

Содержание

Благодарности	20
От авторов	21
Для кого эта книга	21
Изменения в третьем издании	22
Структура книги	22
Веб-сайт	25
От издательства	26
Часть I.	
Основы сетей передачи данных	
Глава 1. Эволюция компьютерных сетей	28
Два корня компьютерных сетей	29
Вычислительная и телекоммуникационная технологии	29
Системы пакетной обработки	30
Многотерминальные системы — прообраз сети	30
Первые компьютерные сети	32
Первые глобальные сети	32
Первые локальные сети	34
Конвергенция сетей	39
Сближение локальных и глобальных сетей	39
Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей	41
Выводы	43
Вопросы и задания	43
Глава 2. Общие принципы построения сетей	45
Совместное использование ресурсов компьютеров	46
Связь компьютера с периферийными устройствами	46
Простейший случай взаимодействия двух компьютеров	49
Сетевые службы и приложения	52
Физическая передача данных по линиям связи	53
Кодирование	54
Характеристики физических каналов	55
Проблемы связи нескольких компьютеров	57
Топология физических связей	57
Адресация узлов сети	61
Коммутация	64
Обобщенная задача коммутации	65
Определение информационных потоков	65
Маршрутизация	67
Продвижение данных	69
Мультиплексирование и демультиплексирование	71
Разделяемая среда передачи данных	73
Типы коммутации	75
Выводы	76
Вопросы и задания	77
Глава 3. Коммутация пакетов и каналов	79
Коммутация каналов	80
Установление соединения	81
Отказ в установлении соединения	81
Гарантированная пропускная способность	82
Мультиплексирование	82
Неэффективность передачи пульсирующего трафика	84
Коммутация пакетов	85
Буферы и очереди	86
Методы продвижения пакетов	89
Дейтаграммная передача	90
Логическое соединение	92
Виртуальный канал	93

Сравнение сетей с коммутацией пакетов и каналов	95
Транспортная аналогия для сетей с коммутацией пакетов и каналов	95
Количественное сравнение задержек	96
Разделение среды	103
Принципы разделения среды	104
Причины структуризации локальных сетей	105
Физическая структуризация локальной сети	106
Логическая структуризация сети на разделяемой среде	108
Ethernet — пример стандартной технологии	112
Выводы	114
Вопросы и задания	115
Глава 4. Архитектура и стандартизация сетей	118
Декомпозиция задачи сетевого взаимодействия	119
Многоуровневый подход	119
Протокол и стек протоколов	122
Модель OSI	123
Общая характеристика модели OSI	124
Физический уровень	127
Канальный уровень	127
Сетевой уровень	129
Транспортный уровень	133
Сеансовый уровень	134
Уровень представления	134
Прикладной уровень	135
Модель OSI и сети с коммутацией каналов	135
Стандартизация сетей	136
Понятие открытой системы	136
Источники стандартов	137
Стандартизация Интернета	138
Стандартные стеки коммуникационных протоколов	139
Соответствие популярных стеков протоколов модели OSI	147
Информационные и транспортные услуги	148
Распределение протоколов по элементам сети	150
Вспомогательные протоколы транспортной системы	151
Выводы	153
Вопросы и задания	154
Глава 5. Примеры сетей	157
Обобщенная структура телекоммуникационной сети	158
Сеть доступа	159
Магистральная сеть	159
Информационные центры	160
Сети операторов связи	161
Услуги	161
Клиенты	163
Инфраструктура	164
Территория покрытия	165
Взаимоотношения между операторами связи различного типа	167
Корпоративные сети	168
Сети отделов	169
Сети зданий и кампусов	170
Сети масштаба предприятия	171
Интернет	174
Уникальность Интернета	174
Структура Интернета	176
Границы Интернета	179
Выводы	182
Вопросы и задания	182
Глава 6. Сетевые характеристики	185
Типы характеристик	186

