коммуникационных протоколов. Приведены основные понятия. Рассмотрен широкий круг вопросов, касающихся структурно-функциональной организации сетей, формирования и обработки сигналов, межсетевого взаимодействия, оборудования сетей и сетевых технологий. Даны сведения по наиболее распространенным архитектурам локальных и глобальных сетей. Значительное внимание уделено административному управлению, безопасности и мониторингу сетей, а также возможным неисправностям в сетях и их устранению.

Учебное пособие может быть использовано при изучении общепрофессиональной дисциплины «Компьютерные сети» в соответствии с требованиями ФГОС СПО для специальности 230401 «Информационные системы (по отраслям)».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 004.7(075.32)
ББК 32.973.202.2я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 978-5-7695-8952-2

© Новожилов Е. О., Новожилов О. П., 2011
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Данное издание является частью учебно-методического комплекта по специальности 230401 «Информационные системы (по отраслям)».

Учебное пособие предназначено для изучения дисциплины «Компьютерные сети».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Учебно-методический комплект разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования с учетом его профиля.

Предисловие

Компьютерные сети и сетевые технологии оказывают постоянно возрастающее влияние на все стороны нашей жизни. Их стремительное развитие требует широких и глубоких знаний, чему способствует введение дисциплины по компьютерным сетям в стандарты и учебные планы многих специальностей.

Цель учебника — дать целостное представление о компьютерных сетях: об основных понятиях, назначении, разновидностях, концепциях, технологиях, протоколах и администрировании сетей, а также тенденциях их развития.

Учебник содержит восемь глав.

В *главе 1* изложены вопросы структурно-функциональной организации сетей. Определены основные понятия, рассмотрена обобщенная структура телекоммуникационной сети, дана классификация и приведены принципы организации сетей по таким признакам, как архитектура, топология, операционная система, способ администрирования сети и др. Рассмотрены характеристики сетей и качество услуг, основные типы сетевых устройств и виды сред передачи данных.

В *главе 2* показана роль стандартизации и сетевых моделей для построения сетей и разработки сетевых технологий. Приведено описание семиуровневой сетевой модели. Рассмотрены стеки протоколов TCP/IP и IPX/SPX.

Глава 3 посвящена вопросам, связанным с переходом от исходного сообщения (информации) к сигналам, передаваемым по линиям связи: сигналы и их представление, кодирование, модуляция, мультиплексирование и демультиплексирование, компрессия-декомпрессия данных, обнаружение и исправление ошибок.

В *главе 4* рассмотрены базовые сетевые технологии: методы доступа к сети, коммутации и передачи данных, адресации узлов сети и маршрутизации.

Глава 5 посвящена сетевому оборудованию. Рассмотрены линии связи и их основные характеристики, проводные и беспроводные среды передачи данных. Показаны особенности использования мостов для логической структуризации сети. Приведена

схемная реализация коммутатора, дано описание принципа его работы и выполняемые функции.

В главе 6 основное внимание уделено наиболее распространенным в нашей стране локальным сетям Ethernet. Рассмотрены особенности других архитектур сетей.

В главе 7 представлены структура и состав, стандартные интерфейсы и общие сведения о различных типах глобальных сетей. Рассмотрены сети с коммутацией каналов и пакетов: сети плезиохронной (PDH) и синхронной (SDH/SONET) цифровых иерархий, цифровая абонентская линия DSL, сети с уплотненным волновым мультиплексированием (DWDM), сети X.25, Frame Relay, ISDN и ATM. Приведены краткие сведения об Internet.

В главе 8 изложены основополагающие вопросы администрирования сетей. Рассмотрены основные задачи, принципы и некоторые виды управления сетями; основные понятия, политика, планирование, средства и технологии безопасности; основные понятия, термины, задачи и средства мониторинга сетей, а также возможные неисправности в сетях и их устранение.

При написании учебника авторы стремились учесть современные тенденции развития сетей и сетевых технологий. При этом большое внимание уделено выбору содержания тем и последовательности их изложения. Для лучшего восприятия и понимания сути излагаемых вопросов материал подробно структурирован, использованы текстовые выделения, дано большое количество иллюстраций.

