

П. П. Урбанович, Д. М. Романенко

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2022

УДК 004.7
ББК 32.971.35
У69

Рецензенты:

Демиденко Олег Михайлович, проректор по научной работе
Гомельского государственного университета им. Франциска Скорины,
доктор, технич. наук, профессор;

Листопад Николай Измаилович, заведующий кафедрой информационных радиотехнологий
Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники,
доктор технич. наук, профессор

Урбанович, П. П.

У69 Компьютерные сети : учебное пособие / П. П. Урбанович, Д. М. Романенко. –
Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 460 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0962-9

Даны общие понятия и определения из области компьютерных сетей и технологий, описаны сетевые компоненты. Приведены наиболее распространенные виды топологий, используемые для физического соединения компьютеров в сети, основные методы доступа к каналу связи, рассмотрены применяемые на практике физические среды передачи данных. Передача данных в сети рассматривается на базе эталонной базовой модели OSI. Описываются общие принципы, лежащие в основе построения всех локальных сетей, разъясняющие правила обмена. Приводятся типы сетевого оборудования, их назначение и принципы работы. Изучаются современные сетевые операционные системы, их достоинства и недостатки. Рассматриваются методы и средства обеспечения надежного и безопасного функционирования сетей.

Для студентов технических специальностей высших учебных заведений, получающих образование в области информационных технологий. Может быть полезно студентам других специальностей, аспирантам, а также студентам средних специальных учебных заведений.

УДК 004.7
ББК 32.971.35

ISBN 978-5-9729-0962-9

© Урбанович П. П., Романенко Д. М., 2022
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	9
1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ПРЕДПОСЫЛКИ И ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ.....	11
1.1. Основные термины и определения.....	11
1.2. Историческая информация о развитии компьютерных и вычислительных сетей.....	14
1.2.1. Многотерминальные системы – прообраз сети	15
1.2.2. Появление глобальных сетей.....	16
1.2.3. Первые локальные сети	20
1.2.4. Создание стандартных технологий локальных сетей	21
1.2.5. Основные тенденции развития компьютерных вычислительных сетей	22
1.3. Классификации компьютерных сетей.....	23
1.4. Вычислительные сети – частный случай распределенных систем	25
1.5. Основные программные и аппаратные компоненты сети.....	28
1.6. Преимущества и проблемы использования сетей.....	29
Выводы	31
Контрольные вопросы.....	32
2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ.....	34
2.1. Архитектура сетей.....	34
2.1.1. Архитектура терминал – главный компьютер	34
2.1.2. Одноранговая архитектура	35
2.1.3. Архитектура клиент-сервер	36
2.1.4. Выбор архитектуры сети.....	38
Выводы	39
2.2. Топология компьютерной сети.....	39
2.2.1. Понятие и виды топологии	39
2.2.2. Топология «общая шина»	40
2.2.3. Кольцевая топология	41
2.2.4. Топология типа «звезда».....	42
2.2.5. Другие типы топологии.....	43
2.2.6. Многозначность понятия топологии.....	48
Выводы	50
2.3. Требования, предъявляемые к сетям.....	50
2.3.1. Производительность	50
2.3.2. Прозрачность.....	51
2.3.3. Поддержка разных видов трафика	52
2.3.4. Управляемость	53
2.3.5. Совместимость	55
2.3.6. Надежность и безопасность. Введение в проблематику.....	56
Выводы	58
Контрольные вопросы.....	59

3. ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО СЕТИ.....	60
3.1. Пакеты и их структура.....	60
3.1.1. Назначение пакетов	60
3.1.2. Структура пакетов	62
3.1.3. Правила обмена и управления пакетами	64
Выводы	66
3.2. Методы доступа в сетях.....	67
3.2.1. Множественный доступ с прослушиванием несущей и разрешением коллизий.....	67
3.2.2. Централизованный метод доступа	68
3.2.3. Множественный доступ с передачей полномочия	69
3.2.3. Множественный доступ с разделением во времени.....	71
3.2.4. Множественный доступ с разделением частоты	72
Выводы	72
3.3. Семиуровневая модель OSI.....	73
3.3.1. Взаимодействие уровней модели OSI.....	74
3.3.2. Прикладной уровень.....	78
3.3.3. Уровень представления данных	80
3.3.4. Сеансовый уровень	81
3.3.5. Транспортный уровень.....	82
3.3.6. Сетевой уровень.....	83
3.3.7. Канальный уровень.....	86
3.3.8. Физический уровень	87
Выводы	90
Контрольные вопросы.....	91
4. ПОНЯТИЕ ПРОТОКОЛА. СТЕК ПРОТОКОЛОВ TCP/IP	93
4.1. Спецификации стандартов канального и физического уровней	93
4.2. Протоколы и стеки протоколов	98
4.2.1. Протоколы сетевого уровня.....	98
4.2.2. Протоколы транспортного уровня	99
4.2.3. Протоколы прикладного уровня.....	99
4.3. Стек OSI	100
4.4. Архитектура стека протоколов TCP/IP	101
4.4.1. Уровень Приложения	102
4.4.2. Транспортный уровень.....	103
4.4.3. Межсетевой уровень.....	104
4.4.4. Уровень сетевого интерфейса.....	106
4.4.5. Недостатки модели TCP/IP	107
Выводы	107
Контрольные вопросы.....	109
5. АДРЕСАЦИЯ И МАРШРУТИЗАЦИЯ В TCP/IP-СЕТЯХ.....	110
5.1. Физический адрес.....	110
5.2. Сетевой адрес.....	111
5.2.1. Представление IP-адреса.....	111
5.2.2. Классы IP-адресов.....	116
5.2.3. Использование масок.....	118
5.2.4. Особые IP-адреса	120

5.2.5. Распределение IPv4-адресов. Частные и публичные адреса	121
5.2.6. Общие сведения о протоколе IPv6	122
5.2.7. Архитектура адресации IPv6.....	123
5.2.8. Модель адресации.....	123
5.2.9. Представление записи IPv6 адресов.....	124
5.2.10. Представление типа IPv6-адреса	125
5.2.11. Unicast IPv6 адреса.....	126
5.2.12. Multicast IPv6-адреса	128
5.2.13. Автоматизация назначения IP-адресов узлам сети – протокол DHCP	130
5.3. Символьный адрес	139
5.3.1. Система доменных имен	139
5.3.2. Служба DNS	141
5.3.3. Процесс разрешения имен	142
5.3.4. Записи о ресурсах	144
5.3.5. Настройка DNS-адресации.....	144
5.3.6. Имена NetBIOS.....	151
5.3.7. Процесс разрешения имен в пространстве NetBIOS.....	153
5.4. Утилиты диагностики TCP/IP и DNS	154
5.5. Маршрутизация в IP-сетях.....	161
5.5.1. Задача маршрутизации	161
5.5.2. Таблица маршрутизации	162
5.5.3. Принципы маршрутизации в TCP/IP	163
5.5.4. Настройка таблиц маршрутизации.....	166
5.5.5. Протоколы обмена маршрутной информацией	167
Выводы	168
Контрольные вопросы.....	169
6. БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ.....	170
6.1. Сети Ethernet и Fast Ethernet.....	170
6.1.1. Основные характеристики сетей Ethernet.....	170
6.1.2. Структура пакета в сетях Ethernet.....	173
Выводы	174
6.2. Сеть Token Ring.....	175
6.2.1. Основные характеристики сетей Token Ring	175
6.2.2. Форматы кадров Token Ring.....	180
6.2.3. Приоритетный доступ к кольцу.....	183
6.2.4. Физический уровень технологии Token Ring	184
Выводы	185
6.3. Сети FDDI.....	186
6.3.1. Основные характеристики сетей FDDI.....	186
6.3.2. Структура сети FDDI.....	188
6.3.3. Структура пакета в сетях FDDI	191
Выводы	193
6.4. Сети 100VG-AnyLAN	193
6.4.1. Основные характеристики сетей 100VG-AnyLAN.....	193
6.4.2. Структура сети 100VG-AnyLAN.....	194
6.4.3. Метод доступа в сетях 100VG-AnyLAN.....	195
6.4.4. Кодирование информации в сетях 100VG-AnyLAN	197
Выводы	199
Контрольные вопросы.....	199

7. ФИЗИЧЕСКАЯ СРЕДА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ.....	201
7.1. Кабели, линии и каналы связи	201
7.2. Кабельные системы.....	202
7.2.1. Типы кабелей и структурированные кабельные системы	202
7.2.2. Стандарты кабелей	203
7.2.3. Кабель типа «витая пара».....	205
7.2.4. Коаксиальные кабели	210
7.2.5. Оптоволоконный кабель. Общие принципы	211
7.2.6. Виды оптоволоконных кабелей.....	215
7.3. Параметры кабельных систем Ethernet	219
7.3.1. Параметры систем на основе неэкранированной витой пары.....	219
7.3.2. Стандартные разводки кабеля типа «витая пара»	220
7.3.3. Реализация сетевых топологий на основе стандартной разводки.....	221
7.3.4. Кросс-разводка кабеля типа «витая пара».....	223
7.4. Беспроводные технологии передачи данных	223
7.4.1. Требования к беспроводным локальным сетям	225
7.4.2. Стандарты беспроводных сетей IEEE 802.11.....	226
7.4.3. Принципы организации беспроводных сетей	232
Выводы	232
Контрольные вопросы.....	234
8. СЕТЕВЫЕ ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ.....	236
8.1. Структура сетевой операционной системы	237
8.2. Клиентское программное обеспечение	238
8.2.1. Редиректоры	238
8.2.2. Распределители	238
8.2.3. Имена UNC	239
8.3. Серверное программное обеспечение	239
8.4. Одноранговые и серверные сетевые операционные системы	241
Выводы	243
Контрольные вопросы.....	243
9. АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ.....	244
9.1. Сетевые адаптеры.....	244
9.1.1. Назначение и настройка	244
9.1.2. Функции сетевых адаптеров	246
9.1.3. Типы сетевых адаптеров	247
Выводы	250
9.2. Повторители и концентраторы	251
9.2.1. Планирование сети с концентратором.....	252
9.2.2. Преимущества концентратора.....	253
9.2.3. Многосегментные концентраторы	253
9.2.4. Конструктивное исполнение концентраторов	254
Выводы	256
9.3. Мосты и коммутаторы	257
9.3.1. Мосты.....	257
9.3.2. Коммутатор.....	259
9.3.3. Техническая реализация и дополнительные функции коммутаторов.....	261
Выводы	212

9.4. Маршрутизаторы и шлюзы	262
9.4.1. Структура маршрутизатора	262
9.4.2. Различие между маршрутизаторами и мостами	263
9.4.3. Шлюзы	246
Выводы	265
9.5. Оборудование для сетей Wi-Fi.....	265
9.5.1. Wi-Fi точки доступа.....	266
9.5.2. Wi-Fi антенны.....	267
9.5.3. Принципы организации беспроводных сетей	268
Выводы	269
Контрольные вопросы.....	269
10. СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	271
10.1. Беспроводные сотовые сети	271
10.1.1. Организация сотовой сети	271
10.1.2. Многократное использование частот и увеличение пропускной способности сети.....	272
10.1.3. Функционирование сотовой системы	275
10.1.4. Архитектура глобальной системы мобильной связи.....	278
10.1.5. Сотовые системы первого и второго поколения	281
10.1.6. Сотовые системы третьего поколения 3G.....	283
10.1.7. Сотовые системы четвертого поколения 4G.....	286
10.1.8. Сотовые системы пятого поколения 5G	287
Выводы	288
10.2. Сети Bluetooth.....	289
10.2.1. Топология, адресация и особенности эксплуатации сети Bluetooth.....	290
10.2.2. Области применения Bluetooth.....	292
10.2.3. Стандарты Bluetooth и структура протоколов	293
10.2.4. Модели использования Bluetooth	295
Выводы	296
10.3. Сверхвысокоскоростные сети	297
10.3.1. Общая характеристика стандарта Gigabit Ethernet	297
10.3.2. Спецификации физической среды стандарта 802.3z.....	297
10.3.3. Gigabit Ethernet	298
10.3.4. 10-Gigabit Ethernet.....	300
10.3.5. Сети на основе технологии ATM	302
Выводы	302
10.4. Виртуальные частные сети и удаленный доступ	303
10.4.1. Виды коммутируемых линий.....	304
10.4.2. Протоколы удаленного доступа	304
10.4.3. Протоколы аутентификации удаленных клиентов.....	306
10.4.4. Общая характеристика виртуальных частных сетей.....	307
10.4.5. Протоколы виртуальных частных сетей.....	310
Выводы	313
Контрольные вопросы.....	313
11. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ И СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	315
11.1. Сетевые экосистемы	315

11.2. Ethernet, Wi-Fi и сотовые сети 4G/5G	321
11.2.1. Особенности современных сетей Ethernet.....	321
11.2.2. Эволюция Wi-Fi	324
11.2.3. Технологии 4G/5G	328
11.3. Сетевые технологии и облачные вычисления	332
11.4. Интернет вещей	335
11.5. Большие данные	338
11.6. Виртуализация сетевых функций	345
11.7. Система сигнализации ОКС-7.....	348
11.8. Качество взаимодействия (восприятия).....	350
Контрольные вопросы.....	357
12. НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ И СИСТЕМ	358
12.1. Основные понятия и определения из предметной области	358
12.2. Методы обеспечения надежности компьютерных сетей	361
12.3. Методы помехоустойчивого кодирования информации.....	366
12.4. Линейные блочные коды	367
12.4.1. Теоретические основы линейных блочных кодов.....	367
12.4.2. Избыточный код простой четности	369
12.4.3. Код Хемминга	369
12.4.4. Циклический код.....	372
12.5. Основы информационной безопасности компьютерных сетей.....	378
12.5.1. Характеристика основных угроз информационной безопасности сетей	378
12.5.2. Основные методы и средства нейтрализации угроз сетевой безопасности.....	389
12.6. Программно-аппаратные методы и средства обеспечения сетевой безопасности	392
12.7. Принципы криптографической защиты информации	396
12.7.1. Симметричные криптосистемы	397
12.7.2. Асимметричные криптосистемы	397
12.8. Эффективность использования пароля для защиты информации.....	403
12.9. Методы и средства защиты от удаленных атак через сеть Интернет	405
12.9.1. Межсетевые экраны.....	405
12.9.2. Программные методы защиты соединений.....	407
12.10. Безопасность беспроводных сетей и IoT	411
12.10.1. Безопасность Wi-Fi-сетей.....	411
12.10.2. Особенности обеспечения безопасности IoT-сетей	415
Выводы	417
Контрольные вопросы.....	418
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	420
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	423
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	426
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	436
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	444

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплины учебных планов подготовки специалистов на первой и второй ступенях получения высшего образования, объединенные общим названием «Компьютерные сети и сетевые технологии», представляют собой введение в сетевую тематику и дают базовые знания по проектированию, используемым стандартам, организации и функционированию сетей на заданном уровне надежности и информационной безопасности.

Из опыта преподавания данной и других смежных дисциплин известно, что структура одно- или двухсеместрового курса сильно отличается от структуры краткого курса по тому же предмету. В данном пособии основные понятия, общие подходы в проектировании компьютерных сетей, особенности различных видов и топологий сетей, их программного и аппаратного обеспечения и практического использования авторы пытались изложить в контексте унифицированной структуры. При этом предполагалось, что читатель знаком с основами информационных технологий.

Основная задача пособия – дать студентам общие систематизированные сведения об организации и структуре важной отрасли, затрагивающей профессиональные, бытовые, познавательные-развлекательные сферы жизнедеятельности человека, которая интенсивно меняется, развивается. В целом, в учебном пособии в простой и доступной форме даны общие понятия компьютерных сетей, их структуры, сетевых компонентов, а также перспективы развития. Приведены виды топологий, используемые для физического соединения компьютеров в сети, методы доступа к каналу связи, физические среды передачи данных. Передача данных в сети рассматривается на базе эталонной базовой модели, разработанной Международной организацией по стандартам взаимодействия открытых сетей. Описываются правила и процедуры передачи данных между информационными системами. Приводятся типы сетевого оборудования, их назначение и принципы работы. Описывается сетевое программное обеспечение, используемое для организации сетей. Изучаются наиболее популярные сетевые операционные системы, их достоинства и недостатки. Рассматриваются принципы межсетевого взаимодействия. Приводятся основные понятия из области надежности сетевой безопасности, а также рассматриваются методы и средства обеспечения надежности сетей и безопасного взаимодействия пользователей посредством компьютерных сетей.

Для лучшего зрительного восприятия материала мы использовали различное стилевое оформление **наиболее важных определений понятий, детализации этих понятий**, примеров.

Содержание важных выводов дается с цветовой заливкой блока текста.

Материал пособия излагается в последовательности, которая, по нашему мнению, является оптимальной с методической точки зрения при изучении его в полном объеме. Хотя, конечно, данная точка зрения не претендует на бесспорность. С другой стороны, мы старались оформить каждую главу в определенной степени автономно, что может повысить эффективность изучения избранных глав.

После разделов, а в некоторых случаях и после подразделов даны вопросы для самостоятельного контроля знаний либо контроля знаний обучаемого преподавателем. На основе сформулированных вопросов и заданий могут быть составлены тесты для компьютерного (дистанционного) контроля знаний. Наш опыт показывает, что такая форма контроля достаточно эффективна не только для студентов, обучающихся по заочной (или дистанционной) форме образования, но и для студентов-дневников, особенно с учетом последних тенденций, обусловленных нашествием биологических вирусов.

Книга предназначена для студентов технических специальностей высших учебных заведений, получающих образование в области информационных технологий. Однако может быть полезна и студентам других специальностей, магистрантам и аспирантам, а также студентам средних специальных учебных заведений. В последнем случае авторы рекомендуют ограничиться материалами на основе глав 1–3, подглав 5.1, 5.2 и глав 6, 8, 10.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ПРЕДПОСЫЛКИ И ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ

1.1. Основные термины и определения

Сеть – это совокупность объектов, образуемых устройствами передачи и обработки данных.

Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO) определила **компьютерную сеть** как *последовательную бит-ориентированную передачу информации между связанными друг с другом независимыми устройствами.*

В общем случае различают два понятия сети: *коммуникационная сеть* и *информационная сеть* (рис. 1.1).

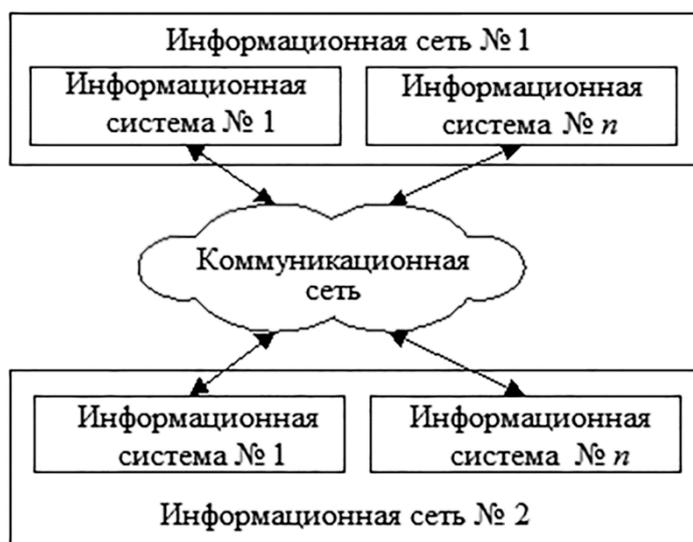


Рис. 1.1. Информационные и коммуникационные сети

Коммуникационная сеть предназначена для передачи данных, также она выполняет задачи, связанные с преобразованием данных. Коммуникационные сети различаются по типу используемых физических средств соединения.

Информационная сеть предназначена для хранения информации и состоит из *информационных систем*. На базе коммуникационной сети может быть построена группа информационных сетей.

Под **информационной системой** следует понимать систему, которая является поставщиком или потребителем информации.

Вычислительная сеть – это одна из разновидностей распределенных систем, предназначенная для распараллеливания вычислений, за счет чего может

быть достигнуто повышение производительности и *отказоустойчивости* системы.

Сеть передачи данных – совокупности оконечных устройств (терминалов) связи, объединенных каналами передачи данных и коммутирующими устройствами (узлами сети), обеспечивающими обмен сообщениями между всеми оконечными устройствами.

В общем, компьютерная сеть состоит из информационных систем и каналов связи.

Под **информационной системой** в данном случае следует понимать объект, способный осуществлять хранение, обработку или передачу информации. В состав информационной системы входят: компьютеры, программы, пользователи и другие составляющие, предназначенные для процесса обработки и передачи данных. В дальнейшем информационная система, предназначенная для решения задач пользователя, будет называться *рабочей станцией (client)*. Рабочая станция в сети отличается от обычного персонального компьютера (ПК) наличием *сетевой карты (сетевого адаптера)*, канала для передачи данных и сетевого программного обеспечения.

Информационная технология (ИТ) или **информационно-коммуникационная технология (ИКТ)** – это процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, распространения, предоставления информации и способы осуществления таких процессов и методов с помощью *информационно-вычислительных систем*.

Под **каналом связи** следует понимать путь или средство, по которому передаются сигналы. Средство передачи сигналов называют *физическим каналом*.

Абонентский канал – это физический канал, соединяющий коммуникационную сеть с абонентской системой. Параметры и характеристики абонентского канала в точке подключения системы определяются абонентским интерфейсом.

Каналы связи создаются по **линиям связи** при помощи сетевого оборудования и физических средств связи.

Физические средства связи построены на основе витых пар, коаксиальных кабелей, оптических каналов или эфира. Между взаимодействующими информационными системами через физические каналы коммуникационной сети и узлы коммутации устанавливаются *логические каналы*.

Ошибка (информационная) – несоответствие между переданным и принятым символом сообщения или между записанным в память компьютера и считанным символом (по одному и тому же адресу).

Логический канал – это путь для передачи данных от одной системы к другой. Логический канал прокладывается по маршруту в одном или нескольких физических каналах. Логический канал можно охарактеризовать как маршрут, проложенный через физические каналы и узлы коммутации.

Информация в сети передается **блоками данных** по процедурам обмена между объектами. Эти процедуры называют **протоколами передачи данных**.

Протокол – это совокупность правил, устанавливающих формат и процедуры обмена информацией между двумя или несколькими устройствами.

Интерфейс – совокупность средств и методов взаимодействия между элементами или устройствами системы. Интерфейсы являются основой взаимодействия всех современных информационных систем. Если интерфейс какого-либо объекта (рабочей станции, сетевой карты, программы и т. д.) не изменяется (стандартизирован), это дает возможность модифицировать сам объект, не перестраивая принципы его взаимодействия с другими объектами.

Загрузка сети характеризуется параметром, называемым трафиком.

Трафик – это поток сообщений в сети передачи данных. Под ним понимают количественное измерение в выбранных точках сети числа проходящих блоков данных и их длины, выраженное в битах в секунду.

Существенное влияние на характеристику сети оказывает метод доступа.

Метод доступа – это способ определения того, как сеть управляет доступом к каналу связи (кабелю), что существенно влияет на ее характеристики. В сети все рабочие станции физически соединены между собою каналами связи по определенной структуре, называемой *топологией*.

Топология – это описание физических соединений в сети, указывающее, какие рабочие станции могут связываться между собой. Используются также термины: *физическая топология*, *логическая топология*, *информационная топология* и *топология управления обменом* (см., п. 2.2.6). Тип топологии определяет производительность, работоспособность и надежность эксплуатации рабочих станций, а также время обращения к файловому серверу. В зависимости от топологии сети используется тот или иной метод доступа.

Состав основных элементов в сети зависит от ее *архитектуры*.

Архитектура – это концепция, определяющая взаимосвязь, структуру и функции взаимодействия рабочих станций в сети. Она предусматривает логическую, функциональную и физическую организацию технических и программных средств сети. Архитектура определяет принципы построения и функционирования аппаратного и программного обеспечения элементов сети.

К важнейшим техническим характеристикам сетей и сетевого оборудования относятся *производительность*, *защищенность от несанкционированного доступа*, или *безопасность*, и *надежность*.

Производительность компьютерной сети определяет скорость (бит/с) выполнения внутренних операций сети, связанных обычно с поиском, сбором, обработкой и передачей информации между узлами сети через коммутационные устройства и каналы.

Безопасность информации (в сети) – защищенность информации от нежелательного ее разглашения (нарушения конфиденциальности), искажения (нарушения целостности), утраты или снижения степени доступности информации, а также незаконного ее тиражирования.

Безопасность любого ресурса информационной системы складывается из обеспечения трех его характеристик:

- *конфиденциальности,*
- *целостности,*
- *доступности.*

Иначе: *информационная безопасность* – все аспекты, связанные с определением, достижением и поддержанием конфиденциальности, целостности, доступности информации или средств ее обработки:

- **конфиденциальность** (Confidentiality) компонента системы заключается в том, что он доступен только тем субъектам доступа (пользователям, программам, процессам), которым предоставлены на то соответствующие полномочия;
- **целостность** (Integrity) компонента предполагает, что он может быть модифицирован только субъектом, имеющим для этого соответствующие права; целостность является гарантией корректности (неизменности, работоспособности) компонента в любой момент времени;
- **доступность** (Availability) компонента означает, что имеющий соответствующие полномочия субъект может в любое время без особых проблем получить доступ к необходимому компоненту системы (ресурсу).

Надежность системы – характеристика способности программного, аппаратного, аппаратно-программного средства (например, компьютерной сети) выполнять при определенных условиях требуемые или заданные в спецификации функции в течение определенного периода времени.

Мы вернемся к характеристике предметной области (надежность и безопасность сетей и систем) при более углубленном ее изучении в главе 12. С некоторыми специфическими понятиями и терминами будем знакомиться по ходу изучения соответствующих разделов курса.

1.2. Историческая информация о развитии компьютерных и вычислительных сетей

Концепция вычислительных сетей является логическим результатом эволюции *компьютерных технологий* (или, как мы теперь называем, *информационных технологий, ИТ*). Первые компьютеры 1950-х годов были большими, громоздкими и дорогими. Такие компьютеры не были предназначены для интерактивной работы, а использовались в режиме пакетной обработки.

Системы пакетной обработки, как правило, строились на базе *мэйн-фрейма* – мощного и надежного компьютера универсального назначения. Подготавливались перфокарты, содержащие данные и команды программ, и передавались в вычислительный центр. Операторы вводили эти карты в компьютер, а распечатанные результаты пользователи получали обычно только на следующий день. Таким образом, одна неверно «набитая» карта означала как минимум суточную задержку.

Конечно, *интерактивный режим* работы, при котором можно с терминала оперативно руководить процессом обработки своих данных, был бы

гораздо удобней. Но интересами программистов и пользователей на первых этапах развития вычислительных систем в значительной степени пренебрегали, поскольку *пакетный режим* – это самый эффективный режим использования вычислительной мощности, так как он позволяет выполнить в единицу времени больше задач, чем любые другие режимы. Во главу угла ставилась эффективность работы самого важного и дорогого устройства вычислительной машины – процессора, в ущерб эффективности работы использующих его специалистов.

1.2.1. Многотерминальные системы – прообраз сети

По мере удешевления процессоров в начале 1960-х годов появились новые способы организации вычислительного процесса, которые позволили учесть интересы пользователей. Начали развиваться интерактивные *многотерминальные системы* разделения времени (рис. 1.2).

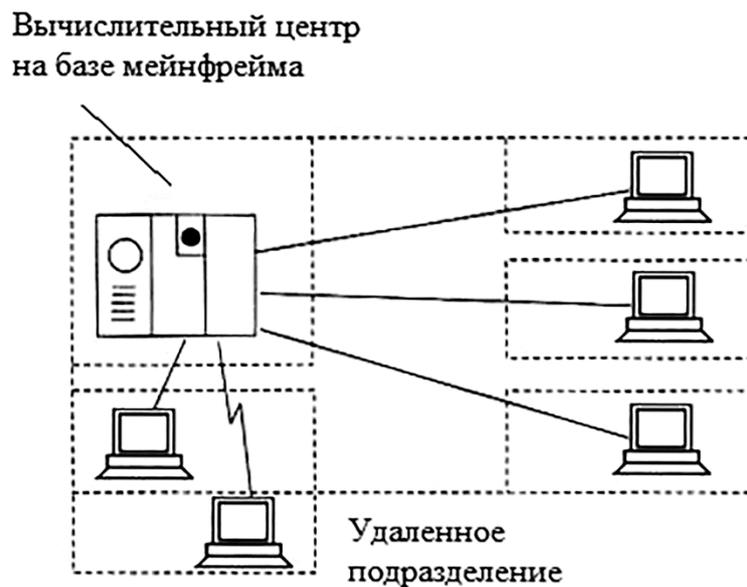


Рис. 1.2. Многотерминальная система – прообраз вычислительной сети

В таких системах компьютер использовали сразу несколько программистов-пользователей. Причем время реакции вычислительной системы было достаточно мало для того, чтобы пользователю была не слишком заметна параллельная работа с компьютером и других программистов-пользователей.

Терминалы, выйдя за пределы вычислительного центра, рассредоточились по всему предприятию. И хотя вычислительная мощность оставалась полностью централизованной, некоторые функции – такие как ввод и вывод данных – стали *распределенными*. Такие многотерминальные централизованные системы внешне уже были очень похожи на *локальные вычислительные сети*, ЛВС. Действительно, рядовой программист-пользователь работу за

терминалом мэйнфрейма воспринимал примерно так же, как сейчас он воспринимает работу за подключенным к сети персональным компьютером.

Многотерминальные системы, работающие в режиме разделения времени, стали первым шагом на пути создания локальных вычислительных сетей.

Но до появления локальных сетей нужно было пройти большой путь, так как многотерминальные системы, хотя и имели внешние черты распределенных систем, все еще сохраняли централизованный характер обработки данных. С другой стороны, и потребность предприятий в создании локальных сетей в это время еще не созрела – в одном здании просто нечего было объединять в сеть, так как из-за высокой стоимости вычислительной техники предприятия не могли себе позволить роскошь приобретения нескольких компьютеров. В этот период был справедлив так называемый «закон Гроша», который эмпирически отражал уровень технологии того времени. В соответствии с этим законом производительность компьютера была пропорциональна квадрату его стоимости, отсюда следовало, что за одну и ту же сумму было выгоднее купить одну мощную машину, чем две менее мощных – их суммарная мощность оказывалась намного ниже мощности дорогой машины.

1.2.2. Появление глобальных сетей

Тем не менее потребность в соединении компьютеров, находящихся на большом расстоянии друг от друга, к этому времени вполне назрела.

В 1958 г. Американское агентство перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (Advanced Research Projects Agency of the U.S. Department of Defense, ARPA) начало реализацию проекта, который в дальнейшем получил название ARPANET и из которого позднее вырос современный Интернет (Internet).

В 1962 г. важные исследования были начаты в ряде учебных заведений США и прежде всего в Массачусетском технологическом институте (MIT). Именно в 1962 г. молодой американский ученый из MIT Дж. С. Ликлидер написал работу, где высказал идею *глобальной сети*, которая обеспечивала бы каждому жителю земли доступ к данным и программам из любой точки земного шара. В это же время другой ученый, Л. Клейнрок, закончил работу над своей докторской диссертацией в области теории коммуникационных сетей. В 1963 г. происходит важное событие: появляется первый универсальный **стандарт ASCII** (American Standard Code for Information Interchange) – схема кодирования, назначающая численные значения-коды буквам, цифрам, знакам пунктуации и некоторым другим символам, в результате чего возникает возможность обмена информацией между компьютерами от различных изготовителей.

В 1964 г. практически одновременно в MIT, RAND Corporation и Great Britain National Physical Laboratory (GBNPL) были развернуты работы по

надежной передаче информации. Появилась идея *коммутации пакетов*, суть которой сводилась к тому, что любая информация, передаваемая по сети, разбивается на несколько частей (пакетов), которые затем независимо друг от друга перемещаются различными путями (маршрутами), пока не достигнут адресата. П. Бэран, Д. Дэвис, Л. Клейнрок параллельно вели исследования в этой области. П. Бэран был одним из первых, кто опубликовал свои исследования в статье «Передача данных в сетях».

В 1967 г. произошло событие, которое сыграло важную роль в развитии сетевых технологий: *модем*, изобретенный в начале шестидесятых, был существенно усовершенствован Дж. Ван Гином из Станфордского научно-исследовательского института (Stanford Research Institute, SRI). Отметим, что само название прибора (модем) состоит из начальных букв двух слов: *модулятор* и *демодулятор*; в нашем случае первый выполняет операцию преобразования цифрового сигнала в аналоговый (ЦАП), второй – преобразование аналогового в цифровой (АЦП).

Дж. Гинном предложил приемник, который мог надежно распознавать биты информации на фоне шумовых помех, создаваемых междугородними телефонными линиями. В 1967 г. Л. Робертс организовал научную конференцию в Анн-Арборе штата Мичиган, на которую он пригласил основных разработчиков сетевого проекта. Конференция имела огромное значение – параллельно проводимые работы начали объединяться. Термин ARPANET впервые упоминался в ходе выступления Л. Робертса именно на этой конференции. На этой же конференции другой выдающийся ученый У. Кларк впервые высказал идею и предложил термин IMP – Interface Message Processors, обозначающий *устройства для управления трафиком в сети*, которые впоследствии эволюционировали в современные маршрутизаторы.

В 1968 г. началась работа по созданию IMP, и уже через один год, в 1969 г., заработала сеть ARPANET, охватившая всё Западное побережье США.

В 1970 г. наблюдается рост сети – каждый месяц добавляется новый узел. В этом же году произошло еще два важных события. Во-первых, Д. Ритчи и К. Томпсон из BellLabs закончили работу над созданием операционной системы UNIX. Во-вторых, в этом же году рабочая группа NWG (Network Working Group) под руководством С. Крокера завершила работу над протоколом NCP (Network Control Protocol), а еще годом позже закончила работу над *протоколом эмуляции терминала (Telnet)* и существенно продвинулась в работе над *протоколом передачи файлов (FTP)*. В 1971 г. BBN разработала новую платформу – так называемые TIP-устройства (Terminal IMP, Terminal Interface Processor), что обеспечило возможность входить на удаленные хосты, сделав, таким образом, ARPANET доступной большему числу пользователей.

В 1972 г. сеть ARPANET была публично продемонстрирована. Однако в этом же году также произошло еще по крайней мере два события, которые оказали огромное влияние на развитие компьютерных технологий: Р. Томильсон написал программу, позволяющую отправлять *электронную почту* по ARPANET, ввел обозначение *user@host* и использовал символ @, который

позднее (с 1980 г.) был закреплен в международном стандарте адресов электронной почты. Постепенно сеть ARPANET расширялась, и среди клиентов появились такие частные организации, как BBN, Xerox PARC и MITRE Corporation, а также государственные – NASA's Ames Research Laboratories, National Bureau of Standards и Air Force Research Facilities.

В 1973 г. фирма ARPA переименовывается в DARPA, где буква D указывает на Defense (защита, оборона). DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) – агентство перспективного планирования оборонных научно-исследовательских работ, центральная научно-исследовательская организация министерства обороны, основной целью которой является выдача рекомендаций по внедрению принципиально новых технологий для военной промышленности. Под руководством Б. Кана начинается весьма сложная работа по объединению сетей, имеющих разные интерфейсы, скорости передачи данных и размеры пакетов. По сути дела, это была работа по созданию *межсетевого протокола*. В сентябре 1973 г. появилась первая публикация по новому протоколу TCP (Transmission Control Protocol). TCP/IP со временем стал одним из наиболее популярных протоколов сетевого взаимодействия и стандартом для реализации глобальных сетевых соединений в силу открытости, масштабируемости и за счет предоставления одинаковых возможностей глобальным и локальным сетям.