Субъективные оценки качества	186
Характеристики и требования к сети	186
Временная шкала	187
Соглашение об уровне обслуживания	188
Производительность	189
Идеальная сеть	189
Характеристики задержек пакетов	192
Характеристики скорости передачи	195
Надежность	197
Характеристики потерь пакетов	197
Доступность и отказоустойчивость	197
Альтернативные маршруты	198
Повторная передача и скользящее окно	200
Безопасность	203
Компьютерная и сетевая безопасность	204
Конфиденциальность, целостность и доступность данных	206
Сервисы сетевой безопасности	207
Характеристики сети поставщика услуг	209
Расширяемость и масштабируемость	209
Управляемость	210
Совместимость	211
Выводы	211
Вопросы и задания	212
Глава 7. Методы обеспечения качества обслуживания	214
Приложения и качество обслуживания	215
Требования к качеству обслуживания приложений разных типов	215
Предсказуемость скорости передачи данных	215
Чувствительность трафика к задержкам пакетов	217
Чувствительность трафика к потерям и искажениям пакетов	218
Классы приложений	219
Анализ очередей	220
Знакомство с моделью M/M/1	221
M/M/1 как модель обработки пакетов	223
Механизмы обеспечения качества обслуживания	225
Работа в недогруженном режиме	225
Введение разных классов обслуживания	226
Алгоритмы управления очередями	227
Алгоритм FIFO	228
Приоритетное обслуживание	228
Взвешенные очереди	231
Комбинированные алгоритмы обслуживания очередей	233
Обратная связь	234
Назначение	234
Участники обратной связи	234
Информация обратной связи	237
Резервирование ресурсов	238
Резервирование ресурсов и коммутация пакетов	238
Системы обеспечения качества обслуживания, основанные на резервировании	242
Инжиниринг трафика	245
Недостатки традиционных методов маршрутизации	246
Методы инжиниринга трафика	247
Инжиниринг трафика различных классов	251
Выводы	252
Вопросы и задания	252
Часть II.	
Технологии физического уровня	
Глава 8. Линии связи	256
Классификация линий связи	257
Первичные сети, линии и каналы связи	257
Физическая среда передачи данных	258

Аппаратура передачи данных	260
Характеристики линий связи	262
Спектральный анализ сигналов на линиях связи	262
Затухание и волновое сопротивление	264
Помехоустойчивость и достоверность	268
Полоса пропускания и пропускная способность	270
Биты и боды	272
Соотношение полосы пропускания и пропускной способности	274
Типы кабелей	276
Экранированная и неэкранированная витая пара	276
Коаксиальный кабель	278
Волоконно-оптический кабель	279
Структурированная кабельная система зданий	281
Выводы	283
Вопросы и задания	284
Глава 9. Кодирование и мультиплексирование данных	286
Модуляция	287
Модуляция при передаче аналоговых сигналов	287
Модуляция при передаче дискретных сигналов	288
Комбинированные методы модуляции	289
Дискретизация аналоговых сигналов	291
Импульсно-кодовая модуляция	292
Оцифровывание голоса	293
Методы кодирования	294
Выбор способа кодирования	294
Потенциальный код NRZ	296
Биполярное кодирование AMI	297
Потенциальный код NRZI	298
Биполярный импульсный код	298
Манчестерский код	299
Потенциальный код 2B1Q	299
Избыточный код 4B/5B	300
Скремблирование	301
Компрессия данных	304
Обнаружение и коррекция ошибок	306
Методы обнаружения ошибок	306
Методы коррекции ошибок	307
Мультиплексирование и коммутация	308
Коммутация каналов на основе методов FDM и WDM	309
Коммутация каналов на основе метода TDM	311
Дуплексный режим работы канала	313
Выводы	314
Вопросы и задания	315
Глава 10. Беспроводная передача данных	317
Беспроводная среда передачи	318
Преимущества беспроводных коммуникаций	318
Беспроводная линия связи	319
Диапазоны электромагнитного спектра	320
Распространение электромагнитных волн	322
Лицензирование	324
Беспроводные системы	325
Двухточечная связь	325
Связь одного источника и нескольких приемников	327
Связь нескольких источников и нескольких приемников	329
Типы спутниковых систем	330
Геостационарный спутник	332
Средне- и низкоорбитальные спутники	334
Технология широкополосного сигнала	336
Расширение спектра скачкообразной перестройкой частоты	337
Прямое последовательное расширение спектра	339
Множественный доступ с кодовым разделением	340
Выводы	342

