

УДК 004.7
К71

Рецензент
канд. техн. наук, доц. *А.И. Широков*

Косарев В.А., Игнаткин А.А.

К71 Локальные вычислительные сети: Учеб. пособие. – М.: МИСиС, 2005. – 149 с.

В учебном пособии рассмотрены как аппаратные, так и программные составляющие технологии локальных вычислительных сетей (ЛВС). На уровне современных технологий описаны методы, схемы, устройство, аппаратура и программное обеспечение для реализации технологий совместного использования информации между пользователями в ЛВС. Проведен сравнительный анализ архитектуры и программного обеспечения распространенных сетевых операционных систем Windows, UNIX, Novell Netware, описаны особенности их эксплуатации.

Данное пособие рекомендуется использовать для подготовки к лекциям, при проведении лабораторных работ и подготовке к экзамену по курсу «Локальные вычислительные сети».

Содержание пособия соответствует учебной программе по курсу «Локальные вычислительные сети».

Предназначено для студентов специальностей 071900 «Информационные системы (область применения – экономика)» и 220200 «Автоматизированные системы обработки информации и управления».

© Московский государственный институт
стали и сплавов (Технологический
университет) (МИСиС), 2005

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. Принципы организации компьютерных сетей.....	6
1.1. Задачи объединения компьютеров в сеть.....	6
1.2. Организация взаимодействия между компьютерами в сети.....	7
1.3. Локальные, территориальные и глобальные сети.....	9
1.4. Основные способы объединения компьютеров в сеть.....	12
2. Сетевые стандарты.....	17
2.1. Проблемы стандартизации сетевых технологий.....	17
2.2. Характеристики локальных сетей.....	18
2.3. Сетевая модель Open System Interconnection (OSI).....	19
2.4. Стандартные топологии локальных сетей.....	24
3. Среда передачи данных.....	26
3.1. Сигналы физического уровня.....	26
3.2. Электрические кабельные линии связи.....	29
3.3. Волоконно-оптический кабель.....	32
3.4. Беспроводные линии связи.....	37
4. Протоколы канального уровня.....	39
4.1. Структура стандартов IEEE 802.x.....	39
4.2. Протоколы с установлением и без установления соединения.....	41
4.3. Процедуры уровня Logical Link Control (LLC).....	42
4.4. Протоколы уровня Medium Access Control (MAC).....	45
4.5. Ethernet – протокол канального уровня стандарта 802.3.....	47
5. Характеристики, оборудование и принципы планирования сетей Ethernet.....	53
5.1. Сетевые карты.....	53
5.2. Повторители, усилители, медиаконвертеры.....	54
5.3. Сеть 10Base5.....	55
5.4. Сеть 10Base2.....	57
5.5. Сети 10BaseT и 100BaseT.....	58
5.6. Особенности сетей стандарта Gigabit Ethernet.....	62
6. Архитектура сетей Token Ring и FDDI.....	68
6.1. Метод доступа к носителю с помощью кольцевого маркера.....	68
6.2. Формат кадров в сетях Token Ring.....	70
6.3. Оборудование сети Token Ring.....	71
7. Сетевые устройства для интеграции сегментов ЛВС.....	77
7.1. Мосты.....	77
7.1.1. Прозрачные мосты.....	78
7.1.2. Мосты, работающие по алгоритму связующего дерева.....	80

