

Декомпозиция задачи сетевого взаимодействия

- **Архитектура сети** – представление сети в виде системы элементов, согласованно решающих задачу взаимодействия узлов. Каждый элемент выполняет определенную функцию.
- **Декомпозиция** – универсальный прием решения сложных задач. Задача разбивается на подзадачи-модули с четким определением функций каждого модуля и взаимодействия модулей. Каждый модуль – «**черный ящик**» – не важно, что внутри, важно, какие функции он выполняет и как взаимодействует с другими модулями.
- Каждый модуль можно разрабатывать, тестировать и модифицировать отдельно.
- **Иерархическая декомпозиция** – модули группируются и упорядочиваются по уровням, образуя иерархию. Функции и интерфейсы определяются не только для отдельных модулей, но и для уровня иерархии.
- **Интерфейс услуг** – набор функций, которые нижележащий уровень предоставляет вышележащему.
- Каждый уровень можно разрабатывать, тестировать и модифицировать отдельно. Каждый вышележащий уровень все сильнее абстрагирует задачу.

Протокол и стек протоколов

В процессе обмена сообщениями участвует минимум два узла. Нужно организовать согласованное взаимодействие двух иерархий программно-аппаратных средств (уровни и форму электрических сигналов, способ определения размера сообщения, контроль достоверности и т.п.)

Каждый уровень иерархической декомпозиции задачи обмена сообщениями поддерживает:

- Интерфейс услуг с выше- и нижележащим **своим** уровнем иерархии (интерфейс).
- Интерфейс услуг с выше- и нижележащим **чужим** уровнем иерархии (протокол).

Протокол и интерфейс – почти одно и то же, но имеют разные области действия.

Протокол – формализованное описание процедуры взаимодействия двух объектов (взаимодействие модулей одного уровня иерархии в разных узлах).

Интерфейс – формализованное описание процедуры взаимодействия двух объектов (правила взаимодействия модулей соседних уровней в одном узле).

Стек протоколов – иерархически организованный набор протоколов, достаточный для организации взаимодействия узлов в сети.

Модель взаимодействия открытых систем

В 1984 году международные организации по стандартизации: International Standards Organization (ISO) и International Telecommunications Union (ITU) разработали стандартную модель взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI).

Цель – обобщенное представление средств сетевого взаимодействия сетей с коммутацией пакетов.

В сетях с коммутацией каналов свои иерархические модели взаимодействия, единой модели нет.

Например, если две сети с коммутацией пакетов хотят взаимодействовать через цифровую телефонную сеть. На физическом уровне устанавливается соединение (физический канал), поверх него задействован двухточечный протокол канального уровня.

Модель OSI определяет:

- Уровни взаимодействия систем в сетях с коммутацией пакетов;
- Стандартные названия уровней;
- Функции, которые должен выполнять каждый уровень

Модель OSI НЕ СОДЕРЖИТ описаний реализаций конкретного набора протоколов.

Открытая система

Сети соединяют разнообразное оборудование. Нужны согласованные различными производителями стандарты.

Открытая система – система, построенная в соответствии с открытой спецификацией.

Спецификация – формализованное описание аппаратных и программных компонентов, способов и их функционирования, взаимодействия с другими компонентами, условий, эксплуатации, особых характеристик.

Открытая спецификация – опубликованная общедоступная спецификация, соответствующая стандартам и принятая в результате обсуждения всеми заинтересованными сторонами.

Полная открытость невозможна. Но взаимодействие оборудования с оборудованием конкурента – это большое преимущество, поэтому построение открытых систем выгодно.

Модель OSI описывает только открытость средств взаимодействия устройств в сети. Открытая система – сетевое устройство.

