

# Архитектура и стандартизация сетей

- Понятие архитектуры сети
- Многоуровневый подход
- Эталонная модель OSI
- Эталонная модель TCP/IP
- стек протоколов OSI
- стек протоколов TCP/IP

# Понятие архитектуры сети

- Для упрощения структуры, большинство сетей организуется в наборы **уровней** или слоев, каждый последующий из которых возводится над предыдущим.
- Во всех сетях целью каждого уровня является предоставление служб для верхних уровней.
- Уровень  $n$  одной машины поддерживает связь с уровнем  $n$  другой машины. Правила и соглашения, используемые в данном общении, называются **протоколом** уровня  $n$ .
- **Протокол** является договоренностью общающихся сторон о том, как должно происходить общение.

# Понятие архитектуры сети

- Данные не пересылаются с уровня  $n$  одной машины на уровень  $n$  другой машины. Вместо этого каждый уровень передает данные и управление уровню, лежащему ниже, пока не достигается самый нижний уровень. Ниже первого уровня располагается **физический носитель**, по которому и производится обмен информацией.
- Набор уровней и протоколов называется **архитектурой сети**.
- Список (совокупность, набор) протоколов, достаточный для организации взаимодействия узлов в сети называется **стеком протоколов**. Между каждой парой смежных уровней находится **интерфейс**, определяющий набор примитивных операций, предоставляемых нижним уровнем верхнему.

# Архитектура сети (взаимодействие двух узлов)



## Архитектура сети (взаимодействие двух узлов)

### Многоуровневый подход

```
graph TD; A[Многоуровневый подход] --> B[Интерфейс определяет правила взаимодействия модулей соседних уровней в одном узле]; A --> C[Протоколы определяют правила взаимодействия модулей одного уровня в разных узлах]; C --> D[Стек протоколов определяет набор протоколов для взаимодействия двух узлов];
```

**Интерфейс** определяет правила взаимодействия модулей соседних уровней в одном узле

**Протоколы** определяют правила взаимодействия модулей одного уровня в разных узлах

**Стек протоколов** определяет набор протоколов для взаимодействия двух узлов

# Эталонная модель OSI (состав)

- Модель OSI определяет
  - уровни взаимодействия систем в сетях с коммутацией пакетов,
  - стандартные названия уровней,
  - функции, которые должен выполнять каждый уровень.

**Замечание:** В OSI для обозначения единиц обмена данными конкретных уровней используются названия: сообщение, кадр, пакет, дейтаграмма, сегмент.

# Семь уровней модели OSI



# Архитектура сети (взаимодействие двух узлов в эталонной модели OSI)

- Пусть узел 1 взаимодействует с узлом 2. Для этого узел 1 обращается с запросом к **прикладному уровню** (формируется *сообщение*).
- Далее прикладной уровень направляет сообщение вниз по стеку **уровню представления**.
- Протокол уровня представления выполняет требуемые действия и добавляет к сообщению собственную служебную информацию — заголовок уровня представления, в котором содержатся указания для протокола уровня представления.
- Полученное в результате сообщение передается вниз **сеансовому уровню**, который в свою очередь добавляет свой заголовок и т. д.
- Сообщение достигает **физического уровня**, который и передает его по линиям связи машине-адресату. Сообщение «обрастает» заголовками всех уровней.



# Архитектура сети (взаимодействие двух узлов в эталонной модели OSI)

- **Физический уровень** помещает сообщение на физический выходной интерфейс компьютера 1 (узла 1), и оно начинает свое «путешествие» по сети (до этого момента сообщение передавалось от одного уровня другому в пределах компьютера 1).
- Когда сообщение по сети поступает на входной интерфейс компьютера 2, оно принимается его **физическим уровнем** и последовательно перемещается вверх с уровня на уровень. Каждый уровень анализирует и обрабатывает заголовок своего уровня, а затем удаляет этот заголовок и передает сообщение вышележащему уровню.

# Физический уровень модели OSI

- **Физический уровень (physical layer)** связан с передачей потока битов по физическим каналам связи, таким как коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконный кабель (см. **лекция №1**: коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконный кабель, **лекция №2**: дейтаграмма, логическое соединение, виртуальный канал).
- Функции физического уровня выполняются **сетевым адаптером** или последовательным портом.
- Примером протокола физического уровня может служить спецификация 10Base-T технологии Ethernet, которая определяет в качестве используемого кабеля витую пару.
- Физический уровень не вникает в смысл информации, которую он передает. Для него эта информация представляет однородный поток битов, которые нужно доставить без искажений.