Вопросы и задания	343
Глава 11. Первичные сети	345
Сети PDH	346
Иерархия скоростей	346
Методы мультиплексирования	347
Ограничения технологии PDH	349
Сети SONET/SDH	350
Иерархия скоростей и методы мультиплексирования	351
Типы оборудования	354
Стек протоколов	355
Кадры STM-N	356
Типовые топологии	359
Методы обеспечения живучести сети	360
Сети DWDM	366
Принципы работы	367
Волоконно-оптические усилители	368
Типовые топологии	370
Оптические мультиплексоры ввода-вывода	372
Оптические кросс-коннекторы	373
Выводы	377
Вопросы и задания	378
Часть III.	
Локальные сети	
Глава 12. Технология Ethernet	383
Общая характеристика протоколов локальных сетей	384
Стандартная топология и разделяемая среда	384
Стек протоколов локальных сетей	386
Уровень MAC	387
Уровень LLC	390
Структура стандартов IEEE 802.x	392
Метод доступа CSMA/CD	394
MAC-адреса	395
Доступ к среде и передача данных	396
Возникновение коллизии	397
Время оборота и распознавание коллизий	399
Форматы кадров технологии Ethernet	402
Кадр 802.3/LLC	403
Кадр Raw 802.3/Novell 802.3	404
Кадр Ethernet DIX/Ethernet II	404
Кадр Ethernet SNAP	405
Использование различных типов кадров Ethernet	405
Максимальная производительность сети Ethernet	406
Спецификации физической среды Ethernet	408
Стандарт 10Base-5	409
Стандарт 10Base-2	412
Стандарт 10Base-T	413
Волоконно-оптическая сеть Ethernet	417
Домен коллизий	418
Общие характеристики стандартов Ethernet 10 Мбит/с	418
Выводы	423
Вопросы и задания	424
Глава 13. Высокоскоростной стандарт Ethernet	429
Технология Fast Ethernet	430
История стандартизации	430
Физический уровень технологии Fast Ethernet	430
Спецификации 100Base-FX/TX/T4	433
Правила построения сегментов Fast Ethernet при наличии повторителей	436
Особенности технологии 100VG-AnyLAN	438
Технология Gigabit Ethernet	440
История	440
Проблемы	441
Средства обеспечения диаметра сети в 200 м на разделяемой среде	442

Спецификации физической среды стандарта 802.3z	443
Gigabit Ethernet на витой паре категории 5	444
Выводы	445
Вопросы и задания	446
Глава 14. Локальные сети на основе разделяемой среды	449
Технология Token Ring	450
Доступ с передачей токена	450
Физический уровень технологии Token Ring	453
Технология FDDI	454
Основные характеристики технологии FDDI	455
Отказоустойчивость технологии FDDI	457
Беспроводные локальные сети	460
Стек протоколов IEEE 802.11	463
Топологии локальных сетей стандарта 802.11	466
Распределенный режим доступа DCF	467
Централизованный режим доступа PCF	470
Безопасность	471
Персональные сети и технология Bluetooth	472
Особенности персональных сетей	472
Архитектура Bluetooth	473
Стек протоколов Bluetooth	475
Кадры Bluetooth	477
Пример работы технологии Bluetooth	478
Оборудование для локальных сетей с разделяемой средой	480
Основные функции сетевых адаптеров	481
Основная функция концентраторов	483
Дополнительные функции концентраторов	485
Много сегментные концентраторы	489
Конструктивное исполнение концентраторов	490
Выводы	492
Вопросы и задания	494
Глава 15. Коммутируемые локальные сети	496
Логическая структуризация сети с помощью мостов и коммутаторов	497
Достоинства и недостатки сети на разделяемой среде	497
Преимущества логической структуризации сети	498
Алгоритм прозрачного моста IEEE 802.1D	501
Топологические ограничения коммутаторов в локальных сетях	506
Коммутаторы	508
Особенности коммутаторов	508
Неблокирующие коммутаторы	513
Борьба с перегрузками	514
Трансляция протоколов канального уровня	515
Фильтрация трафика	517
Архитектура и конструктивное исполнение коммутаторов	517
Характеристики производительности коммутаторов	521
Дуплексные протоколы локальных сетей	524
Изменения в работе MAC-уровня в дуплексном режиме	524
Перегрузки при дуплексной работе	526
Технология 10G Ethernet	529
Выводы	531
Вопросы и задания	532
Глава 16. Интеллектуальные функции коммутаторов	534
Алгоритм покрывающего дерева	535
Необходимые определения	535
Три этапа построения дерева	537
Недостатки и достоинства STA	540
Агрегирование линий связи в локальных сетях	541
Транки и логические каналы	541
Борьба с “размножением” пакетов	543
Выбор порта	545
Виртуальные локальные сети	547
Назначение виртуальных сетей	549