Авторы надеются, что приведенный в учебнике материал поможет учащимся сформировать целостное представление об основных концепциях и общих тенденциях развития компьютерных сетей.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТЕЙ

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Появление компьютерных сетей обусловлено развитием вычислительной техники и телекоммуникационных технологий. Компьютерную сеть можно представить:

- как распределенную вычислительную систему, в которой группа компьютеров решает одну общую задачу, обмениваясь между собой данными в автоматическом режиме;
- систему передачи информации на большие расстояния, в которой используются способы обработки данных (кодирования, мультиплексирования и др.), присущие различным телекоммуникационным технологиям.

К первой компьютерной сети относят *глобальную сеть* с коммутацией пакетов ARPAnet (Advanced Research Projects Agency network — сеть управления перспективного планирования научно-исследовательских работ), которая была создана в 1969 г. в США для объединения суперкомпьютеров оборонных и научно-исследовательских центров, находящихся в разных городах. Появлению и развитию глобальных сетей способствовало наличие телефонных линий передачи, которые с помощью модемов обеспечивали многочисленным пользователям удаленный доступ к разделяемым ресурсам мощных компьютеров класса суперЭВМ.

Внедрению и интенсивному развитию *локальных сетей* (ЛС) способствовала разработка больших интегральных схем и создание на их основе персональных компьютеров. Появление таких сетей относится к началу 1980-х гг., когда широко распространенный компьютер Apple II и накопители на жестких магнитных дисках (винчестеры) к нему были тогда еще настолько дорогими, что колледжи не могли приобретать их для организации обучения. Компания *Corvus* обратила внимание на эту проблему и создала первую локальную вычислительную сеть, предназначенную для

использования в системе школьного образования. Школы приобретали один винчестер достаточно большой емкости, нужно было компьютеров Apple II без дисководов и соединяли их посредством локальной вычислительной сети. Каждый школьник как пользователь Apple II получал через сеть доступ к винчестеру и иллюзорно становился его единоличным обладателем.

В последние годы проявились и стали нарастать тенденции глобального и всестороннего сближения, или *конвергенции* (Convergence), различных видов телекоммуникационных сетей, что обусловлено широким распространением компьютеров и цифровых методов обработки информации.

Телекоммуникационная сеть и ее составные части. Термин «телекоммуникация» (от греч. *tele* — далеко, вдалеку и от лат. *communico* — делаю общим, связываю) можно трактовать как связь на расстоянии, поэтому под *телекоммуникационной сетью* будем понимать совокупность средств, обеспечивающих передачу информации между двумя оконечными устройствами (абонентами). В состав сети входят:

- *сетевое оборудование.* Включает в себя *оконечные* устройства (персональные компьютеры, серверы, аудио- и видеоприборы, сетевые принтеры, факс-аппараты, считыватели штрих-кодов и др.) и *коммуникационное* оборудование (проводная, кабельная и (или) беспроводная среда передачи данных, а также такие промежуточные устройства, как сетевые адаптеры, модемы, повторители, мосты, коммутаторы и др.);
- *средства поддержки сетевого оборудования.* В такой сложной системе, какой является телекоммуникационная сеть, необходимо иметь более широкий арсенал программного обеспечения, а также стандартные наборы (стеки) коммуникационных протоколов, которые определяют правила взаимодействия сетевых устройств.

Структура телекоммуникационной сети. Телекоммуникационная сеть имеет иерархическую структуру (рис. 1.1), отражающую интенсивность трафика между отдельными ее узлами, расположенными в различных зданиях, населенных пунктах и регионах. Узлами сети являются *коммутаторы*, представляющие собой многопортовые устройства, к которым подключены линии связи. Рассмотрим отдельные компоненты телекоммуникационной сети.