# Канальный уровень модели OSI

- **Канальный уровень (data link layer)** работает в режиме коммутации пакетов (происходит разбиение входных данных на **кадры (frames)**).
- Обеспечивает доставку данных (кадров) только между соседними узлами сети.
- Задачей канального уровня является проверка доступности разделяемой среды.
- Задачей канального уровня является обнаружение и коррекция ошибок.
  - Канальный уровень добавляет к кадру контрольную сумму (контрольную последовательность кадра (FCS)).
  - По ее значению узел определяет были или нет искажены данные кадра в процессе передачи по сети.
  - Исправление ошибок происходит за счет повторной передачи поврежденных кадров.

*Замечание:* Адреса канального уровня есть MAC-адреса.

# Сетевой уровень модели OSI

- **Сетевой уровень (network layer)** служит для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей (составная сеть).
- Технология, позволяющая соединить в единую сеть множество сетей, называется **технологией межсетевого взаимодействия** (internetworking).
- Задачей сетевого уровня является определение оптимального маршрута данных на основе сетевого адреса.
- Данные на сетевом уровне образуют **пакет** и содержат информацию об адресе назначения этого пакета.
- Адреса сетевого уровня есть NET-адреса (сетевой адрес).
- Функции сетевого уровня реализуются:
  - группой протоколов:
    - маршрутизируемые (продвижение пакетов через сеть),
    - маршрутизирующие (выбор маршрута продвижения пакетов),
  - специальными устройствами — маршрутизаторами.

# Транспортный уровень модели OSI

- **Транспортный уровень (transport layer)** обеспечивает передачу данных с определенной степенью надежности.
- Сервисы (предоставляемые услуги) транспортного уровня: срочность, возможностью восстановления прерванной связи, способность к обнаружению и исправлению ошибок передачи, таких как искажение, потеря и дублирование **пакетов**.

# Сеансовый уровень модели OSI

- **Сеансовый уровень (session layer)** обеспечивает управление взаимодействием сторон (связь между хостами): фиксирует, какая из сторон является активной в настоящий момент, и предоставляет средства синхронизации сеанса связи.

# Уровень представления модели OSI

- **Уровень представления (presentation layer)**, обеспечивает кодирование передаваемых данных определенным стандартным образом.
  - Большинство программ обменивается не двоичными блоками данных, а именами людей, датами, денежными суммами и счетами на товары.
  - Подобная информация состоит из текстовых строк, чисел в различных форматах и других структур данных.
  - На различных компьютерах могут использоваться различные формы представления строковых данных (например, ASCII и Unicode), целых чисел и т.д.
- Чтобы общение компьютеров с различным представлением данных было возможным, необходимо преобразовывать различные форматы представления данных друг в друга, передавая их по сети в стандартизованном виде.
- Эти преобразования и осуществляет уровень представления.