Абстрактная модель OSI

- К концу 70-х 20 века существовало большое количество фирменных стеков протоколов. Например DECnet, TCP/IP, SNA.
- Возникла проблема совместимости. С 1977 по 1984 разрабатывалась единая модель, обобщающая средства сетевого взаимодействия.
- Определяет уровни взаимодействия в сетях с пакетной коммутацией. Вводит стандартные уровни с установленными названиями. Описывает функции каждого уровня. Не содержит описаний протоколов.
- Open Systems Interconnection (ISO + ITU-T) 1982
- ГОСТ Р ИСО 7498-2-99

Абстрактная модель OSI

Достоинства сетей на основе модели OSI:

- Можно использовать программные и аппаратные средства разных производителей;
- Замена одних компонент сети более новыми (новые тоже соответствуют спецификации)
- Простота сопряжения нескольких сетей

Виды стандартов:

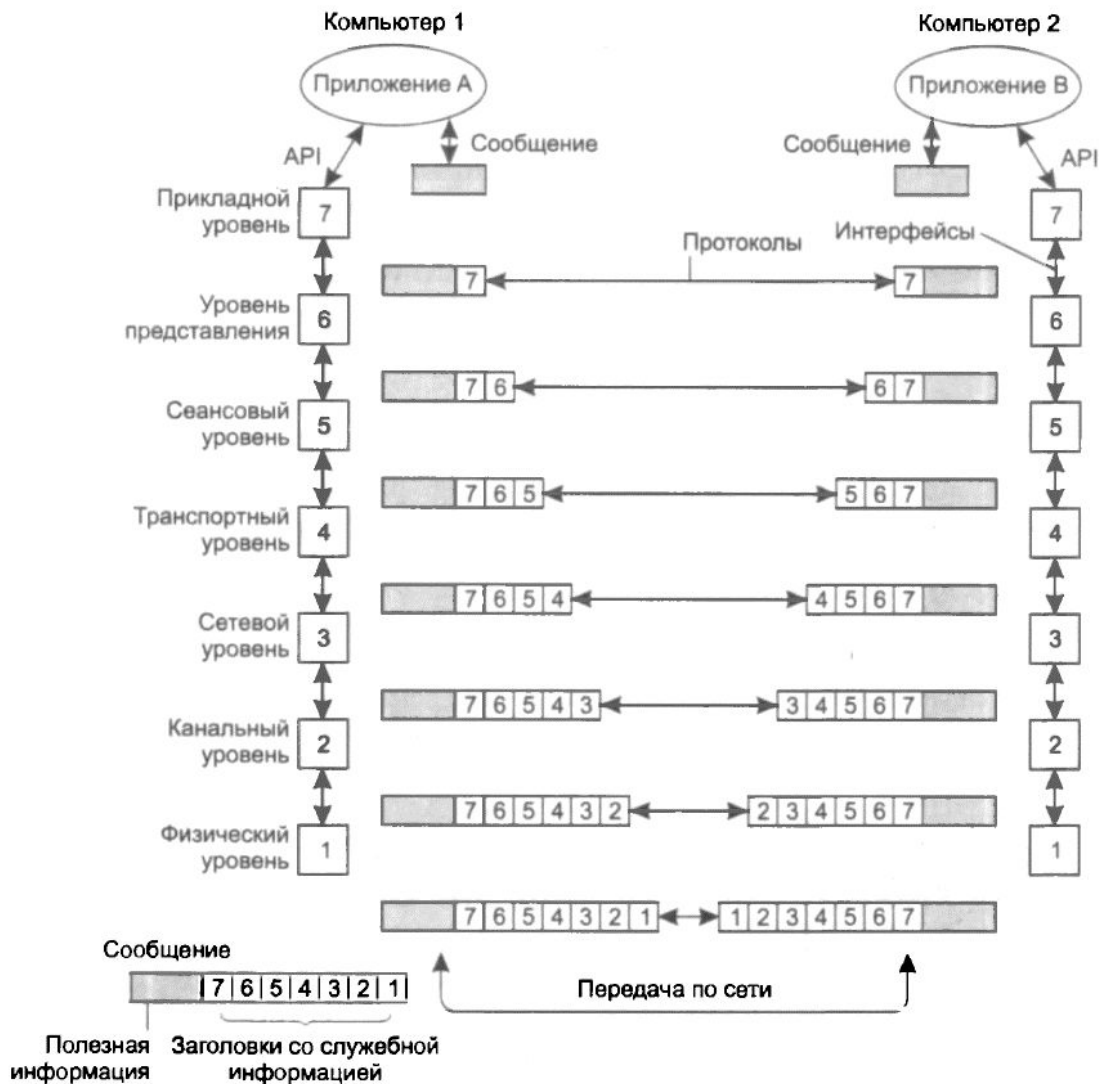
- Стандарты отдельных фирм
- Стандарты комитетов и объединений (ATM Forum для технологии ATM, Fast Ethernet Alliance для 100 мбит Ethernet)
- Национальные стандарты (FDDI от ANSI)
- Международные стандарты (X.25, Frame Relay, ISDN от ITU – международного союза электросвязи)

- Например, технология Ethernet была фирменным стандартом Digital Equipment, Intel и Xerox, затем стал национальным стандартом IEEE 802.3, затем ISO утвердила международный стандарт ISO 8802.3.