Создание виртуальных сетей на базе одного коммутатора	550
Создание виртуальных сетей на базе нескольких коммутаторов	551
Качество обслуживания в виртуальных сетях	555
Ограничения мостов и коммутаторов	558
Выводы	561
Вопросы и задания	561
Часть IV.	
Сети TCP/IP	
Глава 17. Адресация в сетях TCP/IP	564
Типы адресов стека TCP/IP	565
Локальные адреса	565
Сетевые IP-адреса	566
Доменные имена	567
Формат IP-адреса	567
Классы IP-адресов	569
Особые IP-адреса	570
Использование масок при IP-адресации	572
Порядок назначения IP-адресов	573
Назначение адресов автономной сети	573
Централизованное распределение адресов	574
Адресация и технология CIDR	575
Отображение IP-адресов на локальные адреса	576
Протокол разрешения адресов	577
Протокол Rоxy-ARP	582
Система DNS	583
Плоские символьные имена	583
Иерархические символьные имена	584
Схема работы DNS	586
Обратная зона	589
Протокол DHCP	590
Режимы DHCP	590
Алгоритм динамического назначения адресов	592
Выводы	594
Вопросы и задания	595
Глава 18. Протокол межсетевое взаимодействия	598
Формат IP-пакета	599
Схема IP-маршрутизации	602
Упрощенная таблица маршрутизации	604
Таблицы маршрутизации конечных узлов	606
Просмотр таблиц маршрутизации без масок	607
Примеры таблиц маршрутизации разных форматов	608
Источники и типы записей в таблице маршрутизации	613
Пример IP-маршрутизации без масок	614
Маршрутизация с использованием масок	618
Структуризация сети масками одинаковой длины	619
Просмотр таблиц маршрутизации с учетом масок	622
Использование масок переменной длины	623
Перекрытие адресных пространств	627
CIDR	630
Фрагментация IP-пакетов	633
MTU — параметр технологии	633
Параметры фрагментации	634
Процедуры фрагментации и сборки фрагментов	635
Протокол IPv6	638
Направления модернизации стека TCP/IP	638
Масштабируемая система адресации	639
Гибкий формат заголовка	645
Снижение нагрузки на маршрутизаторы	647
Выводы	648
Вопросы и задания	648
Глава 19. Базовые протоколы TCP/IP	651
Протоколы транспортного уровня TCP и UDP	652

Порты	652
Протокол UDP	654
Формат TCP-сегмента	656
Логические соединения — основа надежности TCP	658
Последовательный и подтвержденный номер	661
Окно приема	662
Накопительный принцип квитирования	664
Время ожидания квитанции	665
Управление окном приема	665
Протоколы маршрутизации	667
Классификация протоколов маршрутизации	667
Маршрутизация без таблиц	668
Адаптивная маршрутизация	669
Дистанционно-векторные алгоритмы	670
Алгоритмы состояния связей	671
Применение нескольких протоколов маршрутизации	671
Внешние и внутренние шлюзовые протоколы	672
Протокол RIP	674
Построение таблицы маршрутизации	674
Адаптация RIP-маршрутизаторов к изменениям состояния сети	679
Методы борьбы с ложными маршрутами в протоколе RIP	682
Протокол OSPF	683
Два этапа построения таблицы маршрутизации	683
Сообщения HELLO и корректировка таблиц маршрутизации	684
Связи и метрики	684
Области сети	686
Протокол BGP	686
Протокол ICMP	689
Типы ICMP-сообщений	691
Формат эхо-запроса/эхо-ответа и утилита ping	693
Формат сообщения об ошибке и утилита traceroute	694
Выводы	696
Вопросы и задания	698
Глава 20. Дополнительные функции маршрутизаторов IP-сетей	701
Фильтрация	702
Фильтрация пользовательского трафика	702
Фильтрация маршрутных объявлений	705
Стандарты QoS в IP-сетях	706
Модели качества обслуживания IntServ и DiffServ	707
Алгоритм ведра маркеров	708
Случайное раннее обнаружение	710
Интегрированное обслуживание и протокол RSVP	711
Дифференцированное обслуживание	715
Трансляция сетевых адресов	720
Причины подмены адресов	721
Традиционная технология NAT	721
Базовая трансляция сетевых адресов	722
Трансляция сетевых адресов и портов	724
Маршрутизаторы	726
Функции маршрутизаторов	727
Классификация маршрутизаторов по областям применения	729
Выводы	735
Вопросы и задания	736
Часть V.	
Технологии глобальных сетей	
Глава 21. Виртуальные каналы в глобальных сетях	741
Техника виртуальных каналов	742
Коммутируемые виртуальные каналы	742
Постоянные виртуальные каналы	745
Сравнение технологий виртуальных каналов и дейтаграмм	746
Сети X.25	747