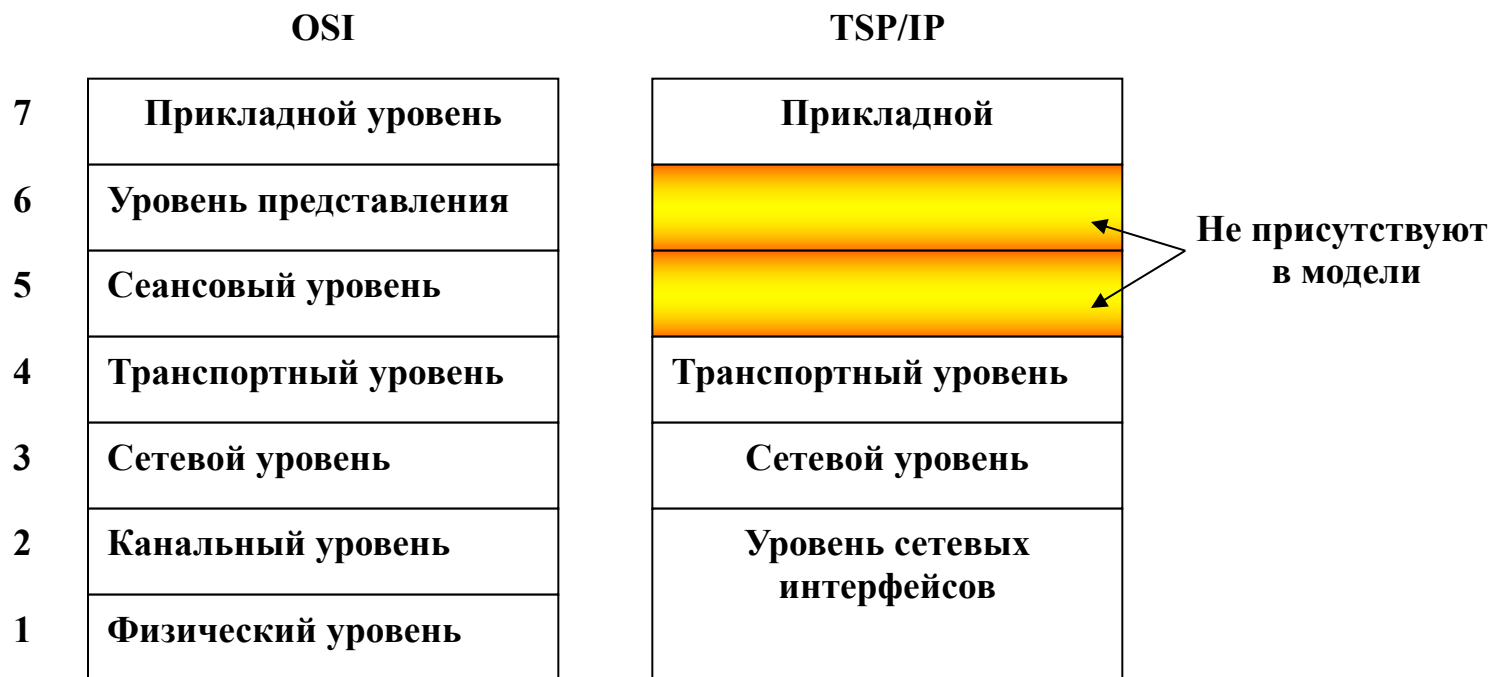
# Прикладной уровень модели OSI

- **Прикладной уровень (application layer)** определяет набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети:
  - получают доступ к разделяемым ресурсам (файлам, принтерам, гипертекстовым веб-страницам),
  - организуют свою совместную работу.
- Единица данных, которой оперирует прикладной уровень, называется **сообщением**.



# Эталонная модель TSP/IP

- Главной целью новой архитектуры являлась возможность объединения различных сетей в единое целое с помощью имеющихся протоколов. Она получила название по своим двум основным протоколам TCP и IP.



# Прикладной уровень модели TCP/IP

- **Прикладной уровень** стека TCP/IP соответствует трем верхним уровням модели OSI: прикладному, представления и сеансовому.
- За долгие годы использования в сетях различных стран и организаций стек TCP/IP накопил большое количество протоколов и служб прикладного уровня. К ним относятся:
  - протокол передачи файлов (**FTP**),
  - протокол эмуляции терминала (**telnet**),
  - протокол передачи электронной почты (**SMTP**),
  - протокол передачи гипертекста (**HTTP**) и многие другие.

# Транспортный уровень модели TCP/IP

- **Транспортный уровень** стека TCP/IP может предоставлять вышележащему уровню два типа сервиса:
  - протокол управления передачей (**TCP**);
  - протокол пользовательских дейтаграмм (**UDP**).

# Транспортный уровень модели ТСП/IP (протокол ТСП)

- Чтобы обеспечить надежную доставку данных протокол ТСП предусматривает установление логического соединения, что позволяет ему
  - нумеровать пакеты,
  - подтверждать их прием квитанциями,
  - в случае потери организовывать повторные передачи,
  - распознавать и уничтожать дубликаты,
  - доставлять прикладному уровню пакеты в том порядке, в котором они были отправлены.
- ТСП дает возможность без ошибок доставить сформированный на одном из компьютеров поток байтов в любой другой компьютер, входящий в составную сеть.
- ТСП делит поток байтов на фрагменты и передает их нижележащему уровню.
- Этот протокол позволяет объектам на компьютере-отправителе и компьютере-получателе поддерживать обмен данными в дуплексном режиме.

# Транспортный уровень модели TCP/IP (протокол UDP)

- UDP — является простейшим дейтаграммным протоколом.
- В функции протоколов транспортного уровня TCP и UDP входит исполнение роли связующего звена между прилегающими к ним прикладным уровнем и уровнем межсетевого взаимодействия.
  - От прикладного протокола транспортный уровень принимает задание на передачу данных с тем или иным качеством, а после выполнения рапортует ему об этом.
  - Программные модули, реализующие протоколы TCP и UDP, подобно модулям протоколов прикладного уровня, устанавливаются на хостах.

# Сетевой уровень модели TCP/IP

- **Сетевой уровень**, называемый также **уровнем интернета**, является стержнем всей архитектуры TCP/IP.
- Он обеспечивает перемещение пакетов в пределах составной сети, образованной объединением множества сетей.
- Протоколы сетевого уровня поддерживают интерфейс с вышележащим транспортным уровнем, получая от него запросы на передачу данных по составной сети, а также с нижележащим уровнем сетевых интерфейсов.