Интернет – открытая система.

- Request For Comment, RFC («темы для обсуждений») – стандарты, определяющие работу сети Интернет находятся с свободном доступе.

Уровни модели взаимодействия открытых систем



Уровни модели взаимодействия ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ

В идеале приложение пользователя должно обращаться с запросами только к прикладному уровню модели OSI. Но так бывает не всегда.

Протокольная единица данных (Protocol Data Unit, PDU) – единица обмена данными, с которыми имеют дело протоколы разных уровней OSI.

Для PDU разных уровней специальные названия:

- Сообщение
- Кадр
- Пакет
- Дейтаграмма
- Сегмент

Физический уровень (physical layer)

Функция: передача потока битов по физическим каналам связи (коаксиальный кабель, витая пара, оптоволокно)

Функции физического уровня реализуются на всех сетевых устройствах. На ПК функции физического уровня выполняет **сетевой адаптер** или **последовательный порт**.

Пример протокола физического уровня: спецификация **10Base-T** технологии Ethernet:

- Неэкранированная витая пара категории 3;
- Разъем RJ-45;
- Максимальная длина физического сегмента 100 м;
- Манчестерский код.

Физический уровень не вникает в смысл передаваемой информации – **однородный поток битов**.

- Тип кабелей и разъемов
- Разводку контактов в разъемах
- Схему кодирования сигналов для значений 0 и 1

Физический уровень (physical layer)

Спецификации

- *EIA-RS-232-C, CCITT V.24/V.28* - механические/электрические характеристики несбалансированного последовательного интерфейса.
- *EIA-RS-422/449, CCITT V.10* механические, электрические и оптические характеристики сбалансированного последовательного интерфейса.
- *IEEE 802.3 - Ethernet*
- *IEEE 802.5 - Token Ring*

Канальный уровень (Data link layer)

Обеспечивает прозрачность соединения для сетевого уровня:

- Установление логического соединения между взаимодействующими узлами
- Согласование в рамках соединения скоростей передатчика и приемника информации:
- Обеспечение надежной передачи, обнаружение и коррекция ошибок – фиксация границ кадра, специальная последовательность битов в начале и конце + контрольная сумма; повторная передача в случае несовпадения контрольной суммы.

Кадр – протокольная единица канального уровня (заголовок + поле данных).

Протоколы канального уровня реализуются на промежуточных и конечных узлах сети средствами сетевых адаптеров и их драйверов. Спецификации IEEE 802.x делят канальный уровень на два подуровня: управление логическим каналом (LLC) и управление доступом к среде (MAC). LLC обеспечивает обслуживание сетевого уровня, а подуровень MAC регулирует доступ к разделяемой физической среде.

Канальный уровень (Data link layer)

Канальный уровень **инкапсулирует пакет сетевого уровня** в кадр (ы), добавляет заголовок с **адресом** узла назначения. На основе адреса коммутаторы сети продвигают кадр.

Протокол канального уровня **работает только в пределах сети**, являющейся составной частью более крупной составной сети, объединенной протоколами сетевого уровня. Адреса канального уровня используются для доставки кадров только в пределах этой сети. Для перемещения пакетов между сетями используются адреса сетевого уровня.

Спецификации:

- HDLC для последовательных соединений,
- IEEE 802.2 LLC (тип I и тип II) MAC для сред 802.x
- Ethernet
- Token ring
- FDDI
- X.25
- Frame relay

Сетевой уровень (network layer)

Предназначен для образования единой транспортной системы из нескольких сетей – составной сети (internet, но не Internet – самая известная составная сеть).

Технология межсетевого взаимодействия (internetworking) позволяет соединять в единую сеть множество сетей, построенных на основе разных технологий.