В 1977 г. был анонсирован компьютер Apple II, и появление настольных компьютеров с потенциальной возможностью коммуникаций при помощи модемного подключения дало новый толчок развитию *сетевых технологий* и *модемной* индустрии. К началу 1978 г. эксперимент ARPANET был практически закончен. Годом позже появилась служба USENET4, которая стала одним из первых примеров клиент-серверной организации.

К концу семидесятых годов архитектура и протоколы TCP/IP приобрели современный вид. К этому времени агентство DARPA стало признанным лидером в разработке сетей с коммутацией пакетов. Дальнейшее развитие сетевых технологий, в том числе беспроводных радиосетей и спутниковых каналов связи, стимулировало активность DARPA в исследовании проблем межсетевого взаимодействия и реализации принципов Интернета в ARPANET. DARPA не делало тайны из своей деятельности в области развития технологий Интернета, поэтому различные научные группы проявляли интерес к разработкам технологии глобальной сети.

Свое начало Интернет берет от сети ARPANET, но чаще Интернет называют наследницей NSFNET – американской сети, объединившей ученых NSF (National Science Foundation), которая сотрудничала, объединялась с ARPANET, а затем поглотила ее.

Многие эксперты называют временем зарождения Интернета начало 1980-х годов. В это время DARPA инициировало перевод машин, подсоединенных к его исследовательским сетям, на использование стека TCP/IP. В 1981 г. IWG (Internet Working Group) в DARPA публикует документ, в ко-

тором говорится о полном переходе с протокола NCP (Network Control Protocol) на протокол TCP/IP. С этих пор ARPANET становится магистральной сетью Интернет и активно используется для многочисленных экспериментов с TCP/IP. Окончательный переход к технологии Интернет произошел в январе 1983 г.: в этом году протокол TCP/IP был принят Министерством обороны США, а сеть ARPANET была разбита на две независимые части. Одна из них (предназначенная для научных целей) сохранила название ARPANET, а вторая, бóльшая по масштабу сеть MILNET отошла к военному ведомству.

Для того чтобы стимулировать использование новых протоколов в учебных заведениях, DARPA сделало реализацию TCP/IP широко доступной для университетских кругов. В это время многие исследователи использовали версию ОС Unix университета Беркли (штат Калифорния), называемую BSD Unix (от Berkeley Software Distribution). Благодаря тому, что DARPA в свое время субсидировала компанию BBN и университет в Беркли с целью реализации протоколов TCP/IP для использования вместе с популярной ОС Unix, более 90 % компьютерных факультетов университетов адаптировали новую сетевую технологию, и версия BSD стала фактическим стандартом для реализаций стека протоколов TCP/IP. Было выпущено несколько версий BSD, каждая из которых добавляла в TCP/IP новые возможности, в том числе 4.2BSD (1983 г.), 4.3BSD (1986 г.), 4.3BSD Tahoe (1988 г.), 4.3BSD Reno (1990 г.), 4.4BSD (1993 г.).

С 1985 г. NSF реализовала программу создания сетей вокруг своих суперкомпьютерных центров. И в 1986 г. создание опорной сети (56 Кбит/с) между суперкомпьютерными центрами NSF привело к появлению целого ряда региональных сетей, таких как JVNCSNET, NYSERNET, SURANET, SDSCNET, BARRNET и других. Так появилась магистральная сеть NSFNET, которая в конце концов объединила все эти научные центры и связала их с ARPANET. Таким образом, NSFNET связала пять суперкомпьютерных центров и открыла доступ к мощным вычислительным ресурсам для широкого круга исследователей. Для уменьшения платы за использование междугородных линий связи решено было развивать систему *региональных сетей*, которая объединяет компьютеры внутри какого-то региона и имеет выходы на подобные сети поблизости. При такой конфигурации все компьютеры являются равноправными и имеют связь «по цепочке» через соседние компьютеры как друг с другом, так и с суперкомпьютерами NSF. Таким образом, начиная с 1986 г. можно говорить о становлении глобальной компьютерной сети Интернет.

В 1988 г. Интернет становится международной сетью – к нему присоединяются Канада, Дания, Финляндия, Франция, Норвегия и Швеция. Годом позже сеть уже насчитывала 80 000 узлов; в ноябре к Интернету присоединились Австрия, Германия, Израиль, Италия, Япония, Мексика, Нидерланды, Новая Зеландия и Великобритания – и вскоре количество узлов в сети выросло до 160 000. В том же году появилась технология FDDI (Fiber Distributed Data Interface) – распределенный *интерфейс передачи данных по волоконно-оптическим каналам*.

Если Интернет – изобретение коллективное, то идею гипертекста и WWW связывают с именем конкретного человека.

В 1989 г. Т. Бернерс-Ли высказал идею гипертекста, которая и послужила толчком к созданию *World Wide Web*.

Т. Бернерс-Ли написал программу *Enquire*, которая стала прообразом будущей WWW. В том же 1989 г. Т. Бернерс-Ли начинал работу над глобальным проектом Всемирной паутины, и всего два года спустя (в 1991 г.) первые WWW-объекты были помещены в Интернет.

1.2.3. Первые локальные сети

В начале 1970-х годов произошел технологический прорыв в области производства компьютерных компонентов – появились *большие интегральные схемы*, БИС. Их сравнительно невысокая стоимость и высокие функциональные возможности привели к созданию мини-компьютеров, которые стали реальными конкурентами мэйнфреймов. Закон Гроша перестал соответствовать действительности, так как десяток мини-компьютеров выполнял некоторые задачи (как правило, хорошо распараллеливаемые) быстрее одного мэйнфрейма, а стоимость такой *мини-компьютерной* системы была меньше.

Даже небольшие подразделения предприятий получили возможность покупать для себя компьютеры. Мини-компьютеры выполняли задачи управления технологическим оборудованием, складом и другие задачи уровня подразделения предприятия. Таким образом, появилась концепция распределения компьютерных ресурсов по всему предприятию. Однако при этом все компьютеры одной организации по-прежнему продолжали работать автономно (рис. 1.3).

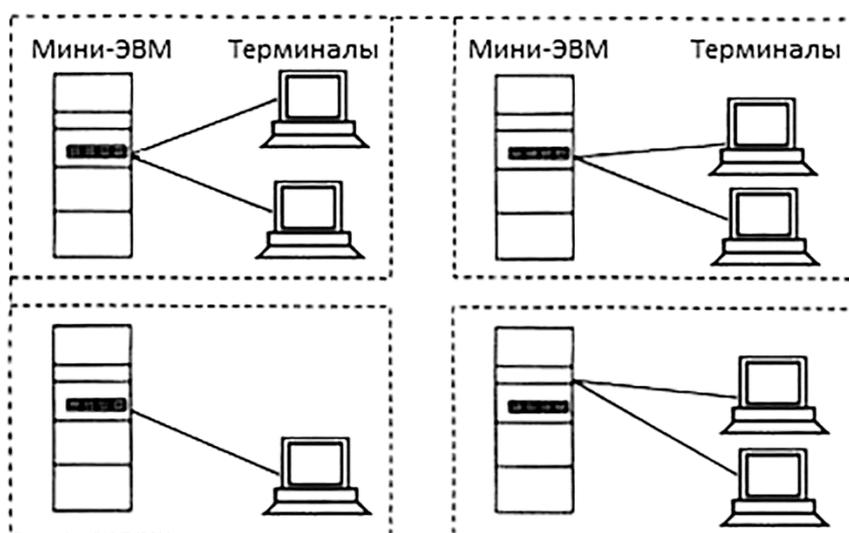


Рис. 1.3. Автономное использование нескольких мини-компьютеров на одном предприятии

Позднее предприятия и организации стали соединять свои мини-компьютеры вместе и разрабатывать программное обеспечение, необходимое для их взаимодействия. В результате появились первые ЛВС (рис. 1.4). Они еще во многом отличались от современных локальных сетей, в первую очередь своими устройствами сопряжения.

На первых порах для соединения компьютеров друг с другом использовались самые разнообразные нестандартные устройства со своим способом представления данных на линиях связи, своими типами кабелей и т. п.

1.2.4. Создание стандартных технологий локальных сетей

В середине 1980-х гг. положение дел в локальных сетях стало кардинально меняться. Утвердились стандартные технологии объединения компьютеров в сеть – Ethernet, ARCNet, Token Ring. Мощным стимулом для их развития послужили персональные компьютеры, которые стали преобладать в локальных сетях, причем в качестве не только клиентских компьютеров, но и центров хранения и обработки данных, то есть сетевых серверов, потеснив с этих привычных ролей мини-компьютеры и мэйнфреймы.

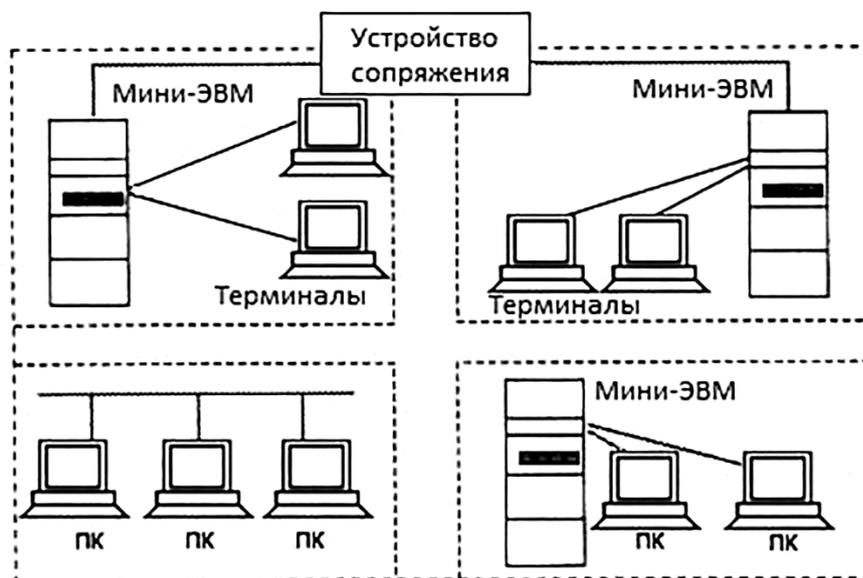


Рис. 1.4. Различные типы связей в первых локальных сетях

Стандартные сетевые технологии превратили процесс построения локальной сети из искусства в рутинную работу. Для создания сети достаточно было приобрести *сетевые адаптеры* соответствующего стандарта, например, Ethernet, стандартный кабель, присоединить адаптеры к кабелю стандартными разъемами и установить на компьютер одну из популярных сетевых операционных систем, например, NetWare.

Локальные сети в сравнении с глобальными внесли много нового в способы организации работы пользователей. Доступ к разделяемым ресурсам стал гораздо удобнее – пользователь мог просто просматривать списки имеющихся ресурсов, а не запоминать их идентификаторы или имена. После соединения с удаленным ресурсом можно было работать с ним с помощью уже знакомых пользователю по работе с локальными ресурсами команд. Реализацию всех нововведений разработчики локальных сетей получили в результате появления качественных кабельных линий связи, на которых даже сетевые адаптеры первого поколения обеспечивали скорость передачи данных до 10 Мбит/с.

Наибольшее распространение на тот момент получили телефонные каналы связи, но они были плохо приспособлены для высокоскоростной передачи *дискретных* данных – скорость в 1200 бит/с была для них хорошим достижением. Поэтому экономное расходование *пропускной способности* каналов связи часто являлось основным критерием эффективности методов передачи данных в глобальных сетях.

1.2.5. Основные тенденции развития компьютерных вычислительных сетей

Компьютерные сети и сетевые технологии стали определяющим фактором и важнейшим инструментом инноваций практически во всех областях человеческой деятельности.

Разрыв между локальными и глобальными сетями сокращается во многом из-за появления высокоскоростных территориальных каналов связи, не уступающих по качеству кабельным системам локальных сетей.

Возродился интерес к крупным компьютерам, в основном из-за того, что после спада эйфории по поводу легкости работы с персональными компьютерами выяснилось, что системы, состоящие из сотен серверов, обслуживать сложнее, чем несколько больших компьютеров. Поэтому на новом витке эволюционной спирали мэйнфреймы стали возвращаться в *корпоративные вычислительные системы*, но уже как полноправные сетевые узлы, поддерживающие Ethernet или Token Ring, а также стек протоколов TCP/IP, ставший благодаря Internet сетевым стандартом де-факто.

Обработка и передача в сетях различных видов мультимедийной информации (голос, видеоизображения, рисунки, текст) потребовали внесения изменений в работу протоколов, сетевых операционных систем и коммуникационного оборудования. Сложность передачи такой мультимедийной информации по сети связана с ее чувствительностью к задержкам при передаче пакетов данных, задержки обычно приводят к искажению такой информации в конечных узлах сети. Так как традиционные службы вычислительных сетей – такие как передача файлов или электронная почта, создают малочувствительный к задержкам трафик и все элементы сетей разрабатывались в расчете на него, то появление трафика реального времени привело к большим проблемам.

Эти проблемы решаются различными способами, в том числе и с помощью специально рассчитанной на передачу различных типов трафика технологии АТМ (Asynchronous Transfer Mode – асинхронный способ передачи данных).

В последнее время, особенно в период вынужденного перехода к дистанционной работе сотен миллионов человек по всему миру, роль компьютерных сетей и сетевого оборудования неизмеримо возросла.

От базового сетевого оборудования, в равной мере пригодного для установки дома или на небольшом предприятии, до недавних пор не так уж много требовалось: обеспечить работу локальной сети да предоставить каждому ее узлу доступ к облачным сервисам и Интернету в целом. Теперь ситуация меняется принципиально: живые контакты с клиентами массированно переходят в онлайн, офис становится существенно распределенным, деловые переговоры, планерки и летучки проводятся по видео-конференц-связи.

В последнее время специалисты отмечают пять ключевых технологий, преобразующих сети:

- *программно-определяемые* (или *программно-реконфигурируемые*) *сети* (Software-Defined Networking, SDN),
- *облачные сервисы* (CCS, Cloud Computing Services),
- *Интернет вещей* (Internet of Things, IoT),
- *виртуализация сетевых функций* (Network Functions Virtualization, NFV),
- *качество взаимодействия (восприятия)* (Quality of Experience, QoE).

Важнейшие особенности указанных технологий будут рассмотрены ниже.

1.3. Классификации компьютерных сетей

Чаще всего термин «*локальные сети*», или «**локальные вычислительные сети**» (LAN, Local Area Network), понимают буквально, то есть это такие сети, которые имеют небольшие, локальные размеры, соединяют близко расположенные компьютеры. Однако некоторые локальные сети легко обеспечивают связь на расстоянии нескольких десятков километров. Это уже размеры не комнаты, не здания, не близко расположенных зданий, а, может быть, даже целого города. С другой стороны, по глобальной сети (WAN, Wide Area Network или GAN, Global Area Network) вполне могут связываться компьютеры, находящиеся на соседних столах в одной комнате.

Как правило, локальная сеть связывает от двух до нескольких десятков компьютеров. Но предельные возможности современных локальных сетей гораздо выше: максимальное число абонентов может достигать тысячи. Называть такую сеть малой неправильно.

В пределах одной сети могут использоваться как электрические кабели различных типов (витая пара, коаксиальный кабель), так и оптоволоконные кабели.

По сути, компьютеры, связанные локальной сетью, объединяются в один виртуальный компьютер, ресурсы которого могут быть доступны всем пользователям, причем этот доступ не менее удобен, чем к ресурсам, входящим непосредственно в каждый отдельный компьютер. Под удобством в данном случае понимается высокая реальная скорость доступа, скорость обмена информацией между приложениями, практически незаметная для пользователя.

Скорость передачи по локальной сети обязательно должна расти по мере роста быстродействия наиболее распространенных компьютеров.

Таким образом, главное отличие локальной сети от любой другой – высокая скорость передачи информации по сети. Но это еще не всё, не менее важны и другие факторы. В частности, принципиально необходим низкий уровень *ошибок* передачи, вызванных как внутренними, так и внешними факторами. Ведь даже очень быстро переданная информация, которая искажена ошибками, просто не имеет смысла, ее придется передавать еще раз. Поэтому локальные сети обязательно используют специально прокладываемые высококачественные и хорошо защищенные от помех линии связи.

Особое значение имеет и такая характеристика сети, как возможность работы с большими нагрузками, то есть с высокой интенсивностью обмена (или, как еще говорят, с большим *трафиком*). Ведь если механизм управления обменом, используемый в сети, не слишком эффективен, то компьютеры могут подолгу ждать своей очереди на передачу.

Механизм управления обменом может гарантированно успешно работать только в том случае, когда заранее известно, сколько компьютеров (или, как еще говорят, абонентов, узлов) допустимо подключить к сети. Иначе всегда можно включить столько абонентов, что вследствие перегрузки забуксует любой механизм управления. Наконец, сетью можно назвать только такую систему передачи данных, которая позволяет объединять до нескольких десятков компьютеров, но никак не два, как в случае связи через стандартные порты.

Таким образом, сформулировать отличительные признаки локальной сети можно следующим образом:

- *высокая скорость передачи* информации, большая пропускная способность сети;
- *низкий уровень ошибок передачи* или *информационных ошибок* (обеспечивается, прежде всего, высококачественными каналами связи); обычно считается, что допустимая вероятность ошибок передачи данных не должна превышать порядок 10^{-6} (практика показывает, что обычно уровень ошибок выше; каналы связи, особенно проводные каналы большой протяженности и радиоканалы, обеспечивают вероятность ошибки на уровне $10^{-3} \dots 10^{-4}$);
- эффективный, быстродействующий механизм управления обменом по сети;
- заранее четко ограниченное количество компьютеров, подключаемых к сети.

При таком определении понятно, что глобальные сети отличаются от локальных прежде всего тем, что они рассчитаны на неограниченное число абонентов. Кроме того, они используют (или могут использовать) не слишком качественные каналы связи и сравнительно низкую скорость передачи. А механизм управления обменом в них не может быть гарантированно быстрым. В глобальных сетях гораздо важнее не качество связи, а сам факт ее существования.