7.1.3. Мосты с маршрутизацией от источника.....	83
7.2. Коммутаторы	85
8. Протоколы сетевого уровня	89
8.1. стек протоколов TCP/IP	89
8.2. IP-адресация	92
8.3. Протокол IP	95
8.4. Протокол ARP	96
8.5. Протокол UDP	97
8.6. Протокол TCP	98
8.7. Пример пересылки сообщений в TCP/IP	101
8.8. Прикладные программы диагностики стека протоколов TCP/IP	103
8.9. стек IPX/SPX	104
8.10. стек протоколов NetBIOS/SMB	108
9. Задачи Прикладного уровня	111
9.1. Основные понятия сетевых операционных систем	111
9.2. Кластерные операционные системы	112
9.3. Семейство мобильных операционных систем UNIX	113
9.4. Сетевая операционная система Novell NetWare	117
9.5. Сетевые приложения	119
9.6. Сетевое администрирование	119
10. Организация локальной сети на базе Windows NT	121
10.1. Основные функции ОС Windows NT	121
10.2. Windows NT 4 Server	123
10.3. Windows 2000 Server	128
11. Управление пользователями.....	132
11.1. Учетные записи пользователей	132
11.2. Профили пользователей.....	133
11.3. Управление пользователями и компьютерами в Windows 2000	134
12. Система безопасности Windows NT	137
12.1. Стратегия защиты локальных сетей	137
12.2. Структура системы безопасности Windows NT	137
12.3. Файловая система NTFS	140
13. Управление локальной вычислительной сетью.....	142
13.1. Базовая архитектура системы управления ЛВС	142
13.2. Модель управления сетью ISO.....	143
13.3. Сравнительный анализ протоколов управления ЛВС SNMP и CMIP	145
13.4. Управление сетями Ethernet	146
Библиографический список.....	148

ВВЕДЕНИЕ

Локальные сети – самый распространенный тип компьютерных сетей, используемый для передачи информации между несколькими пользователями. Локальные сети лежат в основе муниципальных сетей, глобальной сети Интернет. Алгоритмы и технологии передачи данных, используемые сегодня в самых разных сетевых приложениях, первоначально были предложены для использования в локальных сетях. Поэтому для того, чтобы изучить функционирование сетевых приложений в муниципальных и глобальных сетях, требуется изучить их работу в сетях локальных.

В данном пособии множество взаимозависимых вопросов построения и функционирования сетей разделено по семи уровням, которые представляют собой задачи, обязательно решаемые каждым приложением для передачи и приема данных в сети.

С локальными сетями встречается каждый пользователь, имеющий компьютер. Со временем, по мере объединения сетью самых разных компьютеризированных устройств, роль локальных сетей будет только увеличиваться. Знания, приобретенные при изучении этого курса, окажутся полезными и актуальными еще долгое время, несмотря на постоянное развитие и совершенствование технологий передачи данных.

1. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

1.1. Задачи объединения компьютеров в сеть

Компьютерная сеть – набор автономных компьютеров, связанных с целью обмена информацией. Часто слово "компьютерная" опускают и используют термин "сеть" для обозначения такого рода взаимодействия между компьютерами.

Для организации такого соединения могут быть использованы медные провода, или оптоволокно, или радиосвязь, в том числе высокочастотная и через спутники связи.

Требование автономности компьютеров выдвигается для того, чтобы разделить компьютерные сети и системы с одним управляющим устройством и несколькими управляемыми. Такие системы мы подробно рассматривать не будем, они не являются сетью.

Почему люди используют сети? Сформулируем основные причины использования сетей.

1. Совместное использование ресурсов несколькими пользователями. Во-первых, дорогое устройство может использоваться совместно, а во-вторых, можно не обращать внимания на расстояния между пользователями.

2. Обеспечение высокой надежности с помощью альтернативных источников информации. Копии данных могут находиться на разных устройствах в сети, и если недоступно одно, то доступно другое.

3. Экономия средств. Для целого класса задач решение, полученное с помощью сети, будет дешевле, чем решение, которое можно получить с помощью суперкомпьютера. Дело в том, что суперкомпьютер (мейнфрейм) в организации обычно один, и он обслуживает ограниченное количество терминалов, в то время как мощных серверов может быть несколько (из-за дешевизны по сравнению с мейнфреймом) и их вычислительные мощности разделяются многими пользователями, количество которых не лимитировано.

4. Масштабируемость, т.е. способность увеличивать производительность системы по мере роста нагрузки на систему за счет добавления новых узлов в систему.

5. Общение в сети между удаленными пользователями.

