

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| Предисловие | 14 |
| Глава 1. Введение | 16 |
| 1.1. Применение компьютерных сетей | 17 |
| 1.1.1. Сети в организациях | 18 |
| 1.1.2. Использование сетей частными лицами | 21 |
| 1.1.3. Использование беспроводных сетей | 26 |
| 1.1.4. Социальный аспект | 29 |
| 1.2. Сетевое оборудование | 32 |
| 1.2.1. Персональные сети | 34 |
| 1.2.2. Локальные сети | 35 |
| 1.2.3. Муниципальные сети | 38 |
| 1.2.4. Глобальные сети | 40 |
| 1.2.5. Объединения сетей | 43 |
| 1.3. Сетевое программное обеспечение | 44 |
| 1.3.1. Иерархия протоколов | 45 |
| 1.3.2. Разработка уровней | 49 |
| 1.3.3. Службы на основе соединений и службы без установления соединений | 51 |
| 1.3.4. Примитивы служб | 53 |
| 1.3.5. Службы и протоколы | 56 |
| 1.4. Эталонные модели | 57 |
| 1.4.1. Эталонная модель OSI | 57 |
| 1.4.2. Эталонная модель TCP/IP | 61 |
| 1.4.3. Модель, используемая в книге | 64 |
| 1.4.4. Сравнение эталонных моделей OSI и TCP | 65 |
| 1.4.5. Критика модели и протоколов OSI | 66 |
| 1.4.6. Критика эталонной модели TCP/IP | 69 |
| 1.5. Примеры сетей | 70 |
| 1.5.1. Интернет | 70 |
| 1.5.2. Мобильная телефонная сеть третьего поколения | 81 |
| 1.5.3. Беспроводные ЛВС: 802.11 | 86 |
| 1.5.4. RFID и сенсорные сети | 90 |
| 1.6. Стандартизация сетей | 92 |
| 1.6.1. Кто есть кто в мире телекоммуникаций | 93 |
| 1.6.2. Кто есть кто в мире международных стандартов | 95 |
| 1.6.3. Кто есть кто в мире стандартов Интернета | 97 |
| 1.7. Единицы измерения | 99 |
| 1.8. Краткое содержание следующих глав | 100 |
| Резюме | 101 |
| Вопросы | 103 |

| | |
|--|------------|
| Глава 2. Физический уровень | 106 |
| 2.1. Теоретические основы передачи данных | 106 |
| 2.1.1. Ряды Фурье | 107 |
| 2.1.2. Сигналы с ограниченным спектром | 107 |
| 2.1.3. Максимальная скорость передачи данных через канал | 110 |
| 2.2. Проводниковые среды передачи информации | 112 |
| 2.2.1. Магнитные носители | 112 |
| 2.2.2. Витая пара | 113 |
| 2.2.3. Коаксиальный кабель | 114 |
| 2.2.4. Линии электропитания | 115 |
| 2.2.5. Волоконная оптика | 116 |
| 2.3. Беспроводная связь | 122 |
| 2.3.1. Электромагнитный спектр | 123 |
| 2.3.2. Радиосвязь | 127 |
| 2.3.3. Связь в микроволновом диапазоне | 128 |
| 2.3.4. Передача в инфракрасном диапазоне | 132 |
| 2.3.5. Связь в видимом диапазоне | 133 |
| 2.4. Спутники связи | 135 |
| 2.4.1. Геоостационарные спутники | 136 |
| 2.4.2. Средневысотные спутники | 140 |
| 2.4.3. Низкоорбитальные спутники | 140 |
| 2.4.4. Спутники против оптоволоконна | 143 |
| 2.5. Цифровая модуляция и мультиплексирование | 145 |
| 2.5.1. Низкочастотная передача | 145 |
| 2.5.2. Передача в полосе пропускания | 150 |
| 2.5.3. Частотное уплотнение | 153 |
| 2.5.4. Мультиплексирование с разделением времени | 155 |
| 2.5.5. CDM — кодовое разделение каналов | 156 |
| 2.6. Коммутируемая телефонная сеть общего пользования | 159 |
| 2.6.1. Структура телефонной системы | 160 |
| 2.6.2. Политика телефонии | 163 |
| 2.6.3. Местные линии связи: модемы, ADSL, беспроводная связь | 165 |