Функции сетевого уровня реализуются:

- Группой протоколов
- Маршрутизаторами (физически соединяют сети)

Сетевой уровень (network layer)

Маршрутизатор = программная или программно-аппаратная платформа с набором сетевых интерфейсов + протокольные модули сетевого уровня.

Пакет – протокольная единица сетевого уровня (заголовок + поле данных).

Узлы сети имеют уникальные в пределах сети сетевые адреса, помещаемые в заголовок пакета.

Маршрут – последовательность сетей (маршрутизаторов), через которые должен пройти пакет, чтобы попасть к адресату.

Таблица маршрутизации – таблица коммутации с информацией и топологии соединения сетей, собираемой маршрутизаторами.

Протоколы сетевого уровня:

- Маршрутизируемые протоколы – продвижение пакетов через сеть
- Маршрутизирующие протоколы – сбор информации о топологии межсетевых соединений.

Транспортный уровень (transport layer)

Обеспечивает приложениям или верхним уровням стека передачу данных с той степенью надежности, которая им требуется.

Пять классов транспортного сервиса. Отличаются качеством услуг:

- Срочность
- Возможность восстановления прерванной связи
- Мультиплексированием соединений прикладного уровня через один общий транспортный протокол
- Обнаружение и исправление ошибок передачи (искажение, потеря, дублирование пакета)

Наиболее распространенные протоколы транспортного уровня включают:

- TCP - протокол управления передачей
- NCP - Netware Core Protocol
- SPX - упорядоченный обмен пакетами
- TP4 - протокол передачи класса 4

Транспортный уровень (transport layer)

Выбор качества сервиса транспортного уровня зависит от:

- Необходимой протоколам прикладного уровня надежности
- Качеством каналов передачи данных (качество сетевого, канального и физического уровней).

Если сеть надежная, то можно выбрать облегченный транспортный сервис, или наоборот.

Протоколы транспортного уровня **реализуются программно** на конечных узлах сети (компонентами ОС)

Сетевой транспорт – протоколы нижних четырех уровней. Решают задачу транспортировки сообщения с заданным уровнем качества в составных сетях с произвольной топологией и различными технологиями.

Протоколы верхних уровней решают задачу предоставления прикладных сервисов.

Сеансовый уровень (session layer)

Управляет взаимодействием сторон:

- Какая сторона активна в данный момент
- Средства синхронизации сеанса – контрольные точки в длинном сеансе. Если нарушен обмен, начинаем с последней точки, а не с начала.

Редко реализован в виде отдельного протокола. Функции данного уровня часто объединяются с функциями прикладного уровня в одном протоколе.

- L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol),
- NetBIOS (Network Basic Input Output System),
- PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol),
- RPC (Remote Procedure Call Protocol),
- SCP (Secure Copy Protocol)

Уровень представления (presentation layer)

Представление информации по сети без изменения ее содержимого. Передаваемая информация всегда будет понятна другой стороне:

- Проблемы кодировки данных (изображений, MIME и т.п.)
- Шифрование/дешифрование (secure socket layer – слой защищенных сокетов, SSL).

Уровень представления отвечает за возможность диалога между приложениями на разных машинах. Этот уровень обеспечивает преобразование данных (кодирование, компрессия и т.п.) прикладного уровня в поток информации для транспортного уровня. Протоколы уровня представления обычно являются составной частью функций трех верхних уровней модели.

- AFP — Apple Filing Protocol,
- LPP — Lightweight Presentation Protocol,
- NCP — NetWare Core Protocol,
- NDR — Network Data Representation,
- X.25 PAD — Packet Assembler/Disassembler

Прикладной уровень (application level)

Прикладной уровень отвечает за доступ приложений в сеть. Задачами этого уровня является перенос файлов, обмен почтовыми сообщениями и управление сетью.

Набор разных протоколов для получения доступа к разделяемым ресурсам сети (файлы, принтеры, HTML-документы) и организации совместной работы (электронная почта, мессенджеры, сетевая файловая служба).

Сообщение – единица данных прикладного уровня.