Нередко выделяют еще один класс компьютерных сетей – **городские, региональные** или **муниципальные** сети (MAN, Metropolitan Area Network), которые обычно по своим характеристикам ближе к глобальным сетям, хотя иногда все-таки имеют некоторые черты локальных сетей, например, высококачественные каналы связи и сравнительно высокие скорости передачи. В принципе городская сеть может быть локальной со всеми ее преимуществами.

Сейчас нельзя провести четкую границу между локальными и глобальными сетями. Большинство локальных сетей имеет выход в глобальную. Но характер передаваемой информации, принципы организации обмена, режимы доступа к ресурсам внутри локальной сети, как правило, сильно отличаются от тех, что приняты в глобальной сети.

По локальной сети может передаваться самая разная цифровая информация: данные, изображения, телефонные разговоры, электронные письма и т. д. Кстати, именно задача передачи изображений, особенно полноцветных динамических, предъявляет самые высокие требования к быстродействию сети. Чаще всего локальные сети используются для разделения (совместного использования) таких ресурсов, как дисковое пространство, принтеры и выход в глобальную сеть, но это всего лишь незначительная часть тех возможностей, которые предоставляют средства локальных сетей.

1.4. Вычислительные сети – частный случай распределенных систем

Компьютерные сети относятся к **распределенным** (или децентрализованным) вычислительным системам. Поскольку основным признаком распределенной вычислительной системы является наличие нескольких центров обработки данных, то наряду с компьютерными сетями к распределенным системам относят также *мультипроцессорные* компьютеры.

В **мультипроцессорных компьютерах** имеется несколько процессоров, каждый из которых может относительно независимо от остальных выполнять свою программу.

В мультипроцессоре существует общая для всех процессоров операционная система, которая оперативно распределяет вычислительную нагрузку между процессорами. Взаимодействие между отдельными процессорами организуется наиболее простым способом – через общую оперативную память.

Сам по себе процессорный блок не является законченным компьютером и поэтому не может выполнять программы без остальных блоков мультипроцессорного компьютера – памяти и периферийных устройств. Все периферийные устройства являются для всех процессоров мультипроцессорной системы общими.

Территориальную распределенность мультипроцессор не поддерживает – все его блоки располагаются в одном или нескольких близко расположенных конструктивах, как и у обычного компьютера. Основное достоинство мультипроцессора – его высокая производительность, которая достигается за счет параллельной работы нескольких процессоров.

Еще одним важным свойством мультипроцессорных систем является **отказоустойчивость**, то есть способность к продолжению работы при отказах некоторых элементов, например процессоров или блоков памяти.

Многомашинная система – это вычислительный комплекс, включающий в себя несколько компьютеров (каждый из которых работает под управлением собственной операционной системы), а также программные и аппаратные средства связи компьютеров, которые обеспечивают работу всех компьютеров комплекса как единого целого.

Работа любой многомашинной системы определяется двумя главными компонентами: высокоскоростным механизмом связи процессоров и системным программным обеспечением, которое предоставляет пользователям и приложениям прозрачный доступ к ресурсам всех компьютеров, входящих в комплекс. В состав средств связи входят программные модули, которые занимаются распределением *вычислительной нагрузки, синхронизацией вычислений и реконфигурацией системы*. Если происходит отказ одного из компьютеров комплекса, его задачи могут быть автоматически переназначены и выполнены на другом компьютере. Если в состав многомашинной системы входят несколько контроллеров внешних устройств, то в случае отказа одного из них другие контроллеры автоматически подхватывают его работу. Таким образом достигается высокая отказоустойчивость комплекса в целом.

Многомашинные системы позволяют достичь высокой производительности за счет организации *параллельных вычислений*.

По сравнению с мультипроцессорными системами возможности параллельной обработки в многомашинных системах ограничены: эффективность распараллеливания резко снижается, если параллельно выполняемые задачи тесно связаны между собой по данным.

В вычислительных сетях программные и аппаратные связи являются более слабыми, а автономность обрабатывающих блоков проявляется в наибольшей степени – основными элементами сети являются стандартные компьютеры, не имеющие ни общих блоков памяти, ни общих периферийных устройств. Связь между компьютерами осуществляется с помощью специальных периферийных устройств – *сетевых адаптеров*, соединенных относительно протяженными каналами связи.

Каждый компьютер работает под управлением собственной операционной системы, а какая-либо общая операционная система, распределяющая работу между компьютерами сети, отсутствует. Взаимодействие между компьютерами сети происходит за счет передачи сообщений через сетевые адаптеры и каналы связи. С помощью этих сообщений один компьютер обычно запрашивает доступ к локальным ресурсам другого компьютера. Такими ресурсами могут быть как данные, хранящиеся на диске, так и разнообразные периферийные устройства – принтеры, модемы, факс-аппараты и т. д. Разделение локальных ресурсов каждого компьютера между всеми пользователями сети – основная цель создания вычислительной сети.

На тех компьютерах, ресурсы которых должны быть доступны всем пользователям сети, необходимо добавить модули (приложения), которые постоянно будут находиться в режиме ожидания *запросов*, поступающих по сети от других компьютеров. Обычно такие модули называются *серверными приложениями*, или **программными серверами** (Server), так как их главная задача – обслуживать запросы на доступ к ресурсам своего компьютера.

На компьютерах, пользователи которых хотят получать доступ к ресурсам других компьютеров, также нужно добавить к операционной системе некоторые специальные программные модули, которые должны вырабатывать запросы на доступ к удаленным ресурсам и передавать их по сети на нужный компьютер. Такие модули обычно называют *клиентскими приложениями*, или **программными клиентами** (Client). Сетевые адаптеры и каналы связи решают в сети достаточно простую задачу – они передают сообщения с запросами и ответами от одного компьютера к другому, а основную работу по организации совместного использования ресурсов выполняют клиентские и серверные части операционных систем.

Пара модулей «клиент-сервер» обеспечивает совместный доступ пользователей к определенному типу ресурсов, например к файлам. В этом случае говорят, что пользователь имеет дело с файловой службой (service). Обычно сетевая операционная система поддерживает несколько видов сетевых служб для своих пользователей – файловую службу, службу печати, службу электронной почты, службу удаленного доступа и т. п.

Термины «клиент» и «сервер» используются для обозначения не только программных модулей, но и компьютеров, подключенных к сети.

Если компьютер предоставляет свои ресурсы другим компьютерам сети, то он называется сервером, а если он их потребляет – клиентом (более подробно это описано в п. 2.1.3). Иногда (в распределенных системах) один и тот же компьютер может одновременно играть роль и сервера, и клиента.

Сетевые службы всегда представляют собой распределенные программы.

Распределенная программа – это программа, которая состоит из нескольких взаимодействующих частей, причем каждая часть, как правило, выполняется на отдельном компьютере сети.

В сети могут выполняться и распределенные пользовательские программы – *приложения*. Распределенное приложение также состоит из нескольких частей, каждая из которых выполняет какую-то определенную законченную работу по решению прикладной задачи. Например, одна часть приложения, выполняющаяся на компьютере пользователя, может поддерживать специализированный графический интерфейс, вторая – работать на мощном выделенном компьютере и заниматься статистической обработкой введенных пользователем данных, а третья – заносить полученные результаты в базу данных на компьютере с установленной стандартной СУБД (системой управления базами данных). Распределенные приложения в полной мере используют потенциальные возможности распределенной обработки, предоставляемые вычислительной сетью, и поэтому часто называются сетевыми приложениями.

1.5. Основные программные и аппаратные компоненты сети

Вычислительная сеть – это сложный комплекс взаимосвязанных и согласованно функционирующих программных и аппаратных компонентов. Изучение сети в целом предполагает знание принципов работы ее отдельных элементов:

- компьютеров;
- коммуникационного оборудования;
- операционных систем;
- сетевых приложений.

Весь комплекс программно-аппаратных средств сети может быть описан *многослойной моделью*. В основе любой сети лежит аппаратный слой стандартизованных компьютерных платформ.

В настоящее время в сетях широко и успешно применяются компьютеры различных классов – от персональных до мэйнфреймов и суперЭВМ. Набор компьютеров в сети должен соответствовать набору разнообразных задач, решаемых сетью.

Второй слой – это коммуникационное оборудование. Хотя компьютеры и являются центральными элементами обработки данных в сетях, в последнее время не менее важную роль стали играть коммуникационные устройства. Кабельные системы, повторители, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы и модульные концентраторы из вспомогательных компонентов сети превратились в основные наряду с компьютерами и системным программным обеспечением как по влиянию на характеристики сети, так и по стоимости. Сегодня коммуникационное устройство может представлять собой сложный специализированный мультипроцессор, который нужно конфигурировать, оптимизировать и администрировать. Изучение принципов работы коммуникационного обо-

рудования требует знакомства с большим количеством протоколов, используемых как в локальных, так и в глобальных сетях.

Третьим слоем, образующим программную платформу сети, являются операционные системы (ОС). От того, какие концепции управления локальными и распределенными ресурсами положены в основу сетевой ОС, зависит эффективность работы всей сети. При проектировании сети важно учитывать, насколько просто данная операционная система может взаимодействовать с другими ОС сети, насколько она обеспечивает безопасность и защищенность данных, до какой степени она позволяет наращивать число пользователей, можно ли перенести ее на компьютер другого типа и многие другие соображения.

Самым верхним слоем сетевых средств являются различные сетевые приложения, такие как сетевые базы данных, почтовые системы, средства архивирования данных, системы автоматизации коллективной работы и др. Очень важно представлять диапазон возможностей приложений для различных областей применения, а также знать, насколько они совместимы с другими сетевыми приложениями и операционными системами.

1.6. Преимущества и проблемы использования сетей

Основные преимущества сетей вытекают из их принадлежности к распределенным системам.

Концептуальным преимуществом распределенных систем (а значит, и сетей) перед централизованными системами является их способность выполнять параллельные вычисления. За счет этого в системе с несколькими обрабатывающими узлами в принципе может быть достигнута производительность, превышающая максимально возможную на данный момент производительность любого отдельного, сколь угодно мощного процессора. Распределенные системы потенциально имеют лучшее соотношение производительность – стоимость, чем централизованные системы.

Еще одно очевидное и важное достоинство распределенных систем – это их принципиально более высокая отказоустойчивость, или надежность. Основой повышенной надежности распределенных систем является **избыточность**.

Различают *информационную* (на основе помехоустойчивого кодирования данных), *временную* и *аппаратную*, или *структурную*, избыточность. Избыточность обрабатывающих узлов (процессоров в многопроцессорных системах или компьютеров в сетях) позволяет при отказе одного узла переназначать приписанные ему задачи на другие узлы.

С этой целью в распределенной системе могут быть предусмотрены процедуры динамической или статической реконфигурации. В вычислительных сетях некоторые наборы данных могут дублироваться на внешних запоми-

нающих устройствах нескольких компьютеров сети, так что при отказе одного из них данные остаются доступными.

Для пользователя, кроме вышеназванных, распределенные системы дают еще и такие преимущества, как возможность совместного использования данных и устройств, а также возможность гибкого распределения работ по всей системе. Такое разделение дорогостоящих периферийных устройств, таких как дисковые массивы большой емкости, цветные принтеры, графопостроители, модемы, оптические диски, во многих случаях является основной причиной развертывания сети на предприятии.

В последнее время стал преобладать другой побудительный мотив развертывания сетей, гораздо более важный в современных условиях, чем экономия средств за счет разделения между сотрудниками корпорации дорогой аппаратуры или программ. Этим мотивом стало стремление обеспечить сотрудникам оперативный доступ к обширной корпоративной информации. В условиях жесткой конкурентной борьбы в любом секторе рынка выигрывает, в конечном счете, та фирма, сотрудники которой могут быстро и правильно ответить на любой вопрос клиента: о возможностях их продукции, об условиях ее применения, о решении любых возможных проблем и т. п.

Имеющиеся сейчас технологии поддерживают достаточно простой способ представления текстовой и графической информации в виде гипертекстовых страниц, что позволяет быстро поместить самую свежую информацию на WWW-серверы корпорации. Кроме того, она унифицирует просмотр информации с помощью стандартных программ – *Web-браузеров*, работа с которыми несложна даже для неспециалиста.

Корпоративная сеть, которая интегрирует данные и мультимедийную информацию, может использоваться для организации аудио- и видеоконференций. Кроме того, на ее основе может быть создана собственная внутренняя телефонная сеть.

Конечно, вычислительные сети имеют (а может быть, создают!) и свои проблемы. Эти проблемы в основном связаны с организацией эффективного взаимодействия отдельных частей распределенной системы.

Во-первых, это сложности, связанные с программным обеспечением – операционными системами и приложениями. Программирование для распределенных систем принципиально отличается от программирования для централизованных систем. Так, сетевая операционная система, выполняя в общем случае все функции по управлению локальными ресурсами компьютера, сверх того решает многочисленные задачи по предоставлению сетевых служб. Разработка сетевых приложений осложняется из-за необходимости организовать совместную работу их частей, выполняющихся на разных машинах.

Во-вторых, много проблем связано с транспортировкой сообщений по каналам связи между компьютерами. Основные задачи здесь – обеспечение *надежности* (чтобы передаваемые данные не терялись и не искажались) и *производительности* (чтобы обмен данными происходил с приемлемыми задержками). В структуре общих затрат на вычислительную сеть расходы на

решение транспортных вопросов составляют существенную часть, в то время как в централизованных системах эти проблемы полностью отсутствуют.

В-третьих, это вопросы, связанные с обеспечением безопасности.

Глобализация и виртуализация привели к появлению угроз и вызовов, которые принято связывать с *киберпространством* (КБ) и *кибербезопасностью*. Об этой проблеме можно получить достаточно полную информацию из книги известного специалиста по компьютерной безопасности Кевина Митника «Искусство быть невидимым». На рис. 1.5 показана взаимосвязь понятий из анализируемой предметной области.



Рис. 1.5. Взаимосвязь понятий из области кибербезопасности

Выводы

1. Компьютерная сеть – это совокупность компьютеров, соединенных линиями связи. Линии связи образованы кабелями (или построены на основе беспроводных технологий), сетевыми адаптерами и другими коммуникационными устройствами. Всё сетевое оборудование работает под управлением системного и прикладного программного обеспечения.
2. Основная задача сети – обеспечить пользователям потенциальную возможность совместного использования ресурсов всех компьютеров.
3. Вычислительная сеть – это одна из разновидностей распределенных систем, достоинством которых является возможность распараллеливания вычислений, за счет чего может быть достигнуто повышение производительности и отказоустойчивости системы.
4. Компьютерные сети и сетевые технологии стали определяющим фактором и важнейшим инструментом инноваций практически во всех областях человеческой деятельности.

5. Важнейший этап в развитии сетей – появление стандартных сетевых технологий типа Ethernet, позволяющих быстро и эффективно объединять компьютеры различных типов.
6. Специалисты отмечают пять ключевых технологий, преобразующих сети:
 - *программно-определяемые (или программно-реконфигурируемые) сети* (Software-Defined Networking, SDN),
 - *облачные сервисы* (CCS, Cloud Computing Services),
 - *Интернет вещей* (Internet of Things, IoT),
 - *виртуализация сетевых функций* (Network Functions Virtualization, NFV),
 - *качество взаимодействия (восприятия)* (Quality of Experience, QoE).
7. Использование сетей дает следующие возможности:
 - разделение дорогостоящих ресурсов;
 - совершенствование коммуникаций;
 - улучшение доступа к информации;
 - быстрое и качественное принятие решений;
 - свободу в территориальном размещении компьютеров.
8. К важнейшим техническим характеристикам сетей и сетевого оборудования относятся производительность, защищенность от несанкционированного доступа, или безопасность, и надежность.
9. Безопасность любого ресурса информационной системы складывается из обеспечения трех его характеристик: конфиденциальности, целостности, доступности.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение сети.
2. Чем отличается коммуникационная сеть от информационной?
3. Как разделяются сети по территориальному признаку?
4. Что такое информационная система?
5. Что такое каналы связи?
6. Дайте определение физического канала связи.
7. Дайте определение логического канала связи.
8. Как называется совокупность правил обмена информацией между двумя или несколькими устройствами?
9. Что такое метод доступа?
10. Что такое совокупность правил, устанавливающих процедуры и формат обмена информацией?
11. Чем отличается рабочая станция в сети от обычного персонального компьютера?
12. Как называется описание физических соединений в сети?
13. Что такое архитектура сети?

14. Как называется способ определения, какая из рабочих станций будет следующей использовать канал связи?
15. Перечислите преимущества использования сетей.
16. Чем отличается одноранговая архитектура от клиент-серверной архитектуры?
17. Каковы преимущества крупномасштабной сети с выделенным сервером?
18. Какие сервисы предоставляет клиент-серверная архитектура?
19. Как называются рабочие станции, которые используют ресурсы сервера?
20. Что такое сервер?
21. Охарактеризуйте (перечислите) особенности современных сетевых технологий.
22. Дайте определение основных понятий, относящихся к надежности и безопасности компьютерных сетей.
23. Как вы понимаете термины «информационная избыточность», «временная избыточность», «структурная избыточность»?

2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ

2.1. Архитектура сетей

Архитектура сети определяет основные элементы сети, характеризует ее общую логическую организацию, техническое обеспечение, программное обеспечение, описывает методы кодирования.

Архитектура также определяет принципы функционирования и интерфейс пользователя.

В данном пособии будут рассмотрены три вида архитектур:

- архитектура *терминал – главный компьютер*;
- *одноранговая* архитектура;
- архитектура *клиент – сервер*.

2.1.1. Архитектура терминал – главный компьютер

Архитектура терминал – главный компьютер (Terminal – Host Computer Architecture) – это концепция информационной сети, в которой вся обработка данных осуществляется одним компьютером или группой главных компьютеров (рис. 2.1).