В силу перечисленных причин практически все организации и домашние пользователи, имеющие более одного компьютера, объе-

диняют их в локальные сети. Чтобы использовать преимущества сети, многие пользователи портативных компьютеров подключаются к локальной сети фирмы либо приходя в офис, либо соединяясь с компьютером фирмы по телефонным каналам посредством модема.

1.2. Организация взаимодействия между компьютерами в сети

Взаимодействие между компьютерами (межкомпьютерное взаимодействие) в сети происходит за счет передачи сообщений через аппаратное обеспечение: сетевые адаптеры и каналы связи. Кроме наличия на соединенных в сеть компьютерах аппаратного обеспечения, на них должны выполняться программы, которые постоянно будут находиться в режиме ожидания и выполнения запросов, поступающих от других пользователей. Такие программы называют серверными программами, или серверами. Кроме серверов, на каждом компьютере, включенном в сеть, должны быть установлены и программы, которые генерируют такие запросы в специальном формате. Такие программы называют клиентами. Серверные и клиентские программы различного целевого назначения называют службами. Совместная работа множества служб позволяет установить и поддерживать соединение между компьютерами (рис. 1.1).

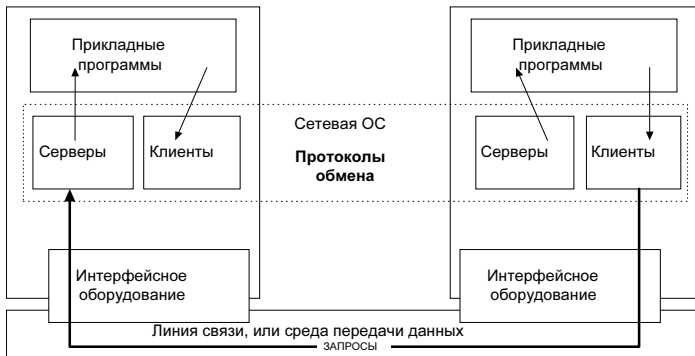


Рис. 1.1. Схема взаимодействия между компьютерами в локальной сети

Обмен информацией в сети происходит с помощью пакетов. Пакет – это набор битов, который имеет точно определенную структуру. Кроме информационной части в структуре пакета выделяются биты, которые кодируют информацию об адресе получателя и отправителя, типе пакета и другую служебную информацию. Базовая схема пакета показана на рис. 1.2.

Адрес получателя	Адрес отправителя	Тип пакета	Служебная информация	Данные	CRC
------------------	-------------------	------------	----------------------	--------	-----

Рис. 1.2. Базовая схема пакета в локальной сети

Адреса отправителя и получателя могут быть физическими и логическими, они являются уникальными метками (например, числами), которые однозначно идентифицируют компьютеры в сети. В одной сети не может быть двух компьютеров с одинаковыми адресами. Физический адрес – метка (обычно это число в шестнадцатеричном формате), которая однозначно определяет сетевой интерфейс в сети. У одного сетевого устройства может быть несколько сетевых интерфейсов, но каждый адрес уникален. Физический адрес присваивается сетевому устройству при изготовлении и не может быть изменен. Логический адрес – число или символьная последовательность, которая присваивается устройству при его включении в сеть и может быть изменена. Обычно логический адрес назначает администратор, руководствуясь правилами и регламентами, которые приняты в организации.

Показанное на рис. 1.2 поле CRC (Cyclic Redundancy Check – контрольная сумма с использованием циклического избыточного кода) используется для контроля доставки. Первый раз CRC вычисляется перед отправкой пакета компьютером-отправителем, а второй раз после получения пакета компьютером-адресатом. Несовпадение сумм говорит о том, что пакет был искажен при передаче. Алгоритм вычисления CRC является стандартным и рассматривается в курсах вычислительной математики.

Существуют два типа технологии передачи пакетов: широковещательные сети и сети с передачей от узла к узлу.