Терминальные устройства пользователей расположены на периферии телекоммуникационной сети и составляют самый нижний уровень ее иерархии. Обычно тип используемых

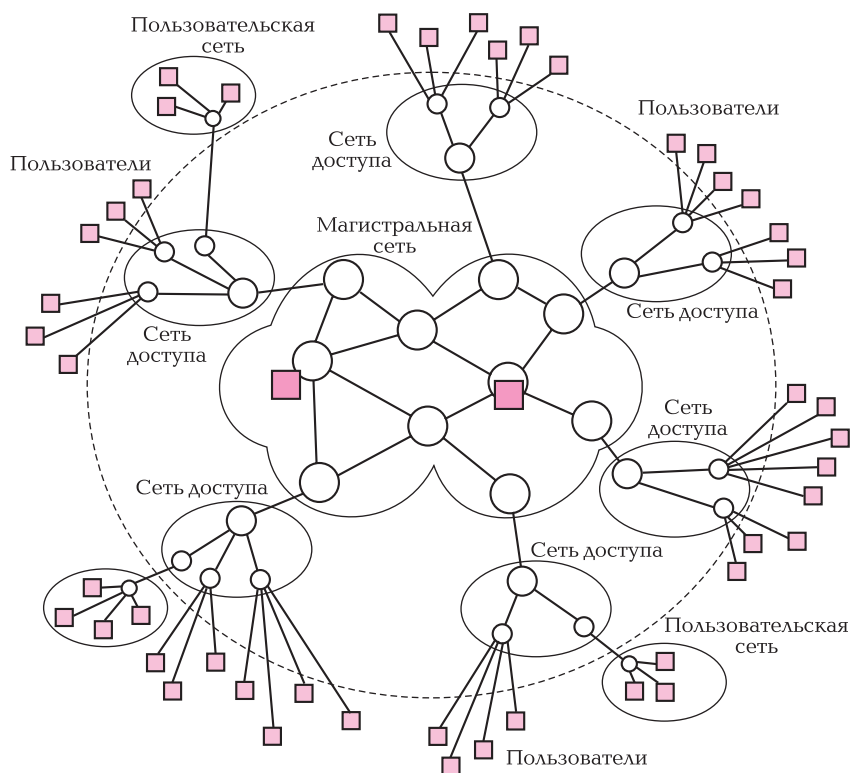


Рис. 1.1. Обобщенная структура телекоммуникационной сети:

○ ○ ○ ○ — коммутаторы; ■ — информационный центр; □ — терминальное устройство

терминальных устройств определяет название сети. Основными терминальными устройствами в компьютерной сети являются компьютеры, в телефонной — телефонные аппараты, в телевизионной — телевизионные приемники, в радиовещательной — радиоприемники.

Информация от пользователей по абонентским каналам, часто называемым *абонентскими окончаниями*, поступает на коммутаторы сети доступа.

Сеть доступа представляет следующий уровень иерархии телекоммуникационной сети. Крупная сеть доступа может состоять из нескольких уровней. Основные функции сети доступа состоят:

- в объединении, или мультиплексировании, информационных потоков, поступающих от многочисленных пользовательских устройств, в один общий поток, и передаче агрегированного потока в коммутатор магистральной сети;
- приеме и разделении, или демультиплексировании, агрегированного потока на отдельные потоки таким образом, чтобы на входной порт оборудования пользователя поступала только адресованная ему информация.

Магистральная сеть предназначена для транзита агрегированных информационных потоков из сети доступа отправителей в сеть доступа получателей. Она содержит коммутаторы и высокоскоростные линии связи (магистралы).

Информационный центр, или центр управления сервисами, предназначен для оказания информационных услуг пользователям (абонентам) сети. Всем известны информационные услуги Internet, а также телефонных сетей (справочные услуги, вызов скорой помощи и милиции) и сетей сотовой связи (проведение телеголосования).

Отметим, что каждая телекоммуникационная сеть имеет свои особенности, например: в малых телефонных и компьютерных сетях отсутствуют информационные центры; сеть доступа и магистраль локальной компьютерной сети могут быть представлены отрезками кабеля; сеть доступа радиовещательной и телевизионной сетей выполняет только распределительные функции, поскольку информация в них передается в одном направлении (в сторону абонентов).