| 2.6.4. Магистралы и мультиплексирование | 173 |
| 2.6.5. Коммутация | 182 |
| 2.7. Мобильная телефонная система | 186 |
| 2.7.1. Мобильные телефоны первого поколения: аналоговая передача речи | 188 |
| 2.7.2. Второе поколение мобильных телефонов: цифровая передача голоса (G2) | 192 |
| 2.7.3. Мобильные телефоны третьего поколения: цифровая речь и данные | 197 |
| 2.8. Кабельное телевидение | 202 |
| 2.8.1. Абонентское телевидение | 202 |
| 2.8.2. Кабельный Интернет | 203 |
| 2.8.3. Распределение частот | 205 |
| 2.8.4. Кабельные модемы | 206 |
| 2.8.5. ADSL или кабель? | 208 |
| Резюме | 210 |
| Вопросы | 211 |

| | |
|---|------------|
| Глава 3. Канальный уровень | 216 |
| 3.1. Ключевые аспекты организации канального уровня | 216 |
| 3.1.1. Сервисы, предоставляемые сетевому уровню | 217 |
| 3.1.2. Формирование кадра | 219 |
| 3.1.3. Обработка ошибок | 223 |
| 3.1.4. Управление потоком | 224 |
| 3.2. Обнаружение и исправление ошибок | 225 |
| 3.2.1. Коды с исправлением ошибок | 227 |
| 3.2.2. Коды с обнаружением ошибок | 233 |
| 3.3. Элементарные протоколы передачи данных на канальном уровне | 239 |
| 3.3.1. Симплексный протокол «Утопия» | 244 |
| 3.3.2. Симплексный протокол с ожиданием для канала без ошибок | 245 |
| 3.3.3. Симплексный протокол с ожиданием для зашумленных каналов | 247 |
| 3.4. Протоколы скользящего окна | 251 |
| 3.4.1. Протокол однобитового скользящего окна | 253 |
| 3.4.2. Протокол с возвратом на п | 256 |
| 3.4.3. Протокол с выборочным повтором | 263 |
| 3.5. Примеры протоколов передачи данных | 269 |
| 3.5.1. Передача пакетов по протоколу SONET | 269 |
| 3.5.2. ADSL | 273 |
| 3.6. Резюме | 276 |
| Вопросы | 277 |
| | |
| Глава 4. Подуровень управления доступом к среде | 281 |
| 4.1. Проблема распределения канала | 282 |
| 4.1.1. Статическое распределение канала | 282 |
| 4.1.2. Допущения, связанные с динамическим распределением каналов | 284 |
| 4.2. Протоколы коллективного доступа | 286 |
| 4.2.1. Система ALOHA | 286 |
| 4.2.2. Протоколы множественного доступа с контролем несущей | 291 |
| 4.2.3. Протоколы без столкновений | 294 |
| 4.2.4. Протоколы с ограниченной конкуренцией | 298 |
| 4.2.5. Протоколы беспроводных локальных сетей | 302 |
| 4.3. Сеть Ethernet | 305 |
| 4.3.1. Физический уровень классической сети Ethernet | 306 |
| 4.3.2. Протокол подуровня управления доступом к среде в классическом Ethernet | 307 |
| 4.3.3. Производительность сети Ethernet | 311 |
| 4.3.4. Коммутируемые сети Ethernet | 313 |
| 4.3.5. Fast Ethernet | 316 |
| 4.3.6. Gigabit Ethernet | 319 |
| 4.3.7. 10-гигабитный Ethernet | 322 |
| 4.3.8. Ретроспектива Ethernet | 324 |
| 4.4. Беспроводные локальные сети | 325 |
| 4.4.1. Стандарт 802.11: архитектура и стек протоколов | 326 |
| 4.4.2. Стандарт 802.11: физический уровень | 327 |
| 4.4.3. Стандарт 802.11: протокол подуровня управления доступом к среде | 329 |
| 4.4.4. Стандарт 802.11: структура кадра | 336 |
| 4.4.5. Сервисы | 338 |

| | |
|--|------------|
| 4.5. Широкополосные беспроводные сети | 340 |
| 4.5.1. Сравнение стандарта 802.16 с 802.11 и 3G | 341 |
