**Вычислительные системы, сети и** **телекоммуникации**

**1. Коммутация в компьютерных сетях. Коммутация каналов, пакетов,** **сообщений, ячеек.**

Коммутация в компьютерных сетях – процесс соединения абонентов сети для обмена информацией.

**Коммутация каналов** устанавливает выделенный физический канал между абонентами на всё время соединения. Характеризуется фиксированной полосой пропускания и гарантированным качеством обслуживания. Преимущества: стабильная скорость передачи, отсутствие коллизий. Недостатки: неэффективное использование канала, задержка при установлении. Пример: телефонная сеть PSTN.

**Коммутация пакетов** разбивает данные на пакеты с служебной информацией. Каждый пакет маршрутизируется независимо. Обеспечивает динамическое использование каналов связи. Преимущества: эффективное использование ресурсов, устойчивость к отказам. Недостатки: джиттер, возможность потери пакетов. Пример: Интернет (IP-сети).

**Коммутация сообщений** передает целые сообщения между узлами с полным сохранением на промежуточных узлах. Преимущества: надежность, приоритизация. Недостатки: большие задержки, высокие требования к хранилищу. Пример: электронная почта.

**Коммутация ячеек** использует ячейки фиксированного размера (53 байта в ATM) с маршрутизацией по виртуальным каналам. Преимущества: низкие задержки, эффективная обработка, QoS. Недостатки: избыточность заголовков, сложность реализации. Пример: технология ATM.

**2. Стандартизация в телекоммуникациях. Примеры** **стандартизирующих организаций, особенности их работы.**

Стандартизация в телекоммуникациях – процесс разработки технических стандартов для обеспечения совместимости систем разных производителей.

Цели стандартизации:

• Обеспечение совместимости между системами

• Повышение качества продукции и услуг

• Снижение стоимости разработки и эксплуатации

• Упрощение взаимодействия систем

• Создание условий для конкуренции

• Содействие внедрению инноваций

**Международный союз электросвязи (ITU)** – специализированное учреждение ООН (с 1865 года). Структура: ITU-T (стандартизация), ITU-R (радиосвязь), ITU-D (развитие). Особенности: представительство государств, выпуск рекомендаций, формальный процесс. Стандарты: H.264/AVC, G.711, X.509.

**Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE)** – профессиональная ассоциация с открытым процессом стандартизации и участием инженеров. Стандарты: IEEE 802.3 (Ethernet), IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.15 (Bluetooth).

**Интернет-инженерный совет (IETF)** – открытое сообщество без формального членства. Работает по принципу "грубого консенсуса и работающего кода". Публикует RFC. Стандарты: RFC 791 (IP), RFC 793 (TCP), RFC 2616 (HTTP/1.1).

**Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI)** – признан Европейским союзом.

Членство организаций, консенсусный подход. Стандарты: GSM, DECT, DVB.

**Международная организация по стандартизации (ISO)** – 165 национальных органов, многоуровневая система комитетов. Стандарты: ISO/IEC 7498 (OSI), ISO 9001, ISO/IEC 27001.

Организации активно взаимодействуют: проводят совместные проекты, осуществляют взаимное признание стандартов, координируют деятельность.

**3. Понятие о протоколе и межуровневом интерфейсе. Эталонная** **модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI. Модель** **взаимодействия и стек протоколов TCP/IP.**

**Протокол** – набор правил, определяющих формат и порядок обмена данными. Включает синтаксис (формат данных), семантику (значение элементов), синхронизацию (последовательность) и обработку ошибок.

**Межуровневый интерфейс** – правила взаимодействия между соседними уровнями сетевой архитектуры, определяющие сервисы и способ доступа.

**Эталонная модель ISO/OSI (7 уровней):**

**1. Физический уровень** – передача битов. Примеры: RS-232, Ethernet (физический), USB. Устройства: повторители, хабы, кабели.

**2. Канальный уровень** – формирование кадров, управление доступом, обнаружение ошибок. Подуровни MAC и LLC. Примеры: Ethernet, Wi-Fi. Устройства: коммутаторы, мосты.

**3. Сетевой уровень** – маршрутизация, адресация, фрагментация. Примеры: IP, ICMP. Устройства: маршрутизаторы.

4. **Транспортный уровень** – надежная доставка, управление потоком. Примеры: TCP, UDP.

5. **Сеансовый уровень** – управление сеансами. Примеры: NetBIOS, RPC.

6. **Представительский уровень** – преобразование форматов, шифрование. Примеры: ASCII, JPEG, SSL/TLS.

7. **Прикладной уровень** – сетевые службы. Примеры: HTTP, FTP, SMTP, DNS.

**Модель TCP/IP (4 уровня):**

1. **Уровень сетевого интерфейса** – соответствует физическому и канальному OSI. Примеры: Ethernet, Wi-Fi, ARP.