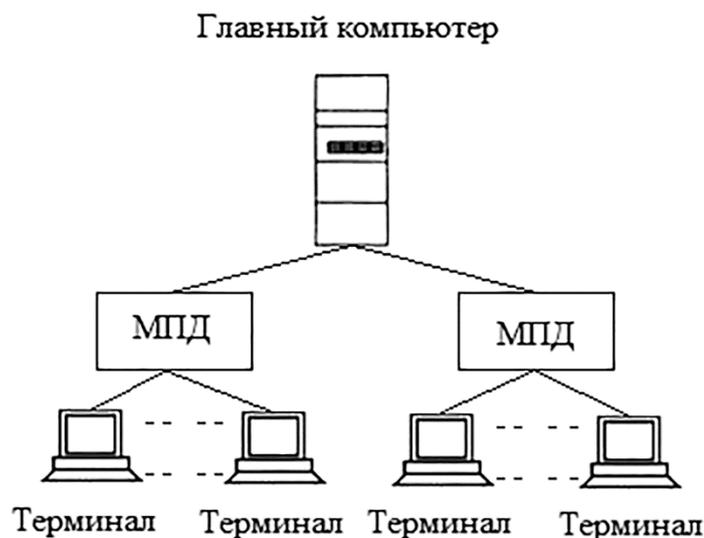


Рис. 2.1. Архитектура терминал – главный компьютер

Рассматриваемая архитектура предполагает два типа оборудования:

- главный компьютер, где осуществляется управление сетью, хранение и обработка данных;

- терминалы, предназначенные для передачи главному компьютеру команд на организацию сеансов и выполнение заданий, ввод данных и получение результатов.

Главный компьютер через *мультиплексоры передачи данных* (МПД) взаимодействует с терминалами, как представлено на рис. 2.1. Классический пример архитектуры сети с главными компьютерами – системная сетевая архитектура (System Network Architecture – SNA).

По сути, данная архитектура предлагает максимально закрытую концепцию информационной сети, что и находит применение, например, в банковских системах.

2.1.2. Одноранговая архитектура

Одноранговая архитектура (Peer-to-Peer Architecture) – это концепция информационной сети, в которой ее ресурсы распределены по всем взаимодействующим между собой системам (рис. 2.2). Данная архитектура характеризуется тем, что в ней все системы равноправны.

К одноранговым сетям относятся малые сети, где любая рабочая станция может выполнять одновременно функции файлового сервера и рабочей станции. В *одноранговых ЛВС* дисковое пространство и файлы на любом компьютере могут быть общими.

Чтобы ресурс стал общим, его необходимо отдать в общее пользование, используя службы удаленного доступа сетевых одноранговых операционных систем. В зависимости от того, как будет установлена защита данных, другие пользователи смогут пользоваться файлами сразу же после их создания. Одноранговые ЛВС достаточно хороши только для небольших рабочих групп.

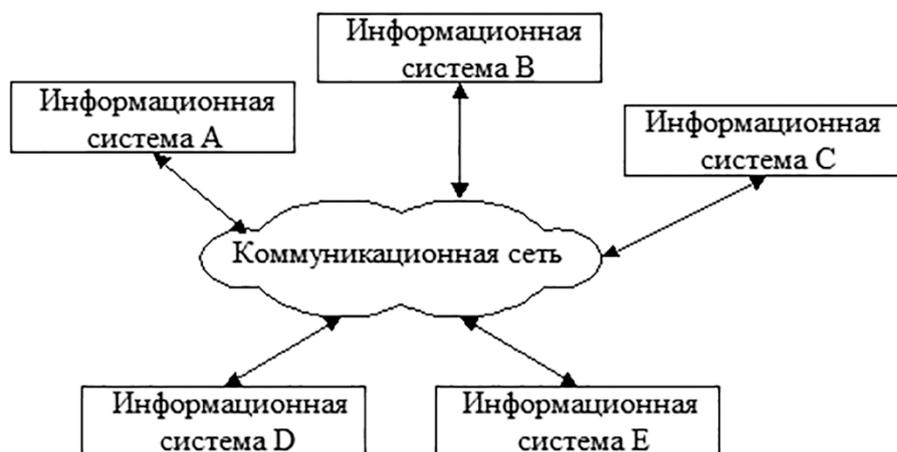


Рис. 2.2. Одноранговая архитектура

Одноранговые ЛВС являются наиболее легким и дешевым типом сетей для установки. Они требуют на компьютере, кроме сетевой карты и сетевого

носителя, наличия пользовательской операционной системы. При соединении компьютеров пользователи могут предоставлять ресурсы и информацию в совместное пользование.

Одноранговые сети имеют следующие особенности:

- они легки в установке и настройке;
- отдельные ПК не зависят от выделенного сервера;
- пользователи в состоянии контролировать свои ресурсы;
- малая стоимость и легкая эксплуатация;
- минимум оборудования и программного обеспечения;
- нет необходимости в администраторе;
- хорошо подходят для сетей с небольшим числом пользователей ввиду неприменения средств централизованного управления.

Проблемой одноранговой архитектуры является ситуация, когда компьютеры отключаются от сети. В этих случаях из сети исчезают виды сервиса, которые они предоставляли. Сетевую безопасность одновременно можно применить только к одному ресурсу, и пользователь должен помнить столько паролей, сколько сетевых ресурсов. При получении доступа к разделяемому ресурсу ощущается падение производительности компьютера. Существенным недостатком одноранговых сетей является отсутствие централизованного администрирования.

Использование одноранговой архитектуры не исключает применения в той же сети также архитектуры терминал – главный компьютер или архитектуры клиент-сервер.

2.1.3. Архитектура клиент-сервер

Архитектура клиент-сервер (Client – Server Architecture) – это концепция информационной сети, в которой основная часть ее ресурсов сосредоточена в серверах, обслуживающих своих клиентов (рис. 2.3). Рассматриваемая архитектура определяет два типа компонентов: серверы и клиенты.

Сервер – это объект, предоставляющий сервис другим объектам сети по их запросам. **Сервис** – это процесс обслуживания клиентов.

Сервер работает по заданиям клиентов и управляет выполнением их заданий. После выполнения каждого задания сервер посылает полученные результаты клиенту, пославшему это задание.

Сервисная функция в архитектуре клиент-сервер описывается комплексом прикладных программ, в соответствии с которым выполняются разнообразные прикладные процессы.

Процесс, который вызывает сервисную функцию с помощью определенных операций, называется **клиентом**. Им может быть программа или пользователь. На рис. 2.4 приведен перечень сервисов в архитектуре клиент-сервер.

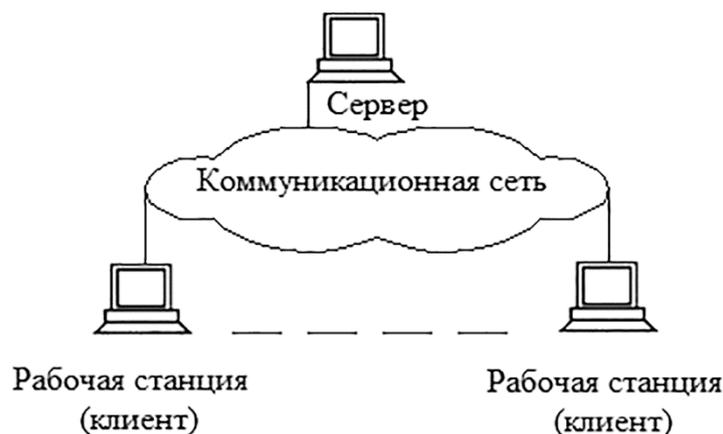


Рис. 2.3. Архитектура клиент-сервер

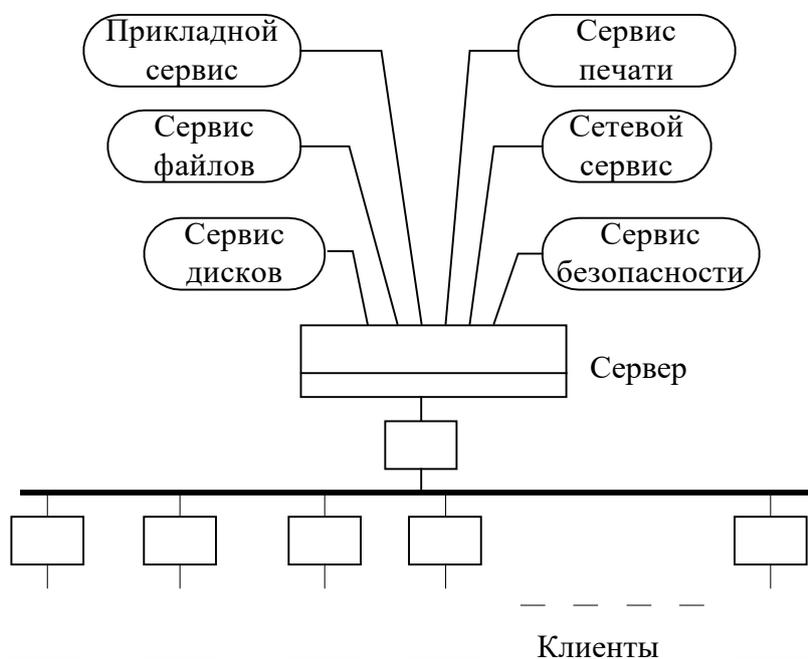


Рис. 2.4. Модель клиент-сервер

Клиенты – это рабочие станции, которые используют ресурсы сервера и предоставляют удобные интерфейсы пользователя. **Интерфейсы пользователя** – это процедуры взаимодействия пользователя с системой или сетью.

Клиент является инициатором и использует электронную почту или другие сервисы сервера. В этом процессе клиент запрашивает вид обслуживания, устанавливает сеанс, получает нужные ему результаты и сообщает об окончании работы.

В сетях с выделенным файловым сервером на выделенном автономном ПК (персональном компьютере) устанавливается серверная сетевая операционная система. Этот ПК становится сервером. Программное обеспечение (ПО), установленное на рабочей станции, позволяет ей обмениваться данными с сервером.

Наиболее распространенные сетевые операционные системы:

- NetWare фирмы Novell;
- Windows фирмы Microsoft;
- UNIX фирмы AT&T;
- Linux.

Помимо сетевой операционной системы, необходимы сетевые прикладные программы, реализующие преимущества, предоставляемые сетью.

Сети на базе серверов имеют лучшие характеристики и повышенную надежность. Сервер владеет главными ресурсами сети, к которым обращаются остальные рабочие станции.

В современной клиент-серверной архитектуре выделяются четыре группы объектов: клиенты, серверы, данные и сетевые службы. Клиенты располагаются в системах на рабочих местах пользователей. Данные в основном хранятся на серверах. Сетевые службы являются совместно используемыми серверами и данными. Кроме того, службы управляют процедурами обработки данных.

Сети клиент-серверной архитектуры имеют следующие преимущества:

- позволяют организовывать сети с большим количеством рабочих станций;
- обеспечивают централизованное управление учетными записями пользователей, безопасностью и доступом, что упрощает сетевое администрирование;
- эффективный доступ к сетевым ресурсам;
- пользователю нужен один пароль для входа в сеть и для получения доступа ко всем ресурсам, на которые распространяются права пользователя.

Наряду с преимуществами сети клиент-серверной архитектуры имеют и ряд недостатков:

- неисправность сервера может сделать сеть неработоспособной, либо как минимум приведет к потере сетевых ресурсов;
- требуют квалифицированного персонала для администрирования;
- имеют более высокую стоимость сетей и сетевого оборудования.

2.1.4. Выбор архитектуры сети

Выбор архитектуры сети зависит от назначения сети, количества рабочих станций и от выполняемых на ней действий.

Следует выбирать одноранговую сеть, если:

- количество пользователей не превышает десяти;
- все машины находятся близко друг от друга;
- имеют место небольшие финансовые возможности;
- нет необходимости в специализированном сервере, таком как сервер БД, факс-сервер или какой-либо другой;

- нет возможности или необходимости в централизованном администрировании.

Следует выбирать клиент-серверную сеть, если:

- количество пользователей достаточно большое, что, как правило, влечет за собой необходимость централизованного управления сетью;
- требуется повышенный уровень надежности и безопасности, управление ресурсами или резервное копирование;
- необходим специализированный сервер;
- требуется разделять ресурсы на уровне пользователей.

Выводы

1. Существуют три основные архитектуры сети: терминал – главный компьютер, одноранговая и клиент-серверная.
2. В настоящее время наибольшее распространение получили одноранговая и клиент-серверная архитектуры.
3. Под одноранговой архитектурой подразумевается концепция информационной сети, в которой ее ресурсы рассредоточены по всем взаимодействующим между собой системам. Данная архитектура характеризуется тем, что в ней все системы равноправны.
4. Под клиент-серверной архитектурой подразумевается концепция информационной сети, в которой основная часть ее ресурсов сосредоточена в серверах, обслуживающих своих клиентов. В клиент-серверной архитектуре выделяются четыре группы объектов: клиенты, серверы, данные и сетевые службы. Клиенты располагаются в системах на рабочих местах пользователей. Данные в основном хранятся в серверах. Сетевые службы являются совместно используемыми серверами и данными. Кроме того, службы управляют процедурами обработки данных.
5. Выбор архитектуры сети осуществляется в зависимости от назначения сети, количества узлов и от выполняемых на ней действий.

2.2. Топология компьютерной сети

2.2.1. Понятие и виды топологии

Понятие **топологии** широко используется при создании сетей. Одним из подходов к классификации топологий ЛВС является выделение двух основных классов топологий: широковещательные и последовательные.

В **широковещательных топологиях** ПК передает сигналы, которые могут быть восприняты остальными ПК. К таким топологиям относятся топологии: общая шина, дерево, звезда.

В **последовательных топологиях** информация передается только одному ПК. Примерами таких топологий являются: произвольная (произвольное соединение ПК), кольцо, цепочка.

При выборе топологии преследуются три основные цели:

- обеспечение *альтернативной маршрутизации* и максимальной надежности передачи данных;
- выбор *оптимального маршрута* передачи блоков данных;
- предоставление приемлемого *времени ответа* и нужной *пропускной способности*.

При выборе конкретного типа сети важно учитывать ее топологию. Основными сетевыми топологиями являются: шинная (линейная) топология, звездообразная, кольцевая и древовидная.

Например, в конфигурации сети ArcNet используются одновременно и линейная, и звездообразная топологии. Сети Token Ring физически выглядят как звезда, но логически их пакеты передаются по кольцу. Передача данных в сети Ethernet происходит по линейной шине, так что все станции видят сигнал одновременно.

Существуют пять основных топологий компьютерных сетей:

- *общая шина* (Bus);
- *кольцо* (Ring);
- *звезда* (Star);
- *древовидная* (Tree);
- *ячеистая* (Mesh).

Также возможны комбинации нескольких различных топологий.

2.2.2. Топология «общая шина»

Общая шина – это тип сетевой топологии, в которой рабочие станции расположены вдоль одного участка кабеля, называемого *сегментом* (рис. 2.5).

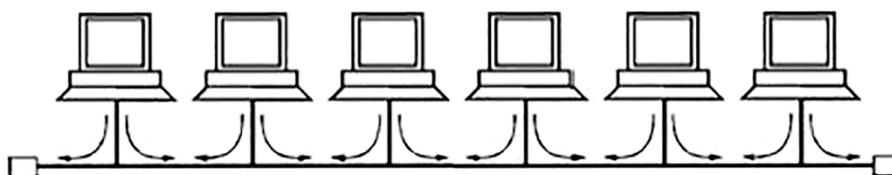


Рис. 2.5. Топология «общая шина»

Топология «общая шина» предполагает использование одного кабеля, к которому подключаются все компьютеры сети. В случае топологии «общая шина» кабель используется всеми станциями по очереди. Для уменьшения зашумленности среды отраженными сигналами, мешающими передаче данных,

используют так называемые «терминаторы» – специальные резисторы на концах кабеля, предотвращающие появление «отраженной волны».

Все сообщения, посылаемые отдельными компьютерами, принимаются и прослушиваются всеми остальными компьютерами, подключенными к сети. Рабочая станция отбирает адресованные ей сообщения, пользуясь **адресной** информацией. Надежность здесь выше, так как выход из строя отдельных компьютеров не нарушит работоспособность сети в целом. Поиск неисправности в сети затруднен. Кроме того, так как используется только один кабель, в случае обрыва нарушается работа всей сети. Шинная топология – это наиболее простая топология сети.

Примерами использования топологии «общая шина» является сеть 10Base-5 (соединение ПК толстым коаксиальным кабелем) и 10Base-2 (соединение ПК тонким коаксиальным кабелем).

2.2.3. Кольцевая топология

«Кольцо» – это топология ЛВС, в которой каждая рабочая станция соединена с двумя другими рабочими станциями, образуя кольцо (рис. 2.6). Данные передаются от одной рабочей станции к другой в одном направлении (по кольцу).

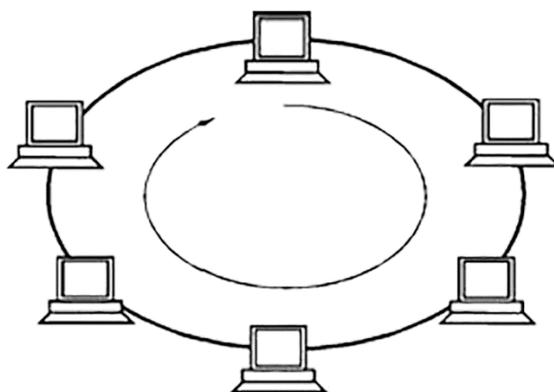


Рис. 2.6. Топология «кольцо»

Каждая рабочая станция исполняет роль **повторителя**, ретранслируя сообщения к следующей рабочей станции, т. е. данные передаются от одного компьютера к другому как по эстафете. Если компьютер получает данные, предназначенные для другого компьютера, он передает их дальше по кольцу, в ином случае они дальше не передаются.

Основная проблема при кольцевой топологии заключается в том, что каждая рабочая станция должна активно участвовать в пересылке информации, и в случае выхода из строя хотя бы одной из них вся сеть парализуется. Подключение новой рабочей станции требует краткосрочного выключения сети, так как во время установки кольцо должно быть разомкнуто. Топология

«кольцо» имеет хорошо предсказуемое время отклика, определяемое числом рабочих станций.