Основные понятия. Под *сетевой архитектурой* (Architecture) понимают совокупность средств, обеспечивающих полноценное функционирование сети. Архитектура сети дает полное представление о ее структурно-функциональной организации и возможностях по оказанию услуг абонентам. Это емкое понятие включает в себя:

- совокупность используемых базовых аппаратных средств и сетевых технологий;
- набор спецификаций (или стандартов), определяющих сетевую модель, физическую и логическую топологии, типы кабелей, ограничения на расстояние, методы сетевого доступа, размер пакетов, структуру заголовков и другие параметры и характеристики сети. *Спецификация* — это формализованное описание аппаратных и (или) программных компонентов, способов их взаимодействия с другими компонентами, условий эксплуатации, ограничений и особых характеристик;

- совокупность услуг, которыми могут пользоваться абоненты сети.

Под *сетевой технологией* понимают совокупность способов (методов, алгоритмов) обработки информации (цифровых данных), поддерживаемых соответствующими аппаратными средствами и программным обеспечением в процессе передачи информации от одного абонента сети к другому. Сетевая технология является составной частью архитектуры сети.

При классификации сетей по архитектуре часто выделяют основные общие признаки, присущие той или иной сети. Существуют следующие архитектуры *локальных сетей*: Ethernet, Token Ring, AppleTalk и ARCnet. В *глобальных сетях* выделяют архитектуры X.25, Frame Relay, ATM, ISDN и др.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ

В настоящее время в мире насчитывается огромное число различных телекоммуникационных сетей. Их основные классификационные признаки приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Признак	Перечень и название признаков или сетей
Тип оконечного устройства	Компьютерная, телефонная, телевизионная, радиовещательная, радиотелефонная и другие сети
Цель создания	Широковещание (телевизионная и радиовещательная сети). Двусторонний обмен (телефонная сеть, сеть сотовой связи). Передача цифровых данных (компьютерные сети, Internet)
Охват пользователей или территории	Локальная, городская, глобальная и другие сети
Топология и соединения	Шинная, кольцевая, звездообразная, древовидная, ячеистая, смешанная и другие топологии. Соединение точка — точка и один — ко многим
Среда передачи данных	Проводная среда (коаксиальный кабель, витая пара, оптоволокно). Беспроводная среда (канал радиосвязи, спутниковый канал, канал сотовой связи)

Признак	Перечень и название признаков или сетей
Управление доступом к сети	Случайный и детерминированный доступ
Принцип организации обмена	Сети с коммутацией каналов, сообщений, пакетов
Принадлежность сети	Сеть оператора сети (поставщика услуг), частная, корпоративная, публичная сети
Выполняемые функции	Первичные и вторичные (наложенные) сети. Пользовательская сеть, сеть доступа, магистральная сеть
Однородность	Однородная сеть с однородным оборудованием. Неоднородная сеть с разнотипным оборудованием
Организация управления	Централизованное управление. Децентрализованное (распределенное) управление
Способ соединения	Физические сети с постоянным соединением абонентов. Виртуальные сети, соединения в которых могут изменяться

Среди компьютерных сетей важное место занимают локальные и глобальные сети.

Локальные сети (Local Area Network — LAN) обслуживают ограниченное число абонентов и располагаются на ограниченной площади. Примером могут служить сети Ethernet, Token Ring и др.

Глобальные сети (Wide Area Networks — WAN) охватывают большую географическую территорию с огромным количеством абонентов. К глобальным сетям относят Internet, ISDN, X.25, ATM и др.

С точки зрения *управления разделяемыми ресурсами*, или *агминистрирования*, компьютерные сети разбивают на одноранговые и сети клиент-сервер.

В *одноранговых сетях* пользователь самостоятельно управляет ресурсами своего компьютера, при этом каждый компьютер выполняет функции и клиента (Client — пользователь) и сервера (Server — обслуживающее устройство).

В *сетях клиент-сервер* все функции управления сосредоточены на центральном компьютере (сервере) со специальной сетевой операционной системой (ОС).