**2. Межсетевой уровень** – соответствует сетевому OSI. Примеры: IPv4, IPv6, ICMP.

**3. Транспортный уровень** – соответствует транспортному OSI. Примеры: TCP, UDP.

**4. Прикладной уровень** – соответствует сеансовому, представительскому и прикладному OSI. Примеры: HTTP, FTP, SMTP, DNS.

**Сравнение моделей:**

• OSI: 7 уровней, теоретическая; TCP/IP: 4 уровня, практическая

• OSI: строгое разделение; TCP/IP: гибкая структура

• OSI: учебная модель; TCP/IP: реальная реализация

**4. Адресация и маршрутизация в компьютерных сетях. Протоколы** **маршрутизации. Коммутация по меткам MPLS.**

**Адресация в компьютерных сетях:**

**Физическая (MAC) адресация** – 48-битный уникальный адрес сетевого интерфейса (00:1A:2B:3C:4D:5E).

Назначается производителем, работает на канальном уровне. Используется для локальной адресации и формирования кадров Ethernet. Протокол ARP связывает MAC и IP-адреса.

**Логическая (IP) адресация:**

**IPv4**: 32-битный адрес (192.168.1.1). Классы A, B, C, D, E или CIDR. Включает частные диапазоны (10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12, 192.168.0.0/16) и специальные адреса.

**IPv6**: 128-битный адрес (2001:0db8::8a2e:0370:7334). Поддерживает сокращения и типы адресов (unicast, multicast, anycast).

**Маршрутизация** – выбор пути для передачи данных через сети. Таблица маршрутизации содержит: адрес назначения, маску, следующий шлюз, интерфейс, метрику.

**Типы маршрутизации:**

• **Статическая** – маршруты задаются вручную. Не требует ресурсов, но не адаптируется к изменениям.

• **Динамическая** – автоматическое обновление маршрутов. Адаптируется к изменениям, требует ресурсов.

**Протоколы маршрутизации:**

**По алгоритму:**

• **Дистанционно-векторные**: обмен таблицами, решения по дистанции. Примеры: RIP, IGRP.

• **По состоянию канала**: обмен информацией о каналах, построение карты сети. Примеры: OSPF, IS-IS.

• **Гибридные**: комбинация подходов. Пример: EIGRP.

**По применению:**

• **Внутридоменные (IGP)**: внутри автономной системы. Примеры: RIP, OSPF.

• **Междоменные (EGP)**: между автономными системами. Пример: BGP.

**Основные протоколы:**

• **RIP**: дистанционно-векторный, метрика до 15 хопов.

• **OSPF**: состояние канала, быстрая сходимость, иерархия, метрика по пропускной способности.

• **EIGRP**: гибридный (Cisco), составная метрика, быстрая сходимость.

• **BGP**: между автономными системами, политики маршрутизации, основа Интернета.

**MPLS (Multiprotocol Label Switching)** – коммутация пакетов по меткам. Пакеты маркируются при входе в MPLS-сеть, коммутируются по меткам (не по IP), метки снимаются при выходе.

**Компоненты MPLS:**

**LSR (Label Switching Router)** – коммутация по меткам

**LER (Label Edge Router)** – граничный маршрутизатор • **LSP (Label Switched Path)** – путь через сеть

**FEC (Forwarding Equivalence Class)** – класс эквивалентной передачи

**Преимущества MPLS**: высокая производительность, инжиниринг трафика, VPN-сервисы, QoS. Применяется в магистральных сетях операторов, корпоративных сетях, VPN-сервисах.

**5. Понятие о качестве обслуживания (QoS). Показатели QoS,** **механизмы обеспечения QoS.**

Quality of Service (QoS) – технологии обеспечения требуемого уровня обслуживания для разных типов трафика в условиях ограниченных ресурсов.

**Показатели QoS:**

**1. Пропускная способность (Bandwidth)** – скорость передачи данных (бит/с). Критична для видео, передачи файлов.

**2. Задержка (Delay/Latency)** – время прохождения пакета (мс). Включает задержки распространения, обработки, очередей, сериализации. Критична для VoIP, игр, видеоконференций.

**3. Джиттер (Jitter)** – вариация задержки между пакетами (мс). Влияет на качество передачи в реальном времени.

**4. Потери пакетов (Packet Loss)** – отношение потерянных пакетов к переданным (%). Возникает из-за перегрузки, ошибок передачи, отказов.