В широковещательных сетях существует единственный канал связи, к которому одновременно подключены все машины в сети. Пакеты получают всеми машинами, подключенными к этому каналу

связи. При получении пакета машина проверяет его адресное поле «Адрес получателя». Если пакет адресован этой машине, то она обрабатывает пакет. Пакеты, адресованные другим машинам, игнорируются. С помощью специального кода в адресе пакет может быть адресован всем машинам в сети. Такая операция называется «широковещательная рассылка».

В зависимости от способа получения доступа к каналу широковещательные сети подразделяют на статические и динамические. В статических широковещательных сетях все время между машинами делится на равные промежутки времени, так что машина может находиться на связи только в течение выделенного ей интервала. При этом емкость канала расходуется неэкономно, так как интервал предоставляется независимо от того, есть у машины данные для передачи в сеть или нет. Поэтому чаще используется предоставление доступа по требованию – динамическое распределение канала. Пока машина владеет каналом, никакая другая машина не может начать передачу. Размер пакета выбирается с учетом того, чтобы время записывания канала было не очень большим.

Широковещательные технологии передачи пакетов используются в локальных сетях.

Сети с передачей от узла к узлу состоят из большого числа соединенных пар машин. Пакету, чтобы добраться до машины с указанным адресом, приходится проходить несколько промежуточных машин. Часто при этом существует несколько возможных путей от источника до получателя. Для данного типа сетей характерно, что пакеты, являющиеся частью одного и того же сообщения, передаются по разным маршрутам и порой даже доходят до места назначения в другом порядке, нежели были посланы. Принимающая система, в свою очередь, должна иметь механизм для перестановки пакетов в нужном порядке и отслеживания потерявшихся, либо поврежденных при пересылке пакетов.

Сети с передачей от узла к узлу используются в глобальных сетях.

1.3. Локальные, территориальные и глобальные сети

Выделяют три типа компьютерных сетей: Local Area Network (LAN), Municipal Area Network (MAN) и Wide Area Network (WAN). В русской литературе этим аббревиатурам соответствуют локальная вычислительная сеть (ЛВС), региональная (территориальная, или корпоративная) сеть и глобальная сеть.

Локальная сеть – это частная сеть, которая размещена в одном здании или в нескольких близко расположенных зданиях. Локальные сети отличаются от других видов сетей размерами, технологией передачи данных и топологией.

Объем передаваемых данных в локальных сетях измеряют в мегабитах, а скорость передачи данных измеряют в мегабитах в секунду*. Часто принимают, что 1 мегабит (Мбит/с) = 1 000 000 бит (бит/с), хотя формально 1 Мбит/с = 1024 Кбит/с = 1024×1024 Бит/с = 1 048 576 бит/с.

Сравнительные характеристики этих сетей приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Сравнительные характеристики локальных, территориальных и глобальных сетей

Критерий сравнения	ЛВС	Территориальная сеть	Глобальная сеть
Цель создания сети	Создается организацией для собственных нужд, порядок в сети поддерживается административными методами	Создается одной организацией для обслуживания клиентов – других организаций	Создается множеством организаций. Порядок в глобальной сети нельзя установить административными (запретительными) методами
Технологии	Ethernet, Token Ring	X.25, Frame Relay, FDDI, ATM	ATM, ISDN и др.
Протяженность	В пределах одного здания, нескольких соседних, где расположена организация	Десятки, сотни километров	Тысячи километров
Методы передачи сообщений	Не требующие предварительного соединения. Пакет с данными посылается без подтверждения готовности получателя к обмену	Ориентированы на соединение: до начала передачи данных между клиентами устанавливается надежное виртуальное соединение	
Скорость обмена данными	10, 100 Мбит/с и выше	Обычно не выше чем 33, 56, 64 Кбит/с при использовании телефонных сетей для подключения оконечного пользователя. Либо зависит от используемой технологии и участка сети.	

*Бит, Кбит, Кбайт, Мбайт – это единицы размерности. Кбит/с, Кбайт/с, Мбайт/с – это единицы скорости. 8 бит образуют 1 байт, 1024 байта – 1 килобайт, 1024 килобайта – 1 мегабайт и т.д.: гигабайт, терабайт.