| 4.5.2. Стандарт 802.16: архитектура и стек протоколов | 342 |
| 4.5.3. Стандарт 802.16: физический уровень | 343 |
| 4.5.4. Стандарт 802.16: протокол подуровня MAC | 345 |
| 4.5.5. Стандарт 802.16: структура кадра | 347 |
| 4.6. Bluetooth | 348 |
| 4.6.1. Архитектура Bluetooth | 349 |
| 4.6.2. Приложения Bluetooth | 350 |
| 4.6.3. Bluetooth: набор протоколов | 351 |
| 4.6.4. Bluetooth: уровень радиосвязи | 352 |
| 4.6.5. Bluetooth: уровень немодулированной передачи | 353 |
| 4.6.6. Bluetooth: структура кадра | 354 |
| 4.7. RFID | 356 |
| 4.7.1. Архитектура EPC Gen 2 | 357 |
| 4.7.2. Физический уровень EPC Gen 2 | 357 |
| 4.7.3. Уровень идентификации метки EPC Gen 2 | 359 |
| 4.7.4. Форматы сообщения идентификации метки | 360 |
| 4.8. Коммутация на канальном уровне | 361 |
| 4.8.1. Применение мостов | 361 |
| 4.8.2. Обучаемые мосты | 363 |
| 4.8.3. Мосты связующего дерева | 366 |
| 4.8.4. Повторители, концентраторы, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы и шлюзы | 368 |
| 4.8.5. Виртуальные локальные сети | 371 |
| 4.9. Резюме | 378 |
| Вопросы | 380 |
| Глава 5. Сетевой уровень | 384 |
| 5.1. Вопросы проектирования сетевого уровня | 384 |
| 5.1.1. Метод коммутации пакетов с ожиданием | 384 |
| 5.1.2. Сервисы, предоставляемые транспортному уровню | 385 |
| 5.1.3. Реализация сервиса без установления соединения | 387 |
| 5.1.4. Реализация сервиса с установлением соединения | 389 |
| 5.1.5. Сравнение сетей виртуальных каналов и дейтаграммных сетей | 390 |
| 5.2. Алгоритмы маршрутизации | 392 |
| 5.2.1. Принцип оптимальности маршрута | 394 |
| 5.2.2. Алгоритм нахождения кратчайшего пути | 395 |
| 5.2.3. Заливка | 398 |
| 5.2.4. Маршрутизация по вектору расстояний | 399 |
| 5.2.5. Маршрутизация с учетом состояния линий | 403 |
| 5.2.6. Иерархическая маршрутизация | 409 |
| 5.2.7. Широковещательная маршрутизация | 411 |
| 5.2.8. Многоадресная рассылка | 413 |
| 5.2.9. Произвольная маршрутизация | 416 |
| 5.2.10. Алгоритмы маршрутизации для мобильных хостов | 417 |
| 5.2.11. Маршрутизация в произвольных сетях | 420 |
| 5.3. Алгоритмы борьбы с перегрузкой | 424 |
| 5.3.1. Подходы к борьбе с перегрузкой | 426 |
| 5.3.2. Маршрутизация с учетом состояния трафика | 427 |

| | |
|--|------------|
| 5.3.3. Управление доступом | 428 |
| 5.3.4. Регулирование трафика | 430 |
| 5.3.5. Сброс нагрузки | 434 |
| 5.4. Качество обслуживания | 436 |
| 5.4.1. Требования приложений | 437 |
| 5.4.2. Формирование трафика | 439 |
| 5.4.3. Диспетчеризация пакетов | 443 |
| 5.4.4. Управление доступом | 447 |
| 5.4.5. Интегральное обслуживание | 451 |
| 5.4.6. Дифференцированное обслуживание | 454 |
| 5.5. Объединение сетей | 457 |
| 5.5.1. Различия сетей | 458 |
| 5.5.2. Способы объединения сетей | 459 |
| 5.5.3. Туннелирование | 462 |
| 5.5.4. Маршрутизация в объединенных сетях | 464 |
| 5.5.5. Фрагментация пакетов | 465 |
| 5.6. Сетевой уровень в Интернете | 469 |
| 5.6.1. Протокол IP версии 4 | 471 |
| 5.6.2. IP-адреса | 475 |
| 5.6.3. Протокол IP версии 6 | 488 |
| 5.6.4. Управляющие протоколы Интернета | 498 |
| 5.6.5. Коммутация меток и MPLS | 504 |