К числу наиболее распространенных протоколов верхних уровней относятся:

- FTP - протокол переноса файлов
- TFTP - упрощенный протокол переноса файлов
- X.400 - электронная почта
- Telnet
- SMTP - простой протокол почтового обмена
- SNMP - простой протокол управления сетью
- NFS - сетевая файловая система

Стандарты в телекоммуникациях

Источники стандартов:

- *Стандарты отдельных фирм (стек SNA IBM)*
- *Стандарты специальных комитетов и объединений (ATM Forum, Fast Ethernet Alliance)*
- *Национальные стандарты (FDDI от ANSI)*
- *Международные стандарты (ISO, ITU. X.25 ISDN)*

Стандарты в телекоммуникациях

Стандарты делятся на две категории: *de facto* и *de jure*.

- Стандарты **de facto** установились сами собой, без какого-либо предварительного плана. HTTP — протокол, на котором работает.
- Стандарты **de jure** приняты по неким формальным законам стандартизации.

Стандарты в телекоммуникациях

Международные организации по стандартизации обычно делятся на две категории:

- созданные на основе межправительственных договоренностей и добровольные организации.
- В области сетевых компьютерных стандартов существуют несколько организаций каждого типа, наиболее известны ITU, ISO, IETF и IEEE

Стандарты в телекоммуникациях

- ISO International Organization of Standardization
(American National Standard Institute, BSI, AFNOR, DIN)
- NIST (National Institute of Standards and Technologies, NIST SP 800-153 - стандарт по безопасности беспроводных сетей)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), i.e. committee 802
- ITU (International Telecommunication Union) учреждение ООН v.24, v.90
- EIA (Electronics Industries Alliance), RS
- CCITT (International Consultative Committee for Telegraphy and Telephony) – ITU-T

Стандарты в телекоммуникациях

- Международные стандарты разрабатываются **Международной организацией по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO)**, добровольной организацией, созданной в 1946 году. В нее входят национальные организации по стандартизации из 89 стран. Среди ее членов ANSI (США), BSI (Великобритания), AFNOR (Франция), DIN (Германия) и еще 153 другие организации.
- **По проблемам телекоммуникационных стандартов Международная организация по стандартизации ISO и ITU-T часто сотрудничают (ISO — член ITU-T), чтобы избежать парадокса двух официальных и взаимно несовместимых международных стандартов**

Стандарты в телекоммуникациях

- **Национальный институт стандартов и технологий США** (NIST, National Institute of Standards and Technology) является подразделением Министерства торговли США (U.S. Dept. of Commerce). Он выпускает стандарты, обязательные для закупок, проводимых правительством США, кроме закупок Министерства обороны, которое определяет свои стандарты.

Стандарты в телекоммуникациях

- **Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers)** — крупнейшая профессиональная организация в мире разрабатывает стандарты в области электротехники и электроники.

Стандарты в телекоммуникациях

- 802.5 Маркерное кольцо (вклад фирмы IBM в технологии ЛВС)
 - 802.6 ↓ Двойная двунаправленная шина (ранние региональные сети)
 - 802.7 ↓ Техническая консультативная группа по широкополосным технологиям
 - 802.8 † Техническая консультативная группа по оптоволоконным технологиям
 - 802.9 ↓ Изохронные ЛВС (для приложений реального времени)
 - 802.10 ↓ Виртуальные ЛВС и защита информации
 - 802.11 * Беспроводные ЛВС
 - 802.12 ↓ Приоритеты запросов (для AnyLAN фирмы Hewlett-Packard)
 - 802.13 Счастливый номер. Почему-то его никто не выбрал
 - 802.14 ↓ Кабельные модемы (рабочая группа распалась: в области кабельных модемов ее опередил промышленный консорциум)
 - 802.15 * Персональные сети (Bluetooth)
 - 802.16 * Широкополосные беспроводные ЛВС
 - 802.17 Гибкая технология пакетного кольца
 - 802.18 Радиорегулирование
 - 802.19 Сосуществование сетей
 - 802.20 Мобильный широкополосный беспроводной доступ (аналог 802.16e)
 - 802.21 Переключение, не зависящее от среды передачи данных (для переключения между технологиями)
 - 802.22 Местные беспроводные сети
-

Стандарты в Интернет

- ICCB (Internet Configuration Control Board), DARPA, смениена на IAB
- IAB (Internet Architecture Board)
- Internet Research Task Force
- Internet Engineering Task Force (Специальная комиссия интернет разработок)
- RFC (Request For Comment)
- IANA (Internet Assigned Numbers Authority)