**5. Доступность (Availability)** – время работоспособности сервиса (%). Определяет надежность.

**Механизмы обеспечения QoS:**

1. **Классификация и маркировка трафика**

◦ По IP, протоколам, портам, DPI

◦ Маркировка: ToS/DSCP (IPv4), Traffic Class (IPv6), CoS (802.1p), EXP (MPLS)

2. **Управление перегрузками**

◦ FIFO – простая очередь

◦ PQ – приоритетные очереди

◦ WFQ – взвешенное справедливое обслуживание

◦ CBWFQ – WFQ на основе классов

◦ LLQ – комбинация CBWFQ и PQ

3. **Предотвращение перегрузок**

◦ RED – случайное раннее обнаружение

◦ WRED – взвешенный RED

◦ ECN – явное уведомление о перегрузке

4. **Формирование и ограничение трафика**

◦ Traffic Policing – ограничение (отбрасывание пакетов)

◦ Traffic Shaping – формирование (буферизация пакетов)

◦ CAC – контроль допуска вызовов

**Модели QoS:**

**IntServ** – резервирование ресурсов, RSVP, гарантии, ограниченная масштабируемость

**DiffServ** – классы трафика, маркировка, приоритизация, хорошая масштабируемость

Реализации: корпоративные сети, MPLS TE, сети операторов, беспроводные сети (WMM).

**6. Эволюция стандартов сетей сотовой подвижной связи 3-го и 4-го** **поколений.**

Мобильная связь развивалась поэтапно через поколения технологий, каждое из которых предлагало значительные улучшения сервисов и скорости передачи данных.

**Сети третьего поколения (3G)**

Сети 3G были внедрены в начале 2000-х годов с основной целью обеспечить мобильный доступ к интернету и мультимедийным сервисам.

**Основные технологии 3G:**

1. **UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)**

◦ Европейский стандарт 3G, Базируется на технологии широкополосного множественного доступа с кодовым разделением (WCDMA), Начальная скорость передачи данных: до 384 Кбит/с

◦ Последовательное улучшение технологии:

HSDPA: улучшение скачивания до 14 Мбит/с

HSUPA: улучшение скорости отдачи до 5.8 Мбит/с

HSPA+: скорость до 42 Мбит/с с применением технологий MIMO и улучшенной модуляции

2. **CDMA2000**

◦ Американский стандарт 3G

◦ Развитие технологии CDMA

◦ Варианты технологии EV-DO (Evolution-Data Optimized) обеспечивали скорость до 14.7 Мбит/с

**Сети четвертого поколения (4G)**

Сети 4G появились в конце 2000-х - начале 2010-х годов, предложив значительно более высокие скорости и улучшенное качество обслуживания.

**Основные технологии 4G:**

1. **LTE (Long Term Evolution)**

◦ Доминирующая технология 4G в мире

◦ Полностью IP-ориентированная сеть (передача всех типов данных по IP-протоколу)

◦ Использует принципиально новые методы радиодоступа:

OFDMA (множественный доступ с ортогональным частотным разделением) для нисходящего канала SC-FDMA для восходящего канала

◦ Этапы развития:

Базовый LTE: скорость до 300 Мбит/с

LTE-Advanced: скорость до 1 Гбит/с, агрегация частотных каналов, расширенное использование MIMO

LTE-Advanced Pro: более эффективное использование спектра, поддержка коммуникаций между устройствами

2. **WiMAX (IEEE 802.16)**

◦ Альтернативная технология 4G

◦ Изначально ориентирована на фиксированный доступ, позже добавлена поддержка мобильности ◦ Проиграла конкуренцию LTE и сейчас используется очень ограниченно

**Ключевые различия между 3G и 4G**

1. **Скорость передачи данных**:

◦ 3G: от 384 Кбит/с до 42 Мбит/с (HSPA+)

◦ 4G: от 100 Мбит/с до 1 Гбит/с (LTE-Advanced)

2. **Задержка (ping)**:

◦ 3G: 100-500 мс

◦ 4G: 10-50 мс (важно для онлайн-игр, видеозвонков)

3. **Технологические отличия**:

◦ 3G: основан на технологиях с кодовым разделением каналов (CDMA)

◦ 4G: использует более эффективное частотное разделение (OFDMA)

4. **Архитектура сети**:

◦ 3G: комбинация канальной и пакетной коммутации

◦ 4G: полностью пакетная архитектура на базе IP

5. **Пользовательский опыт**:

◦ 3G: базовый доступ в интернет, видеозвонки низкого качества

◦ 4G: HD-видео, онлайн-игры, высококачественная потоковая передача

**Архитектурные изменения**

Архитектура сетей эволюционировала от сложной многоуровневой структуры 3G к более простой и эффективной архитектуре 4G:

• **3G**: включает контроллеры базовых станций (RNC), центры коммутации (MSC) и шлюзы передачи данных (SGSN/GGSN)

• **4G**: плоская архитектура с меньшим количеством узлов, где базовые станции (eNodeB) напрямую соединены с ядром сети (EPC)

Эти изменения позволили снизить задержки, увеличить пропускную способность и упростить управление сетью.