| 5.6.6. Протокол внутреннего шлюза OSPF | 507 |
| 5.6.7. Протокол внешнего шлюза BGP | 512 |
| 5.6.8. Многоадресная рассылка в Интернете | 518 |
| 5.6.9. Мобильный IP | 519 |
| 5.7. Резюме | 521 |
| Вопросы | 522 |
| Глава 6. Транспортный уровень | 527 |
| 6.1. Транспортный сервис | 527 |
| 6.1.1. Услуги, предоставляемые верхним уровням | 527 |
| 6.1.2. Базовые операции транспортного сервиса | 529 |
| 6.1.3. Сокеты Беркли | 533 |
| 6.1.4. Пример программирования сокета: файл-сервер для Интернета | 535 |
| 6.2. Элементы транспортных протоколов | 540 |
| 6.2.1. Адресация | 541 |
| 6.2.2. Установка соединения | 544 |
| 6.2.3. Разрыв соединения | 550 |
| 6.2.4. Контроль ошибок и управление потоком данных | 554 |
| 6.2.5. Мультиплексирование | 559 |
| 6.2.6. Восстановление после сбоев | 560 |
| 6.3. Контроль перегрузки | 563 |
| 6.3.1. Выделение требуемой пропускной способности | 563 |
| 6.3.2. Регулирование скорости отправки | 568 |
| 6.3.3. Проблемы беспроводного соединения | 572 |
| 6.4. Транспортные протоколы Интернета: UDP | 574 |
| 6.4.1. Основы UDP | 575 |
| 6.4.2. Вызов удаленной процедуры | 577 |
| 6.4.3. Транспортные протоколы реального масштаба времени | 580 |

| | |
|--|------------|
| 6.5. Транспортные протоколы Интернета: TCP | 586 |
| 6.5.1. Основы TCP | 586 |
| 6.5.2. Модель сервиса TCP | 587 |
| 6.5.3. Протокол TCP | 590 |
| 6.5.4. Заголовок TCP-сегмента | 591 |
| 6.5.5. Установка TCP-соединения | 595 |
| 6.5.6. Разрыв соединения TCP | 596 |
| 6.5.7. Модель управления TCP-соединением | 597 |
| 6.5.8. Скользящее окно TCP | 599 |
| 6.5.9. Управление таймерами в TCP | 603 |
| 6.5.10. Контроль перегрузки в TCP | 606 |
| 6.5.11. Будущее TCP | 617 |
| 6.6. Вопросы производительности | 618 |
| 6.6.1. Причины снижения производительности компьютерных сетей | 618 |
| 6.6.2. Измерение производительности сети | 619 |
| 6.6.3. Проектирование хостов для быстрых сетей | 623 |
| 6.6.4. Быстрая обработка сегментов | 626 |
| 6.6.5. Сжатие заголовков | 629 |
| 6.6.6. Протоколы для протяженных сетей с высокой пропускной способностью | 631 |
| 6.7. Сети, устойчивые к задержкам | 636 |
| 6.7.1. Архитектура DTN | 637 |
| 6.7.2. Протокол Bundle | 639 |
| 6.8. Резюме | 642 |
| Вопросы | 643 |
| Глава 7. Прикладной уровень | 648 |
| 7.1. Служба имен доменов DNS | 648 |
| 7.1.1. Пространство имен DNS | 649 |
| 7.1.2. Записи ресурсов доменов | 653 |
| 7.1.3. Серверы имен | 656 |
| 7.2. Электронная почта | 660 |
| 7.2.1. Архитектура и службы | 661 |
| 7.2.2. Пользовательский агент | 664 |
| 7.2.3. Форматы сообщений | 668 |
| 7.2.4. Пересылка сообщений | 677 |
| 7.2.5. Окончательная доставка сообщений | 682 |
| 7.3. Всемирная паутина (WWW) | 685 |
| 7.3.1. Представление об архитектуре | 687 |
| 7.3.2. Статические веб-страницы | 702 |
| 7.3.3. Динамические веб-страницы и веб-приложения | 712 |
| 7.3.4. HTTP — протокол передачи гипертекста | 724 |
| 7.3.5. Мобильный веб | 734 |
| 7.3.6. Веб-поиск | 736 |
| 7.4. Поточковая передача аудио и видео | 739 |
| 7.4.1. Цифровой звук | 741 |
| 7.4.2. Цифровое видео | 747 |