Адресация в сетях X.25	749
Стек протоколов сети X.25	750
Сети Frame Relay	752
Стек протоколов Frame Relay	753
Поддержка параметров QoS	756
Технология ATM	759
Основные принципы технологии ATM	761
Стек протоколов ATM	765
Уровень адаптации ATM	766
Протокол ATM	769
Категории услуг протокола ATM и управление трафиком	772
Выводы	779
Вопросы и задания	779
Глава 22. Технология IP в глобальных сетях	782
“Чистые” глобальные IP-сети	783
Структура глобальной IP-сети	783
Протоколы семейства HDLC	786
Протокол PPP	789
Использование выделенных линий IP-маршрутизаторами	791
Функционирование IP-сети поверх сети ATM/FR	792
Взаимодействие слоев IP и ATM	792
Конфигурирование интерфейсов маршрутизаторов	794
Многопротокольная коммутация с помощью меток	795
Совмещение коммутации и маршрутизации в одном устройстве	796
LSR и таблица продвижения данных	797
Пути коммутации по меткам	799
Заголовок MPLS и технологии канального уровня	800
Стек меток	802
Области применения технологии MPLS	806
Технология MPLS IGP	807
Технология MPLS TE	809
Сетевое управление в IP-сетях	813
Функциональные группы задач управления	814
Архитектуры систем управления сетями	816
Стандарты систем управления на основе протокола SNMP	819
Структура SNMP MIB	821
Формат SNMP-сообщений	825
Спецификация RMON базы данных MIB	826
Недостатки протокола SNMP	829
Выводы	830
Вопросы и задания	831
Глава 23. Удаленный доступ	833
Схемы удаленного доступа	835
Типы клиентов и абонентских окончаний	836
Мультиплексирование информации на абонентском окончании	838
Режим удаленного узла	841
Режим удаленного управления и протокол Telnet	843
Коммутируемый аналоговый доступ	845
Принцип работы телефонной сети	845
Удаленный доступ через телефонную сеть	848
Модемы	849
Коммутируемый доступ через сеть ISDN	852
Назначение и структура ISDN	853
Интерфейсы BRI и PRI	854
Стек протоколов ISDN	856

Использование ISDN для передачи данных	859
Технологии xDSL	862
Доступ через сети CATV	865
Беспроводной доступ	867
Выводы	869
Вопросы и задания	870
Глава 24. Защита сетевого трафика	872
Сервис защищенного канала	873
Иерархия сервисов защищенного канала	873
Распределение функций между протоколами IPSec	874
Шифрование в протоколе IPSec	876
Безопасная ассоциация	878
Транспортный и туннельный режимы	880
Протокол AH	881
Протокол ESP	883
Базы данных SAD И SPD	885
Сервис виртуальных частных сетей	887
Определение виртуальной частной сети	887
Критерии оценки и сравнения VPN	889
Сети VPN на основе разграничения трафика	891
Сети VPN на основе шифрования	895
Технология MPLS VPN	896
Полная связность при абсолютной изолированности	897
Компоненты сети MPLS VPN	899
Разграничение маршрутной информации	900
Использование протокола MP-BGP для связывания сайтов	902
Независимость адресных пространств	903
Генерация маршрутных объявлений MP-BGP	906
Перемещение пакета по сети MPLS VPN	908
Механизм формирования топологии VPN	909
Степень защищенности	911
Выводы	912
Вопросы и задания	913
Заключение. Заглядывая в будущее	916
Рекомендуемая и использованная литература	919
Алфавитный указатель	922