Критерий сравнения	ЛВС	Территориальная сеть	Глобальная сеть
Количество пользователей	От 2 до 100 компьютеров в одном сегменте сети, общее количество не превышает 1000	50...1000 корпоративных клиентов, имеющих собственные ЛВС	Не ограничено
Услуги	Файловые службы, печать, передача факсов и др.	Работа с корпоративными приложениями	Почтовые и файловые услуги, предоставление информации по запросу
Базовые устройства	Сетевые адаптеры, мосты, концентраторы, активные коммутирующие устройства	Активные коммутирующие устройства	Маршрутизаторы
Возможность подключения новых узлов или масштабируемость	Существуют ограничения на количество узлов в сети	Высокая масштабируемость	Количество узлов не ограничено
Отказоустойчивость	Низкая или средняя	Высокая	Высокая, иногда средняя
Устойчивость к взлому (несанкционированному использованию ресурсов)	Полностью зависит от администрирования		
Стоимость защиты	Низкая	Высокая	Высокая
Возможность предоставления гарантированного качества обслуживания	Отсутствует	Существует	Существует
Наличие широковещательных рассылок	Существуют	Отсутствуют	Отсутствуют

1.4. Основные способы объединения компьютеров в сеть

Существует четыре основных типа организации совместной работы компьютеров: многотерминальная система, распределенная сеть, сеть с централизованным управлением и смешанный тип.

Многотерминальные системы заслуживают отдельного рассмотрения. В многотерминальной сети на главном компьютере сосредоточены все вычислительные мощности, используемые всеми пользователями сети. Главный компьютер должен иметь максимальный объем оперативной памяти, внешних запоминающих устройств, обладать большой вычислительной способностью и работать под управлением сетевой терминальной системы, такой, как Unix, Windows NT 4.0 Terminal Server, Windows NT 2000 Advanced Server или специализированной, т.е. созданной для этого компьютера. Главный компьютер называют терминальным сервером, если используется мощный компьютер с архитектурой ПК (платформы PC, Mac и др.), либо мейнфреймом, если используется компьютер со специализированной архитектурой (производителей IBM, Sun и др.). И терминальный сервер, и мейнфрейм называют сервером – устройством, централизованно обрабатывающим запросы пользователей (рис. 1.3). Пользователи подключаются к серверу с помощью упрощенных персональных компьютеров – терминалов. Часто на терминалах отсутствуют внешние накопители данных и жесткие диски. Стоимость терминала может быть очень невысокой.

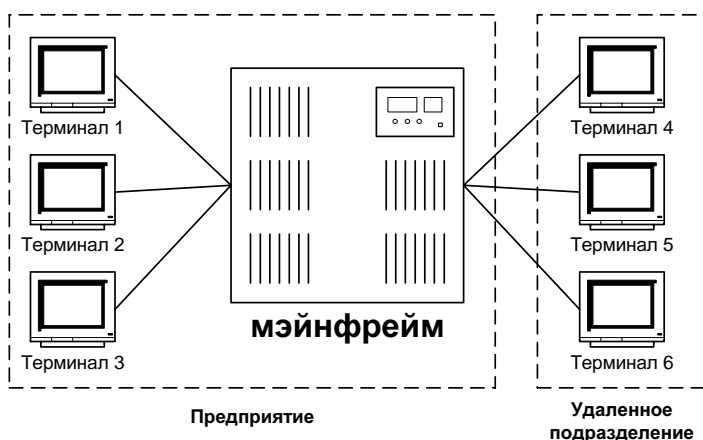


Рис. 1.3. Схема многотерминальной сети с мейнфреймом

В многотерминальных сетях все задачи выполняются централизованно на сервере. Эта идея имеет и достоинства, и недостатки.

Достоинства: низкая стоимость терминала, минимальные расходы на обслуживание пользовательских мест, возможность эффективной защиты информации и целевое использование вычислительных ресурсов.

Недостатки: высокая стоимость сервера, которая складывается из стоимости оборудования и программного обеспечения; зависимость сети от работоспособности сервера; ограничения на количество подключенных терминалов, ограничения на расстояние между терминалом и сервером.