Чистая кольцевая топология используется редко. Вместо этого кольцевая топология играет транспортную роль в схеме метода доступа. Кольцо описывает логический маршрут, а пакет передается от одной станции к другой, совершая в итоге полный круг.

В сетях *Token Ring* кабельная ветвь из *центрального концентратора* называется MAU (Multiple Access Unit – устройство с множественным доступом). MAU имеет внутреннее кольцо, соединяющее все подключенные к нему станции, и используется как альтернативный путь, когда оборван или отсоединен кабель одной рабочей станции. Когда кабель рабочей станции подсоединен к MAU, он просто образует расширение кольца: сигналы поступают к рабочей станции, а затем возвращаются обратно во внутреннее кольцо.

Также стоит упомянуть в качестве отдельной топологии «цепочка», представляющую «разомкнутое» кольцо (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Топология «цепочка»

В данной топологии сохраняются все особенности и правила топологии «кольцо».

2.2.4. Топология типа «звезда»

«Звезда» – это топология ЛВС (рис. 2.8), в которой все рабочие станции присоединены к центральному узлу (например, к концентратору), который устанавливает, поддерживает и разрывает связи между рабочими станциями.

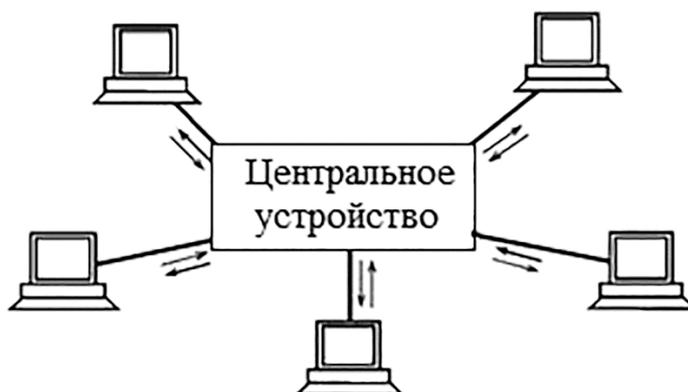


Рис. 2.8. Топология «звезда»

Преимуществом такой топологии является возможность простого исключения неисправного узла. Однако если неисправен центральный узел, вся сеть выходит из строя. В этом случае каждый компьютер через специальный сетевой адаптер подключается отдельным кабелем к объединяющему устройству.

При необходимости можно объединять вместе несколько сетей с топологией «звезда», при этом получаются разветвленные конфигурации сети. В каждой точке ветвления необходимо использовать специальные соединители (распределители, повторители или устройства доступа).

В звездообразных топологиях наибольшее применение нашел кабель типа **витая пара** (в соответствии со стандартами передачи 10BASE-T, 100BASE-T и т. д.). Центром «звезды» обычно является *Hub* (**хаб, концентратор**) либо *Switch* (**коммутатор**).

Если в качестве центрального устройства в топологии «звезда» выступает коммутатор или компьютер, то ее называют «активной звездой», если же используется устройство типа концентраторов, то «пассивной звездой».

Звездообразная топология обеспечивает защиту от разрыва кабеля. Если кабель рабочей станции будет поврежден, это не приведет к выходу из строя всего сегмента сети. Она позволяет также легко диагностировать проблемы подключения, так как каждая рабочая станция имеет свой собственный кабельный сегмент, подключенный к концентратору. Для диагностики достаточно найти разрыв кабеля, который ведет к неработающей станции. Остальная часть сети продолжает нормально работать.

Однако звездообразная топология имеет и недостатки. Во-первых, она требует для организации сети большое количество кабеля. Во-вторых, концентраторы довольно дороги. В-третьих, кабельные концентраторы при большом количестве кабеля трудно обслуживать. Однако в большинстве случаев в такой топологии используется недорогой кабель типа *витая пара*. В некоторых случаях можно даже использовать существующие телефонные кабели. Кроме того, для диагностики и тестирования выгодно собирать все кабельные концы в одном месте. По сравнению с концентраторами ARCNet концентраторы Ethernet и MAU Token Ring достаточно дороги. Новые подобные концентраторы включают в себя средства тестирования и диагностики, что делает их еще более дорогими.

Еще одним недостатком можно выделить ограниченность расширения сети на основе топологии «звезда», так как и концентраторы, и коммутаторы в определенной степени ограничены по числу портов. Последовательное соединение нескольких «звезд» через центральные устройства, но при большом числе соединенных «звезд» могут возникнуть сложности с передачей между удаленными узлами.

2.2.5. Другие типы топологии

Кроме трех рассмотренных базовых топологий, нередко применяется также сетевая топология «дерево» (Tree), которую можно рассматривать как

комбинацию нескольких звезд. Причем, как и в случае «звезды», «дерево» может быть активным или истинным (рис. 2.9).

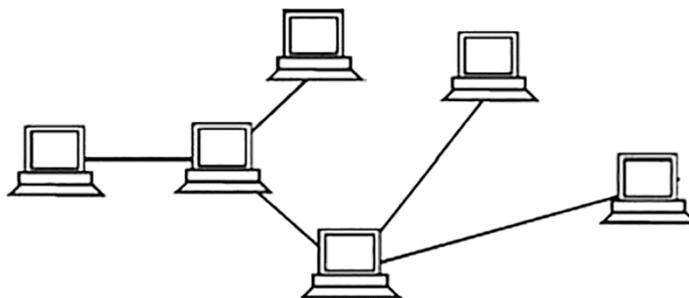


Рис. 2.9. Топология «активное дерево»

Также «дерево» может быть пассивным (рис. 2.10). При «*активном дереве*» в центрах объединения нескольких линий связи находятся центральные компьютеры, а при «*пассивном*» – концентраторы (хабы).

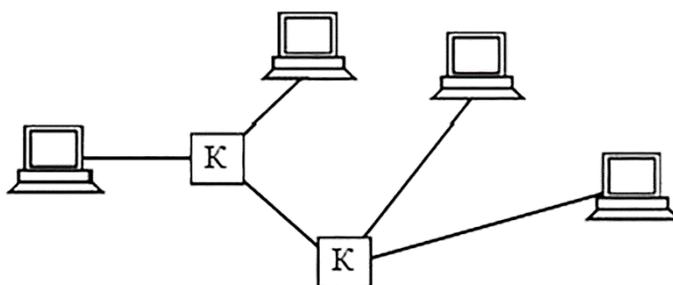


Рис. 2.10. Топология «пассивное дерево» (К – концентраторы)

Однако в отличие от варианта сетевой топологии с последовательным объединением нескольких «звезд», все древовидные топологии предполагают иерархическую структуру со строго выделенной вершиной дерева. При этом надо отметить, что использовать древовидную топологию, как активную, так и пассивную, целесообразно при большом числе узлов (при малом числе узлов эффективна будет и топология «звезда»). Так, например, «активное» и «пассивное» дерево в таком случае может выглядеть следующим образом (рис. 2.11 и 2.12 соответственно).

Также отметим, что на практике эффективно исполнять роль вершины дерева в пассивном варианте топологии устройство типа «концентратор» не может – целесообразно использовать «коммутатор».

Сетевая топология *Fat Tree* (утолщенное дерево), изобретенная Чарльзом Лейзорсоном, является дешевой и эффективной для суперкомпьютеров (рис. 2.13).

В отличие от классической топологии «дерево», в которой все связи между узлами одинаковы, связи в «утолщенном дереве» становятся более широкими (производительными по пропускной способности) с каждым уровнем

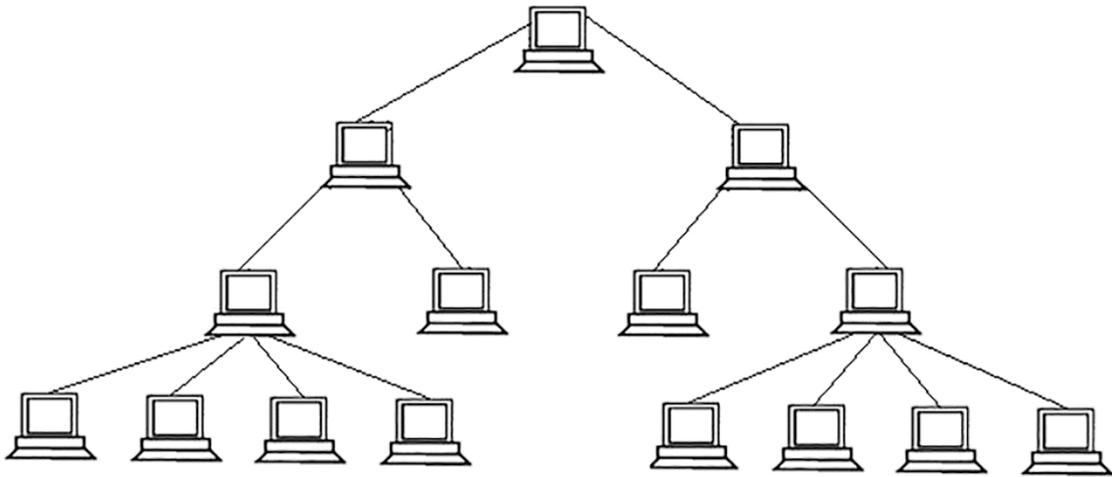


Рис. 2.11. Топология «активное» дерево с большим числом узлов

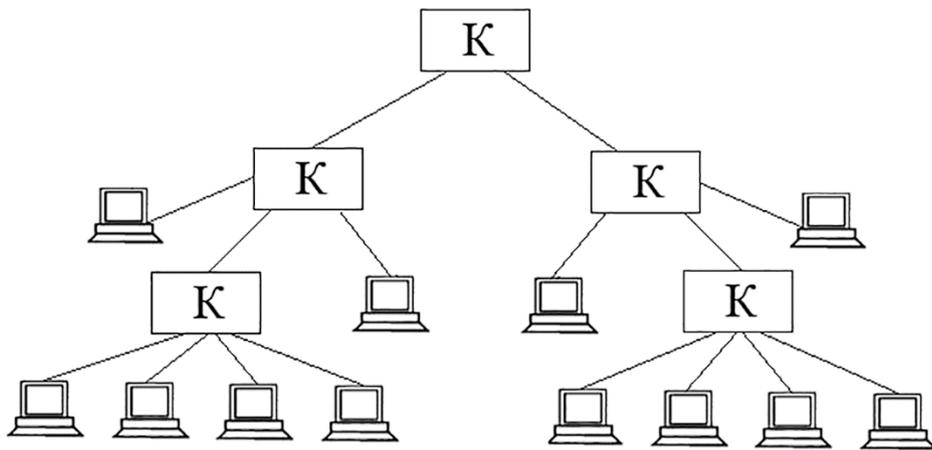


Рис. 2.12. Топология «пассивное» дерево с большим числом узлов

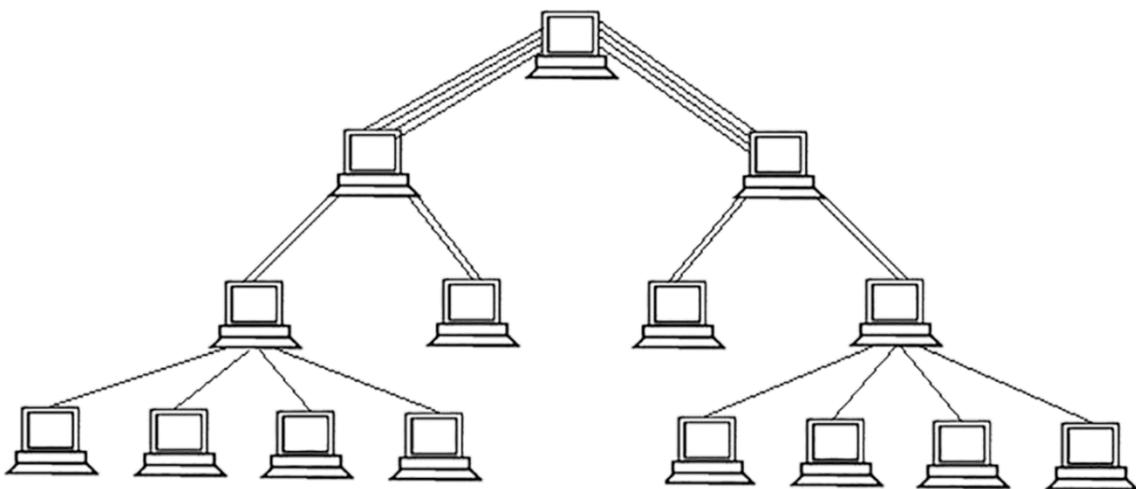


Рис. 2.13. Топология fat tree

по мере приближения к корню дерева. Часто используют удвоение пропускной способности на каждом уровне. Сети с топологией fat tree являются предпочтительными для построения кластерных межсоединений.

В *сеточной (ячейстой) (Mesh)* топологии компьютеры связываются между собой не одной, а многими линиями связи, образующими сетку (рис. 2.14).

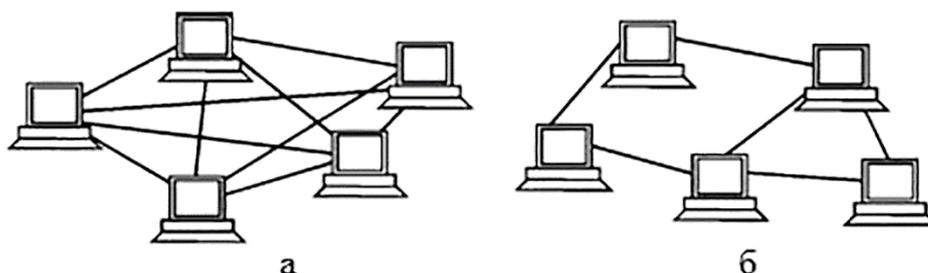


Рис. 2.14. Сеточная топология: полная (а) и частичная (б)

В *полной сеточной топологии* каждый компьютер напрямую связан со всеми остальными компьютерами. В этом случае при увеличении числа компьютеров резко возрастает количество линий связи. Кроме того, любое изменение в конфигурации сети требует внесения изменений в сетевую аппаратуру всех компьютеров, поэтому полная сеточная топология не получила широкого распространения.

Частичная сеточная топология предполагает прямые связи только для самых активных компьютеров, передающих максимальные объемы информации. Остальные компьютеры соединяются через промежуточные узлы. Сеточная топология позволяет выбирать маршрут для доставки информации от абонента к абоненту, обходя неисправные участки. С одной стороны, это увеличивает надежность сети, с другой же – требует существенного усложнения сетевой аппаратуры, которая должна выбирать маршрут.

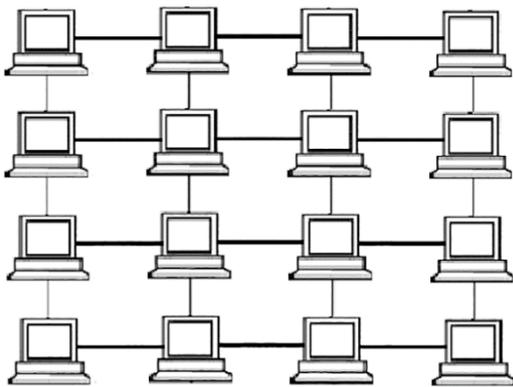
В заключение несколько слов о *решетчатой* топологии, в которой узлы образуют регулярную многомерную решетку. При этом каждое ребро решетки параллельно ее оси и соединяет два смежных узла вдоль этой оси.

Одномерная решетка – это цепь, соединяющая два внешних узла (имеющие лишь одного соседа) через некоторое количество внутренних (у которых по два соседа – слева и справа). При соединении обоих внешних узлов получается топология «кольцо». Двух- и трехмерные решетки используются в архитектуре суперкомпьютеров (рис. 2.15).

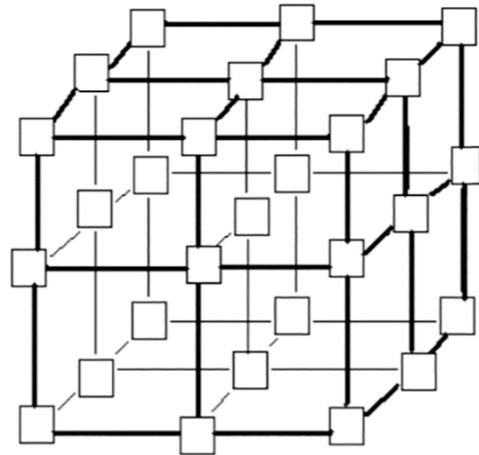
Многомерная решетка, соединенная циклически в более чем одном измерении, называется «тор».

Основным достоинством топологии «решетка» является высокая надежность, а недостатком – сложность реализации.

Довольно часто применяются комбинированные топологии, среди которых наиболее распространены «звездно-шинная» (Star-Bus) (рис. 2.16) и «звездно-кольцевая» (Star-Ring) (рис. 2.17).