| 7.4.3. Поточковая передача сохраненных медиафайлов | 755 |
| 7.4.4. Передача медиа в реальном времени | 763 |
| 7.4.5. Конференции в реальном времени | 767 |

| | |
|--|------------|
| 7.5. Доставка контента | 778 |
| 7.5.1. Контент и интернет-трафик | 779 |
| 7.5.2. Серверные фермы и веб-прокси | 782 |
| 7.5.3. Сети доставки контента | 787 |
| 7.5.4. Сети одноранговых узлов (пиринговые сети) | 792 |
| 7.6. Резюме | 801 |
| Вопросы | 803 |
| Глава 8. Безопасность в сетях | 807 |
| 8.1. Криптография | 810 |
| 8.1.1. Основы криптографии | 811 |
| 8.1.2. Метод подстановки | 814 |
| 8.1.3. Метод перестановки | 815 |
| 8.1.4. Одноразовые блокноты | 817 |
| 8.1.5. Два фундаментальных принципа криптографии | 822 |
| 8.2. Алгоритмы с симметричным криптографическим ключом | 824 |
| 8.2.1. Стандарт шифрования данных DES | 826 |
| 8.2.2. Улучшенный стандарт шифрования AES | 829 |
| 8.2.3. Режимы шифрования | 833 |
| 8.2.4. Другие шифры | 838 |
| 8.2.5. Криптоанализ | 839 |
| 8.3. Алгоритмы с открытым ключом | 840 |
| 8.3.1. Алгоритм RSA | 841 |
| 8.3.2. Другие алгоритмы с открытым ключом | 843 |
| 8.4. Цифровые подписи | 844 |
| 8.4.1. Подписи с симметричным ключом | 845 |
| 8.4.2. Подписи с открытым ключом | 846 |
| 8.4.3. Профили сообщений | 847 |
| 8.4.4. Задача о днях рождения | 852 |
| 8.5. Управление открытыми ключами | 854 |
| 8.5.1. Сертификаты | 855 |
| 8.5.2. X.509 | 856 |
| 8.5.3. Инфраструктуры систем с открытыми ключами | 858 |
| 8.6. Защита соединений | 861 |
| 8.6.1. IPsec | 862 |
| 8.6.2. Брандмауэры | 866 |
| 8.6.3. Виртуальные частные сети | 869 |
| 8.6.4. Безопасность в беспроводных сетях | 871 |
| 8.7. Протоколы аутентификации | 876 |
| 8.7.1. Аутентификация, основанная на общем секретном ключе | 877 |
| 8.7.2. Установка общего ключа: протокол обмена ключами Диффи—Хеллмана | 882 |
| 8.7.3. Аутентификация с помощью центра распространения ключей | 884 |
| 8.7.4. Аутентификация при помощи протокола Kerberos | 887 |
| 8.7.5. Аутентификация с помощью шифрования с открытым ключом | 889 |
| 8.8. Конфиденциальность электронной переписки | 890 |
| 8.8.1. PGP | 891 |
| 8.8.2. S/MIME | 895 |

| | |
|--|------------|
| 8.9. Защита информации во Всемирной паутине | 896 |
| 8.9.1. Возможные опасности | 896 |
| 8.9.2. Безопасное именование ресурсов | 897 |
| 8.9.3. SSL — протокол защищенных сокетов | 902 |
| 8.9.4. Безопасность переносимых программ | 906 |
| 8.10. Социальный аспект | 910 |
| 8.10.1. Конфиденциальность | 910 |
| 8.10.2. Свобода слова | 914 |
| 8.10.3. Защита авторских прав | 917 |
| 8.11. Резюме | 921 |
| Вопросы | 922 |
| Глава 9. Рекомендации для чтения и библиография | 928 |
| 9.1. Литература для дальнейшего чтения | 928 |
| 9.1.1. Введение и неспециализированная литература | 929 |
| 9.1.2. Физический уровень | 930 |
| 9.1.3. Канальный уровень | 930 |
| 9.1.4. Подуровень управления доступом к среде | 931 |
| 9.1.5. Сетевой уровень | 931 |
| 9.1.6. Транспортный уровень | 932 |
| 9.1.7. Прикладной уровень | 933 |
| 9.1.8. Безопасность в сетях | 933 |
| 9.2. Алфавитный список литературы | 935 |
| Алфавитный указатель | 947 |