В распределенных сетях основными элементами являются независимые компьютеры. Каждый компьютер работает под управлением собственной операционной системы (ОС), а какая-либо общая ОС, распределяющая работу между компьютерами, отсутствует. Данная схема имеет важное преимущество перед многотерминальными сетями – благодаря высокой автономности программных и аппаратных блоков распределенная сеть имеет неограниченную способность к расширению. Компьютер в распределенной сети может работать независимо даже при отсутствии постоянного подключения к другим компьютерам. Недостатком распределенных сетей является увеличение затрат на защиту информации и управление пользователями.

Распределенная сеть, все узлы которой обладают примерно равными вычислительными возможностями и могут, по мере необходимости, выступать как в роли серверов, так и в роли рабочих станций, называется одноранговой сетью (peer-to-peer network). Каждый из узлов одноранговой сети может обеспечивать доступ других узлов к тем или другим ресурсам.

В распределенной сети с централизованным управлением обязательно присутствует компьютер с сетевой операционной системой, который выполняет административные функции: управление пользователями, централизованное выделение ресурсов, контроль за выполнением правил безопасности в сети.

Распределенную сеть с централизованным управлением также называют сетью с выделенным сервером. Выделенный сервер – компьютер, на котором установлена сетевая операционная система, управляющая взаимодействием пользователей в сети.

Распределенные сети с централизованным управлением сочетают достоинства как многотерминальных, так и распределенных сетей. Сегодня сети этого типа преобладают при организации локальных вычислительных сетей.

В то же время существуют классы задач, не решаемых в распределенных сетях по определенным причинам. В настоящее время не решена задача разработки алгоритма распределенного решения вычислительных задач, требующих большой мощности, сравнимой с мощностью мейнфреймов в многотерминальных сетях. В сумме стоимость обслуживания распределенных сетей выше, чем стоимость обслуживания многотерминальных сетей. Поэтому многотерминальные системы существуют сегодня и развиваются.

Ниже будут рассмотрены технологии, которые позволяют создавать как одноранговые сети, так и сети с выделенным сервером (с централизованным управлением), наиболее широко распространенные. Их достоинства и недостатки сведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Достоинства и недостатки одноранговых сетей и сетей с централизованным управлением

Критерий	Одноранговые сети		Сети с централизованным управлением	
	Достоинства	Недостатки	Достоинства	Недостатки
Время и стоимость установки сети	Легкая установка и настройка. Недорогая установка и эксплуатация, так как не нужно специальной ОС			Высокая квалификация персонала сопровождения. Высокая стоимость оборудования и специального программного обеспечения
Возможность применения разных уровней безопасности для разных типов пользователей	Для каждого ресурса можно назначать пароль доступа по мере необходимости	Невозможно применить разные уровни доступа. Необходимость запоминания всех паролей для всех защищенных ресурсов	Централизованное управление учетными записями пользователей, безопасностью и доступом, что упрощает сетевое администрирование. Единственный пароль для всех пользователей для входа в сеть	

Критерий	Одноранговые сети		Сети с централизованным управлением	
	Достоинства	Недостатки	Достоинства	Недостатки
Возможность отдельных машин работать автономно	Возможность машин работать независимо	Ограниченные возможности решения коллективных задач, например, доступа к базам данных. Сложная организация совместного использования данных	Эффективные правила доступа к сетевым ресурсам. Эффективная работа в многопользовательских системах, таких, как серверы баз данных	Полная зависимость исправности сети и доступа к данным от исправности сервера
Необходимость администрирования	Отсутствие необходимости администратора	Каждый пользователь должен уметь администрировать свою машину. Проблемы с резервным копированием и обновлением информации	Нужно иметь одного администратора для управления всей сетью	Необходим квалифицированный сетевой администратор
Стоимость разделения и совместного использования устройств в сети	Дешевое разделение совместно используемых устройств, например, принтера	Падение производительности при одновременном доступе пользователей к разделяемому ресурсу		