двумерная решетка



трехмерная решетка

Рис. 2.15. Пример сетевых топологий типа двумерная и трехмерная решетка

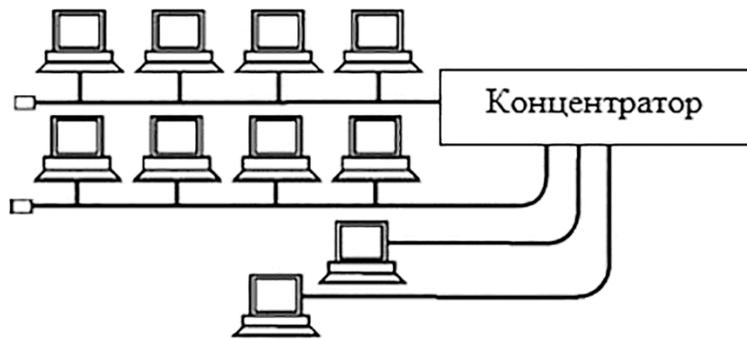


Рис. 2.16. Пример «звездно-шинной» топологии

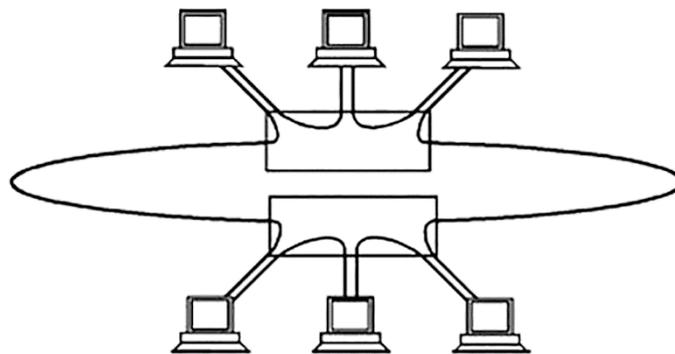


Рис. 2.17. Пример «звездно-кольцевой» топологии

В «звездно-шинной» топологии используется комбинация шины и пассивной звезды. К концентратору подключаются как отдельные компьютеры, так и целые шинные сегменты. На самом деле реализуется физическая топология «шина», включающая все компьютеры сети. В данной топологии может

использоваться и несколько концентраторов, соединенных между собой и образующих так называемую магистральную, опорную шину. К каждому из концентраторов при этом подключаются отдельные компьютеры, или шинные сегменты. В результате получается «звездно-шинное дерево». Таким образом, пользователь может гибко комбинировать преимущества шинной и звездной топологий, а также легко изменять количество компьютеров, подключенных к сети. С точки зрения распространения информации данная топология равноценна классической шине.

В случае «звездно-кольцевой» топологии в кольцо объединяются не сами компьютеры, а специальные концентраторы (прямоугольник на рис. 2.17), к которым в свою очередь подключаются компьютеры с помощью звездообразных двойных линий связи. В действительности все компьютеры сети включаются в замкнутое кольцо, так как внутри концентраторов линии связи образуют замкнутый контур. Данная топология дает возможность комбинировать преимущества звездной и кольцевой топологий. Например, концентраторы позволяют собрать в одно место все точки подключения кабелей сети. Если говорить о распространении информации, данная топология равноценна классическому кольцу.

2.2.6. Многозначность понятия топологии

Топология сети указывает не только на физическое расположение компьютеров, как часто считают, но, что гораздо важнее, на характер связей между ними, особенности распространения информации, сигналов по сети. Именно характер связей определяет степень отказоустойчивости сети, требуемую сложность сетевой аппаратуры, наиболее подходящий метод управления обменом, возможные типы сред передачи (каналов связи), допустимый размер сети (длина линий связи и количество абонентов), необходимость электрического согласования и многое другое.

Более того, физическое расположение компьютеров, соединяемых сетью, почти не влияет на выбор топологии. Как бы ни были расположены компьютеры, их можно соединить с помощью любой заранее выбранной топологии (рис. 2.18).

В том случае если соединяемые компьютеры расположены по контуру круга, они могут соединяться, как звезда или шина. Когда компьютеры расположены вокруг некоего центра, их допустимо соединить с помощью топологий «шина» или «кольцо».

Наконец, когда компьютеры расположены в одну линию, они могут соединяться звездой или кольцом. Другое дело, какова будет требуемая длина кабеля.

Строго говоря, при упоминании о топологии сети могут подразумеваться четыре совершенно разных понятия, относящихся к различным уровням сетевой архитектуры.

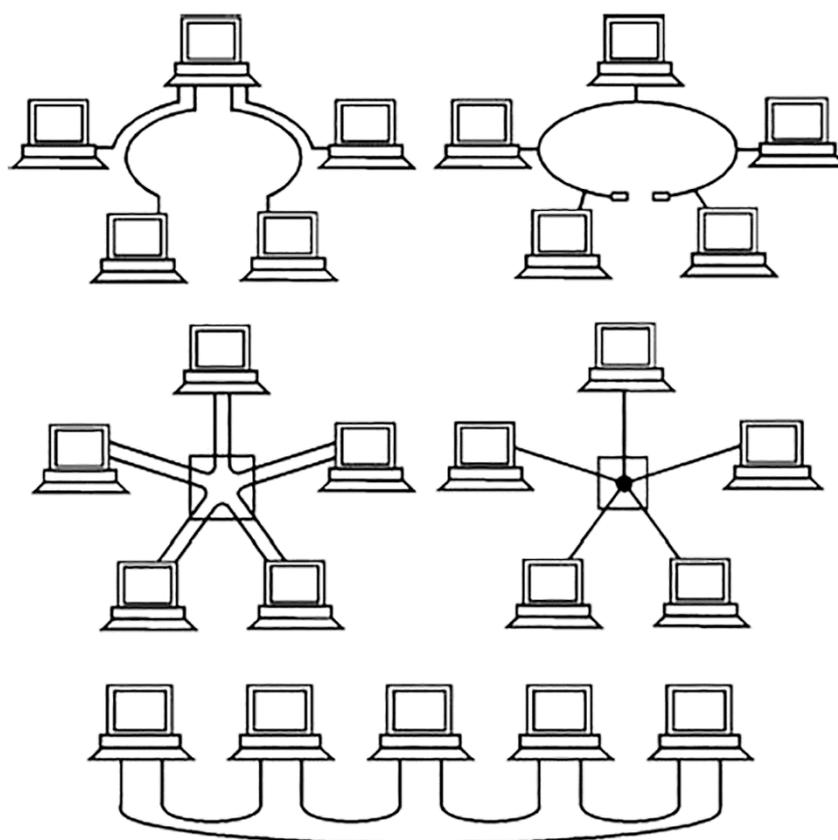


Рис. 2.18. Примеры использования разных топологий для соединения компьютеров

Физическая топология – географическая схема расположения компьютеров и прокладки кабелей. В этом смысле, например, «пассивная звезда» ничем не отличается от «активной», поэтому ее нередко называют просто «звездой».

Логическая топология – структура связей, характер распространения сигналов по сети. Это наиболее правильное определение топологии.

Топология управления обменом или, другими словами, **метод доступа** – это принцип и последовательность передачи права на использование сети для передачи данных между отдельными компьютерами.

Информационная топология – направление потоков информации, передаваемой по сети.

Например, сеть с физической и логической топологией «шина» может в качестве метода управления использовать эстафетную передачу права захвата сети (быть в этом смысле «кольцом») и одновременно передавать всю информацию через выделенный компьютер (быть в этом смысле «звездой»). Или сеть с логической топологией «шина» может иметь физическую топологию «звезда» (пассивная) или «дерево» (пассивное).

Сеть с любой физической топологией, логической топологией, топологией управления обменом может считаться «звездой» в смысле информационной топологии, если она построена на основе одного сервера и нескольких клиентов, общающихся только с этим сервером.

В данном случае справедливы все рассуждения о низкой *отказоустойчивости* сети к неполадкам центра (сервера). Точно так же любая сеть может быть названа «шиной» в информационном смысле, если она построена из компьютеров, являющихся одновременно как серверами, так и клиентами. Такая сеть будет малочувствительна к отказам отдельных компьютеров.

Выводы

1. Топология сети определяет как физическое расположение компьютеров, так и характер связей между ними, особенности распространения информации, сигналов по сети. Именно характер связей определяет степень отказоустойчивости сети, требуемую сложность сетевой аппаратуры, наиболее подходящий метод управления обменом, возможные типы сред передачи (каналов связи), допустимый размер сети (длина линий связи и количество абонентов) необходимость электрического согласования и многое другое.
2. Выделяют два основных класса топологий: широковещательные и последовательные.
3. В широковещательных топологиях передаваемые сигналы могут быть приняты всеми узлами сети. В последовательных топологиях информация передается только одному сетевому узлу.
4. Выделяются пять базовых топологий: общая шина, дерево, звезда, ячеистая, кольцо.
5. Довольно часто на практике применяются комбинированные топологии, среди которых наибольшее распространение получили звездно-шинная и звездно-кольцевая.

2.3. Требования, предъявляемые к сетям

При организации и эксплуатации сети важными требованиями при ее эксплуатации (некоторые важнейшие были упомянуты выше) являются следующие:

- *производительность*;
- *надежность и безопасность*;
- *расширяемость и масштабируемость*;
- *прозрачность*;
- *поддержка разных видов трафика*;
- *управляемость*;
- *совместимость*.

2.3.1. Производительность

Производительность – это характеристика сети, позволяющая оценить, насколько быстро информация передающей рабочей станции достигнет приемной рабочей станции.

На производительность сети влияют следующие характеристики сети:

- конфигурация;
- скорость передачи данных;
- метод доступа к каналу;
- топология сети;
- технология.

Если производительность сети перестает отвечать предъявляемым к ней требованиям, то администратор сети может прибегнуть к различным приемам:

- изменить конфигурацию сети таким образом, чтобы структура сети лучше соответствовала структуре информационных потоков;
- перейти к другой модели построения распределенных приложений, которая позволила бы уменьшить сетевой трафик;
- заменить мосты более скоростными коммутаторами.

Но самым радикальным решением в такой ситуации является переход на более скоростную технологию, например, с Fast Ethernet на Gigabit Ethernet или даже на 10-Gigabit Ethernet, что позволит существенно увеличить пропускную способность каналов передачи данных.

С ростом масштаба сетей возникла необходимость в повышении их производительности. Одним из способов достижения этого стала их *микросегментация*. Она позволяет уменьшить число пользователей на один сегмент и снизить объем широковещательного трафика, а значит, повысить производительность сети.

Первоначально для микросегментации использовались маршрутизаторы, которые, в общем, не очень приспособлены для этой цели. Решения на их основе были достаточно дорогостоящими и отличались большой временной задержкой и невысокой пропускной способностью. Более подходящими устройствами для микросегментации сетей стали коммутаторы. Благодаря относительно низкой стоимости, высокой производительности и простоте в использовании они быстро завоевали популярность.

Таким образом, сети стали строить на базе коммутаторов и маршрутизаторов. Первые обеспечивали высокоскоростную пересылку трафика между сегментами, входящими в одну подсеть, а вторые передавали данные между подсетями, ограничивали распространение широковещательного трафика, решали задачи безопасности и т. д.

2.3.2. Прозрачность

Прозрачность – это такое состояние сети, при котором пользователь воспринимает сеть как отдельный (персональный) компьютер.

Коммуникационная сеть является прозрачной относительно проходящей сквозь нее информации, если выходной поток битов в точности повторяет входной поток. Но сеть может быть непрозрачной во времени, если из-за

меняющихся размеров очередей блоков данных изменяется и время прохождения различных блоков через узлы коммутации. Прозрачность сети по скорости передачи данных указывает, что данные можно передавать с любой нужной скоростью.

Если в сети по одним и тем же маршрутам передаются информационные и управляющие (синхронизирующие) сигналы, то говорят, что *сеть прозрачна по отношению к типам сигналов*.

Если передаваемая информация может кодироваться любым способом, то это означает, что *сеть прозрачна для любых методов кодировок*.

Прозрачная сеть является простым решением, в котором для взаимодействия локальных сетей, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, используется принцип **Plug-and-Play** (подключись и работай).

Прозрачное соединение. Служба прозрачных локальных сетей обеспечивает сквозное (End-to-End) соединение, связывающее между собой удаленные локальные сети. Привлекательность данного решения состоит в том, что эта служба объединяет удаленные друг от друга на значительное расстояние узлы как части локальной сети. Поэтому не нужно вкладывать средства в изучение новых технологий и создание территориально распределенных сетей (Wide-Area Network – WAN). Пользователям требуется только поддерживать локальное соединение, а провайдер службы прозрачных сетей обеспечит беспрепятственное взаимодействие узлов через сеть масштаба города (Metropolitan Area Network – MAN) или сеть WAN.

Службы прозрачной локальной сети имеют много преимуществ. Например, пользователь может быстро и безопасно передавать большие объемы данных на значительные расстояния, не обременяя себя сложностями, связанными с работой в сетях WAN.

2.3.3. Поддержка разных видов трафика

Трафик в сети складывается случайным образом, однако в нем отражены и некоторые закономерности. Как правило, некоторые пользователи, работающие над общей задачей (например, сотрудники одного отдела), чаще всего обращаются с запросами либо друг к другу, либо к общему серверу, и только иногда они испытывают необходимость доступа к ресурсам компьютеров другого отдела. Желательно, чтобы структура сети соответствовала структуре информационных потоков. В зависимости от сетевого трафика компьютеры в сети могут быть разделены на группы (**сегменты сети**). Компьютеры объединяются в группу, если большая часть порождаемых ими сообщений адресована компьютерам этой же группы.

Для деления сети на сегменты используются **мосты** и **коммутаторы**. Они экранируют локальный трафик внутри сегмента, не передавая за его пределы никаких кадров, кроме тех, которые адресованы компьютерам, находящимся в других сегментах.

Таким образом, сеть распадается на отдельные подсети. Это позволяет более рационально выбирать пропускную способность имеющихся линий связи, учитывая интенсивность трафика внутри каждой группы, а также активность обмена данными между группами.

Однако локализация трафика средствами мостов и коммутаторов имеет существенные ограничения. С другой стороны, использование механизма виртуальных сегментов, реализованного в коммутаторах локальных сетей, приводит к полной локализации трафика; такие сегменты полностью изолированы друг от друга, даже в отношении широковещательных кадров. Поэтому в сетях, построенных только на мостах и коммутаторах, компьютеры, принадлежащие разным виртуальным сегментам, не образуют единой сети.

Для того чтобы эффективно консолидировать различные виды трафика в сети АТМ, требуется специальная предварительная подготовка (адаптация) данных, имеющих различный характер: кадры – для цифровых данных, сигналы импульсно-кодовой модуляции – для голоса, потоки битов – для видео. Эффективная консолидация трафика требует также учета и использования статистических вариаций интенсивности различных типов трафика.

2.3.4. Управляемость

Международная организация по стандартам (ISO) внесла большой вклад в стандартизацию сетей. Модель управления сетью является основным средством для понимания главных функций систем управления. Эта модель состоит из пяти концептуальных областей:

- управление *эффективностью*;
- управление *конфигурацией*;
- управление *учетом использования ресурсов*;
- управление *неисправностями*;
- управление *защитой данных (безопасностью)*.

Цель управления эффективностью – измерение, обеспечение и поддержание различных аспектов эффективности сети на приемлемом уровне.

Примерами переменных для определения эффективности являются *пропускная способность сети, время реакции пользователей и коэффициент использования линии*.

Управление эффективностью включает несколько этапов:

- сбор информации об эффективности по тем переменным, которые представляют интерес для *администраторов сети*;
- анализ информации для определения нормальных (базовая строка) уровней;
- определение соответствующих порогов эффективности для каждой важной переменной таким образом, что превышение этих порогов указывает на наличие проблемы в сети, достойной внимания.

Цель управления конфигурацией – контролирование информации о сетевой и системной конфигурации для того, чтобы можно было отслеживать происходящее и управлять воздействием на работу различных аппаратных и программных элементов.

Так как все аппаратные и программные элементы имеют эксплуатационные отклонения, погрешности (или то и другое вместе), которые могут влиять на работу сети, такая информация важна для поддержания гладкой работы сети.

Каждое устройство сети располагает разнообразной информацией о версиях, ассоциируемых с ним. Чтобы обеспечить легкий доступ, подсистемы управления конфигурацией хранят эту информацию в базе данных. Когда возникает какая-нибудь проблема, в этой базе данных может быть проведен поиск ключей, которые могли бы помочь решить эту проблему.

Цель управления учетом использования ресурсов – измерение параметров использования сети, чтобы можно было соответствующим образом регулировать ее использование индивидуальными или групповыми пользователями.

Такое регулирование минимизирует число проблем в сети (т. к. ресурсы сети могут быть поделены исходя из возможностей источника) и максимизирует равнодоступность к сети для всех пользователей.

Цель управления неисправностями – выявить, зафиксировать, уведомить пользователей и (в пределах возможного) автоматически устранить проблемы в сети для того, чтобы эффективно поддерживать работу сети.

Так как неисправности могут привести к простоям или недопустимой деградации сети, управление неисправностями, по всей вероятности, является наиболее широко используемым элементом модели управления сети ISO.

Управление неисправностями включает в себя несколько шагов:

- определение симптомов проблемы;
- изолирование проблемы;
- устранение проблемы;
- проверка устранения неисправности на всех важных подсистемах;
- регистрация обнаружения проблемы и ее решения.

Цель управления защитой данных – контроль доступа к сетевым ресурсам в соответствии с установленными руководящими принципами, чтобы сделать невозможными *саботаж сети* и доступ к *конфиденциальной* информации лицам, не имеющим соответствующего разрешения, т. е. *несанкционированный доступ*.

Например, одна из подсистем управления защитой данных может контролировать регистрацию пользователей ресурса сети, отказывая в доступе тем, кто вводит коды доступа, не соответствующие установленным.

Подсистемы управления защитой данных работают путем деления источников на *санкционированные* и *несанкционированные* области. Для некоторых пользователей доступ к любому источнику сети является несоответствующим.

Подсистемы управления защитой данных выполняют следующие функции:

- идентифицируют конфиденциальные ресурсы сети (включая системы, файлы и другие объекты);
- определяют отображения в виде карт между конфиденциальными источниками сети и набором пользователей;
- контролируют точки доступа к конфиденциальным ресурсам сети;
- регистрируют несанкционированный доступ к конфиденциальным ресурсам сети.

2.3.5. Совместимость

Концепция **программной совместимости** впервые в широких масштабах была применена разработчиками системы IBM/360. Основная задача при проектировании всего ряда моделей этой системы заключалась в создании такой архитектуры, которая была бы одинаковой с точки зрения пользователя для всех моделей системы независимо от цены и производительности каждой из них.