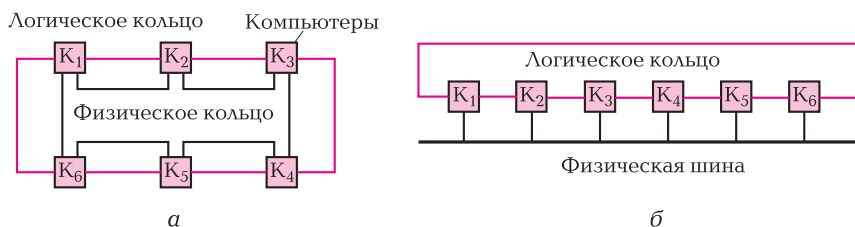


Рис. 1.2. Совпадение (а) и различие (б) физической и логической топологий сетей

Ознакомимся с другими признаками и наиболее распространенными типами сетей.

Топология сетей. Под *топологией* понимают конфигурацию или геометрическую структуру сети. Различают *физическую топологию*, определяющую правила физических соединений узлов сети или путь прокладки кабелей, и *логическую*, которая обуславливает направления потоков данных между узлами сети. Логическая и физическая топологии относительно независимы друг от друга: обе топологии могут совпадать (рис. 1.2, а) или отличаться одна от другой (рис. 1.2, б).

К наиболее распространенным относятся следующие физические топологии: шинная, кольцевая, звездообразная, полносвязная (табл. 1.2).

При *шинной топологии* сеть строится путем последовательного соединения отрезков кабеля от одного узла (компьютера) к другому. Совокупность отрезков образует шину (рис. 1.3, а). К каждому

Таблица 1.2

Виды топологии	Достоинства	Недостатки
Шинная	Простота и низкие затраты реализации	Сигналы подвержены затуханию. Обрыв кабеля приводит к выходу из строя всей сети
Кольцевая	Простота реализации и устранение неполадок	Требуется больше кабеля, чем для шины. Обрыв кабеля приводит к выходу из строя всей сети. Трудности при подключении нового компьютера

Виды топологии	Достоинства	Недостатки
Звездообразная и древовидная	При отключении компьютера сохраняется работоспособность сети. При использовании активного концентратора происходит усиление сигнала. Простота добавления и удаления компьютеров	Большие финансовые затраты, обусловленные увеличением длины кабеля и покупкой концентраторов
Полносвязная и ячеистая	Высокая надежность работы (отказоустойчивость)	То же

свободному концу шины должна быть подключена оконечная нагрузка T , называемая *терминатором*. При отсутствии терминаторов происходит отражение сигнала, нарушающее нормальную работу сети. Один из терминаторов должен быть заземлен. Сообщения, посылаемые каждым компьютером, поступают на все подключенные к шине компьютеры. Сетевой адаптер каждого компьютера анализирует заголовки поступающих сообщений, по которым определяет, кому предназначено сообщение. Сообщение, посланное данному компьютеру, обрабатывается, в противном случае — отбрасывается.

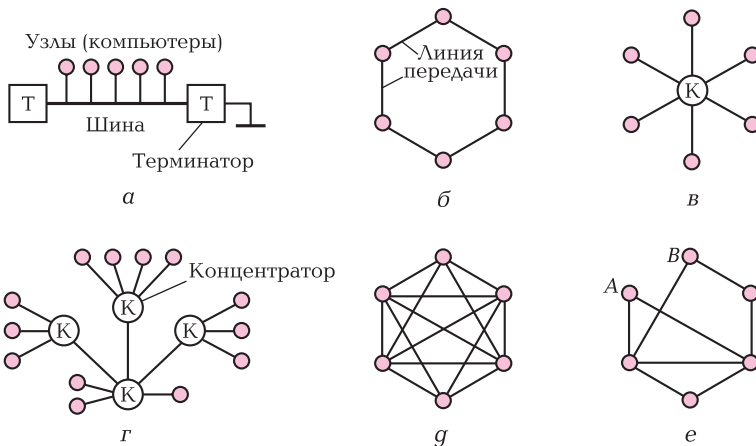


Рис. 1.3. Виды топологии сетей:

а — шинная; б — кольцевая; в — звездообразная; г — древовидная; д — полносвязная; е — ячеистая