Огромные преимущества такого подхода, позволяющего сохранять существующий задел программного обеспечения при переходе на новые (как правило, более производительные) модели, были быстро оценены как производителями компьютеров, так и пользователями. Начиная с этого времени практически все фирмы-поставщики компьютерного оборудования взяли на вооружение эти принципы, поставляя серии совместимых компьютеров. Следует заметить, однако, что со временем даже самая передовая архитектура неизбежно устаревает и возникает потребность внесения радикальных изменений в архитектуру и способы организации вычислительных систем.

В настоящее время одним из наиболее важных факторов, определяющих тенденции в развитии информационных технологий, является ориентация компаний – поставщиков компьютерного оборудования на рынок прикладных программных средств.

Вычислительная среда должна позволять гибко менять количество и состав аппаратных средств и программного обеспечения в соответствии с меняющимися требованиями решаемых задач. Во-вторых, она должна обеспечивать возможность запуска одних и тех же программных систем на различных аппаратных платформах, т. е. обеспечивать мобильность программного обеспечения. В-третьих, эта среда должна гарантировать возможность применения одних и тех же человеко-машинных интерфейсов на всех компьютерах, входящих в неоднородную сеть.

В условиях жесткой конкуренции производителей аппаратных платформ и программного обеспечения сформировалась **концепция открытых систем (КОС)**.

КОС представляет собой совокупность стандартов на различные компоненты вычислительной среды, предназначенных для обеспечения мобильности программных средств в рамках неоднородной *распределенной вычислительной системы*.

2.3.6. Надежность и безопасность. Введение в проблематику

Мы уже отмечали, что цифровые трансформации привели к тому, что информация стала одним из самых дорогих продуктов в сфере межличностных отношений. При этом стоимость информации часто превосходит в сотни и тысячи раз стоимость компьютерной системы, в которой она обрабатывается. Это обстоятельство приводит к тому, что именно информация и информационные системы (в том числе компьютерные сети) все чаще становятся объектами **атак** (несанкционированного доступа).

В общем случае **атака** (или **сетевая атака**) – попытка несанкционированного преодоления защиты информационной системы или сети.

На рис. 2.19 схематически показаны наиболее уязвимые места локальной сети.

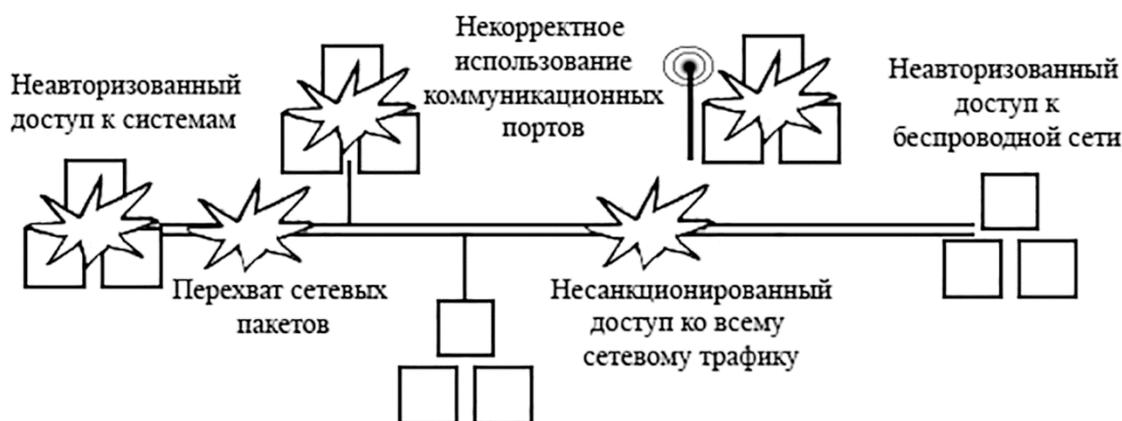


Рис. 2.19. Уязвимые места локальной сети

Всё многообразие дестабилизирующих работу сети факторов можно разделить на два класса: внутренние и внешние.

Внутренние дестабилизирующие факторы, влияющие:

1) на программные средства (ПС):

- некорректный исходный алгоритм;
- неправильно запрограммированный исходный алгоритм (первичные ошибки);

2) на аппаратные средства (АС):

- системные ошибки при постановке задачи проектирования;
- отклонения от технологии изготовления комплектующих изделий и АС в целом;
- нарушение режима эксплуатации, вызванное внутренним состоянием АС.

Внешние дестабилизирующие факторы, влияющие:

1) на программные средства:

- неквалифицированные пользователи;
- несанкционированный доступ к ПС с целью модификации кода;

2) на аппаратные средства:

- внешние климатические условия;
- электромагнитные и ионизирующие помехи;
- перебои в электроснабжении;
- недостаточная квалификация обслуживающего персонала;
- несанкционированный (в том числе удаленный) доступ с целью нарушения работоспособности АС – *сетевая атака*.

Некоторые из перечисленных дестабилизирующих факторов влияют на безопасность, некоторые – на надежность системы. Понятно, что в силу достаточно тонкой грани между надежностью и безопасностью системы многие из факторов влияют на оба параметра.

В результате атак злоумышленники могут нарушать работу сети, изменять права аккаунта, получать персональные данные пользователей и реализовывать другие цели.

Виды сетевых атак и их последствия имеют значительные отличия друг от друга. Современная классификация угроз производится в основном по следующим параметрам:

- характер воздействия, оказываемого на сеть;
- цель оказываемого воздействия;
- наличие обратной связи с сетью, подвергнутой атаке;
- условие начала атаки;
- расположение субъекта по отношению к объекту атаки;
- уровень эталонной модели ISO.

Поэтому вполне естественно возникает необходимость в защите информации. Однако по сравнению с другими информационно-вычислительными системами проблема защиты информации в компьютерных сетях значительно усложняется, и происходит это по ряду следующих причин:

- наличие большого числа пользователей в компьютерной сети и их переменный состав;
- защита на уровне имени и пароля пользователя недостаточна для предотвращения входа в сеть посторонних лиц;
- значительная протяженность сети и наличие многих потенциальных каналов проникновения в сеть;
- уже отмеченные недостатки в аппаратном и программном обеспечении, которые зачастую обнаруживаются не на предпродажном этапе, называемом бета-тестированием, а в процессе эксплуатации.

И еще один важный момент.

В условиях всё большего вовлечения смартфонов и планшетов в бизнес-процессы организаций важнейшей задачей становится *управление мобильными устройствами*.

Возможность мобильного доступа к корпоративным информационным ресурсам организации порождает ряд проблем с точки зрения информационной безопасности:

- нарушение конфиденциальности информации в результате кражи или утери устройства;
- нарушение конфиденциальности информации в результате доступа посторонних лиц к устройству, оставленному без присмотра;
- доступ к конфиденциальной информации внешних нарушителей посредством использования вредоносного программного кода;
- хищение информации работником (инсайдером), имеющим легитимный доступ к информации и хранящим эту информацию на своем устройстве (путем отправки через личную почту, выкладывания в сервисы облачного хранения данных и проч.).

Кроме того, любые дополнительные соединения сегментов компьютерной сети с другими сегментами или подключение к сети Интернет порождают новые проблемы в компьютерной сети.

Более подробно вопросы безопасности и надежности сетей будут рассмотрены в главе 12.

Выводы

1. Информация стала одним из самых дорогих продуктов в сфере межличностных отношений.
2. Качество работы сети определяется следующими свойствами: производительность, надежность, совместимость, управляемость, защищенность, расширяемость и масштабируемость.
3. Существуют два основных подхода к обеспечению качества работы сети. Первый состоит в том, что сеть гарантирует пользователю соблюдение некоторой числовой величины показателя качества обслуживания. Например, сети Frame Relay и АТМ могут гарантировать пользователю заданный уровень пропускной способности. При втором подходе сеть «старается» по возможности более качественно обслужить пользователя, но ничего при этом не гарантирует.
4. К основным характеристикам производительности сети относятся: время реакции, которое определяется как время между возникновением запроса к какому-либо сетевому сервису и получением ответа на него; пропускная способность, которая отражает объем данных, переданных сетью в единицу времени; задержка передачи, которая равна интервалу между моментом поступления пакета на вход какого-либо сетевого устройства и моментом его появления на выходе этого устройства.
5. Для оценки надежности сетей используются различные характеристики, в том числе: коэффициент готовности, означающий долю времени, в течение которого система может быть использована; безопасность, то есть способность системы защитить данные от несанкционированного доступа; отказоустойчивость – способность системы работать в условиях отказа некоторых ее элементов.

6. Расширяемость означает возможность сравнительно легкого добавления отдельных элементов сети (пользователей, компьютеров, приложений, сервисов), наращивания длины сегментов сети и замены существующей аппаратуры более мощной.
7. Масштабируемость означает, что сеть позволяет наращивать количество узлов и протяженность связей в очень широких пределах, при этом производительность сети не ухудшается.
8. Прозрачность – свойство сети скрывать от пользователя детали своего внутреннего устройства, упрощая тем самым его работу в сети.
9. Управляемость сети подразумевает возможность централизованно контролировать состояние основных элементов сети, выявлять и разрешать проблемы, возникающие при работе сети, выполнять анализ производительности и планировать развитие сети.
10. Совместимость означает, что сеть способна включать в себя самое разнообразное программное и аппаратное обеспечение.
11. В условиях всё большего вовлечения смартфонов и планшетов в бизнес-процессы организаций важнейшей задачей становится управление мобильными устройствами.

Контрольные вопросы

1. Поясните понятие архитектуры сети.
2. В каком случае используется одноранговая архитектура?
3. Что характерно для сетей с выделенным сервером?
4. Что такое топология?
5. Основные достоинства и недостатки топологии «общая шина».
6. Основные достоинства и недостатки топологии «кольцо».
7. Основные достоинства и недостатки топологии «звезда».
8. Основные достоинства и недостатки ячеистой топологии.
9. В чем заключаются основные различия между «активным» и «пассивным деревом»?
10. Приведите основные различия между полной и частичной ячеистыми топологиями.
11. Поясните понятия «надежность» и «безопасность» компьютерных сетей.
12. Назовите основные технические и эксплуатационные свойства сетей.
13. Перечислите и охарактеризуйте внешние и внутренние дестабилизирующие факторы, влияющие на надежность и безопасность функционирования компьютерной сети.
14. Охарактеризуйте особенности проблемы безопасности мобильных сегментов компьютерных сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Олифер В. Г.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 5-е изд. / В. Г. Олифер Н. А. Олифер. – СПб.: Питер, 2016. – 992 с.
2. *Таненбаум Э.* Компьютерные сети. 5-е изд. / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – СПб.: Питер, 2012. – 960 с.
3. *Урбанович П. П.* Компьютерные сети: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по техническим специальностям / П. П. Урбанович, Д. М. Романенко, Е. В. Кабак. – Минск: БГТУ, 2011. – 399 с.
4. *Ochrona informacji w sieciach komputerowych / pod red. prof. P. Urbanowicza.* – Lublin: Wydawnictwo KUL, 2004. – 150 s.
5. *Урбанович П. П.* Лабораторный практикум по дисциплинам «Защита информации и надежность информационных систем» и «Криптографические методы защиты информации». В 2 ч. Ч. 1. Кодирование информации: учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования / П. П. Урбанович, Д. В. Шиман, Н. П. Шутько. – Минск: БГТУ, 2019. – 116 с.
6. *Урбанович П. П.* Лабораторный практикум по дисциплинам «Защита информации и надежность информационных систем» и «Криптографические методы защиты информации». В 2 ч. Ч. 2. Криптографические и стеганографические методы защиты информации: учеб.-метод. пособие для студ. вузов / П. П. Урбанович, Н. П. Шутько. – Минск: БГТУ, 2020. – 226 с.
7. *Олифер В. Г.* Сетевые операционные системы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб.: Питер, 2002. – 544 с.
8. *Кульгин М. В.* Компьютерные сети. Практика построения. Для профессионалов. – 2-е изд. / М. В. Кульгин. – СПб.: Питер, 2003. – 464 с.
9. *Бейли Д.* Волоконная оптика: теория и практика: пер. с англ. / Д. Бейли, Э. Райт. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2006. – 320 с.
10. *Линн С.* Администрирование Microsoft Windows Server 2012 / С. Линн. – СПб.: Питер, 2014. – 304 с.
11. *Минаси М.* Windows Server 2012 R2: полное руководство. Том 1. Установка и конфигурирование сервера, сети, DNS, Active Directory и общего доступа к данным и принтерам / М. Минаси, К. Грин, К. Бус, Р. Батлер, Дж. Мак-Кейб, Р. Панек, М. Райс, С. Рот. – Киев: Диалектика, 2015.
12. *Челлис Дж.* Основы построения сетей: учебное пособие для специалистов MCSE / Дж. Челлис, Ч. Перкинс, М. Стриб. – М.: Лори, 2001. – 324 с.
13. *Урбанович П. П.* Информационная безопасность и надежность систем: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-40 01 02 «Информационные системы и технологии» / П. П. Урбанович, Д. М. Романенко, Е. В. Романцевич. – Минск: БГТУ, 2007. – 100 с.
14. *Романенко Д. М.* Компьютерные сети: лабораторный практикум для студентов специальностей 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии», 1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий», 1-98 01 03 «Программное обеспечение информационной безопасности мобильных систем», 1-47 01 02 «Дизайн электронных и веб-изданий» / Д. М. Романенко, Н. В. Пацей, М. Ф. Кудлацкая. – Минск: БГТУ, 2016. – 168 с.
15. *Gorbunova Yu.* W-cyclic method of interleaving of the data for communication systems / Yu. Gorbunova, P. Urbanovich // Przegląd Elektrotechniczny. – 2012. – R. 88. – № 11b. – P. 344–345.

16. *Дженнингс Ф.* Практическая передача данных: модемы, сети и протоколы: пер. с англ. / Ф. Дженнингс. – М.: Мир, 1989.
17. *Гейер Д.* Беспроводные сети. Первый шаг / Д. Гейер. – М.: Вильямс, 2005. – 192 с.
18. *Пролетарский А. В.* Беспроводные сети Wi-Fi / А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Д. Н. Чирков. – М.: Интуит, 2007. – 177 с.
19. *Рошан П.* Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11: пер. с англ. / П. Рошан, Д. Лиэри. – М.: Вильямс, 2004. – 304 с.
20. *Титтел Э.* Networking Essentials / Э. Титтел, К. Хадсон, Дж. Майкл Стюарт. – СПб.: ПИТЕР, 1999. – 474 с.
21. *Чепел Л.* TCP/IP: учебный курс / Лора А. Чепел, Эд Титтел. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 960 с.
22. *Скляр Б.* Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр. – М.: Вильямс, 2007. – 1104 с.
23. BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов V Междунар. научн.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13–14 марта 2019 года). В 2 ч. Ч. 1 / ред.: В. А. Богуш и др. – Минск: БГУИР, 2019. – 403 с.
24. Elements of Modern Networking, URL: <https://mu.ac.in/wp-content/uploads/2021/01/Modern-Networking.pdf>
25. 5 Trends Appear on the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2019, URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2019>.
26. *Гладкий М. В.* Безопасность приложений на платформах облачных вычислений / М. В. Гладкий, П. П. Урбанович // Информационные технологии: тезисы 79-й научн.-техн. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 2–6 февраля 2015г. – Минск: БГТУ, 2015. – 18–19 с. URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/25736>
27. *Урбанович П. П.* Защита информации методами криптографии, стеганографии и обфускации: учебно-метод. пособие для студ. вузов / П. П. Урбанович. – Минск: БГТУ, 2016. – 219 с.
28. ETSI TS 103 294. Technical Specification: Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); Quality of Experience; A Monitoring Architecture, 2014.
29. *Урбанович П. П.* Концепция создания взаимодополняемых алгоритмов обеспечения надежности и целостности информации в компьютерных сетях / П. П. Урбанович, Н. В. Пацей // Труды БГТУ. Серия IV. Физико-математические науки и информатика. – Минск: БГТУ, 1997. – Вып.V. – 91–96 с.
30. *Пацей Н. В.* Комбинированное преобразование информации для повышения целостности и надежности данных (система ЗК) / Н. В. Пацей, П. П. Урбанович // Труды БГТУ. Серия IV. Физико-математические науки и информатика. – Минск: БГТУ, 1998. – Вып.VI. – 103–107 с.
31. *Patsei N. V.* On the Design of Error Detection and Correction Cryptography Schemes / N. V. Patsei, P. P. Urbanovich // EUROCOMM 2000: Information Systems for Enhanced Public Safety and Security, IEEE, AFCEA, IEEE Communications Society, IEEE, 2000. Munich, Germany, 2000.
32. *Urbanovich P. P.* The algorithm for determining of the errors multiplicity by multithreshold decoding of iterative codes / Pavel P. Urbanovich, Marina F. Vitkova, Dmitri M. Romanenko // Przegląd Elektrotechniczny. – 2014. – R. 90. – № 3.
33. *Velte T.* Cloud Computing: A Practical Approach by Anthony/ T. Velte, A. Velte, R. Elsenpeter. The McGraw-Hill Companies, 2010.
34. *Filipek Ł.* Internet of things: concepts, risks, security / Ł. Filipek, P. P. Urbanovich // Информационные технологии: материалы докладов 84-й научно-технической конференции, посвященной 90-летию юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с международным

- участием), Минск, 03–14 февраля 2020 г. – Минск: БГТУ, 2020. – С. 10–14. URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/33523>
35. *Stallings W.* Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud, 1st edition. Published by Addison-Wesley Professional, 2016.
 36. *Блащак М.* Атаки на многопользовательские компьютерные игры и некоторые методы защиты от них / М. Блащак, П. П. Урбанович // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. – Минск: БГТУ, 2020. – № 1 (230). – 43–49 с.
 37. Обзор Интернета вещей. Серия У: Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет и сети последующих поколений. – МСЭ-Т/У.2060, 2012.
 38. An agent-based QoE monitoring strategy for LTE networks / E. Grigoriou et al. // IEEE International Conference on Communications (ICC), 2018, 1–6 pp.
 39. *Митник К.* Искусство быть невидимым. Как сохранить приватность в эпоху Big Data / К. Митник. – М.: Эксмо, 2019. – 464 с.