# Сетевой уровень модели TCP/IP и его протоколы

- Основным протоколом сетевого уровня является межсетевой протокол (**IP**), который отвечает **за продвижение пакета между сетями**.
  - Протокол IP развертывается не только на хостах, но и на всех шлюзах.
  - Протокол IP — это дейтаграммный протокол, работающий без установления соединений.
- **Вспомогательные протоколы для IP:**
  - **Протоколы маршрутизации RIP и OSPF**, на основании которых протокол IP перемещает пакеты в нужном направлении.
  - **Протокол межсетевых управляющих сообщений (ICMP)**, предназначенный для передачи информации об ошибках, возникших при передаче пакета.
  - **Протокол групповой адресации (IGMP)**, использующийся для направления пакета сразу по нескольким адресам.

# Уровень сетевых интерфейсов модели TCP/IP

- **Уровень сетевых интерфейсов** отвечает за организацию взаимодействия с технологиями сетей, входящих в составную сеть.
- Задачу обеспечения интерфейса между технологией TCP/IP и любой другой технологией промежуточной сети можно свести:
  - к определению способа упаковки (инкапсуляции) IP-пакета в единицу передаваемых данных промежуточной сети;
  - к определению способа преобразования сетевых адресов в адреса технологии данной промежуточной сети.



# Уровень сетевых интерфейсов модели TCP/IP и его протоколы

- Поддерживает все популярные технологии:
  - для локальных сетей — это Ethernet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet,
  - для глобальных сетей — протоколы двухточечных соединений SLIP и PPP, технологии X.25, Frame Relay, ATM.
- Обычно при появлении новой технологии локальных или глобальных сетей, она быстро включается в стек TCP/IP путем разработки соответствующего документа RFC, определяющего метод инкапсуляции IP-пакетов в ее кадры.

# Стек протоколов OSI

- Важно различать *модель OSI* и *стек протоколов OSI*.
- Модель OSI является концептуальной схемой взаимодействия открытых систем, стек OSI представляет собой набор конкретных протоколов.

# Стек протоколов OSI

|   |                       |  |                             |  |   |  |
|---|-----------------------|--|-----------------------------|--|---|--|
| 7 | Прикладной уровень    | X.400<br>(электронная почта)   | X.500<br>(служба каталогов) | VTP<br>(протокол виртуального терминала) | FTAM (протокол передачи и управления файлами) | JTM (протокол пересылки и управления работами) |
| 6 | Уровень представления | Протокол уровня представления OSI  |                             |  |   |  |
| 5 | Сеансовый уровень     | Сеансовый протокол OSI   |                             |  |   |  |
| 4 | Транспортный уровень  | Транспортные протоколы OSI   |                             |  |   |  |
| 3 | Сетевой уровень       | ES-IS, IS-IS (протоколы маршрутизации),<br>CONP, CLNP (протоколы, ориентированные на соединение и нет) |                             |  |   |  |
| 2 | Канальный уровень     | Ethernet   | Token Ring                  | FDDI                                     | X.25  | ISDN   |
| 1 | Физический уровень    |  |                             |  |   |  |

# Стек протоколов TCP/IP

|                             |  |  |  |            |   |   |
|-----------------------------|--|--|--|------------|---|---|
| Прикладной уровень          | <b>FTP</b><br>протокол передачи файлов                                     | <b>HTTP</b><br>протокол передачи гипертекста | <b>SMTP</b><br>протокол передачи электронной почты       |            | <b>Telnet</b><br>протокол, где администратор удаленно конфигурирует маршрутизатор |   |
| Транспортный уровень        | <b>TCP</b><br>протокол управления передачей                                |  |  |            | <b>UDP</b><br>протокол пользовательских дейтаграмм                                |   |
| Сетевой уровень             | <b>IP</b><br>протокол, который отвечает за продвижение пакета между сетями |  | <b>ICMP</b><br>протокол межсетевых управляющих сообщений |            | <b>RIP и OSPF</b><br>протоколы маршрутизации                                      | <b>IGMP</b><br>протокол групповой адресации |
| Уровень сетевых интерфейсов | <b>Ethernet, Fast E, Gigabit E</b>   | <b>Token Ring</b>                            | <b>FDDI</b>  | <b>ATM</b> | <b>X.25</b>   | <b>Frame Relay</b>                          |

для локальных сетей

для глобальных сетей

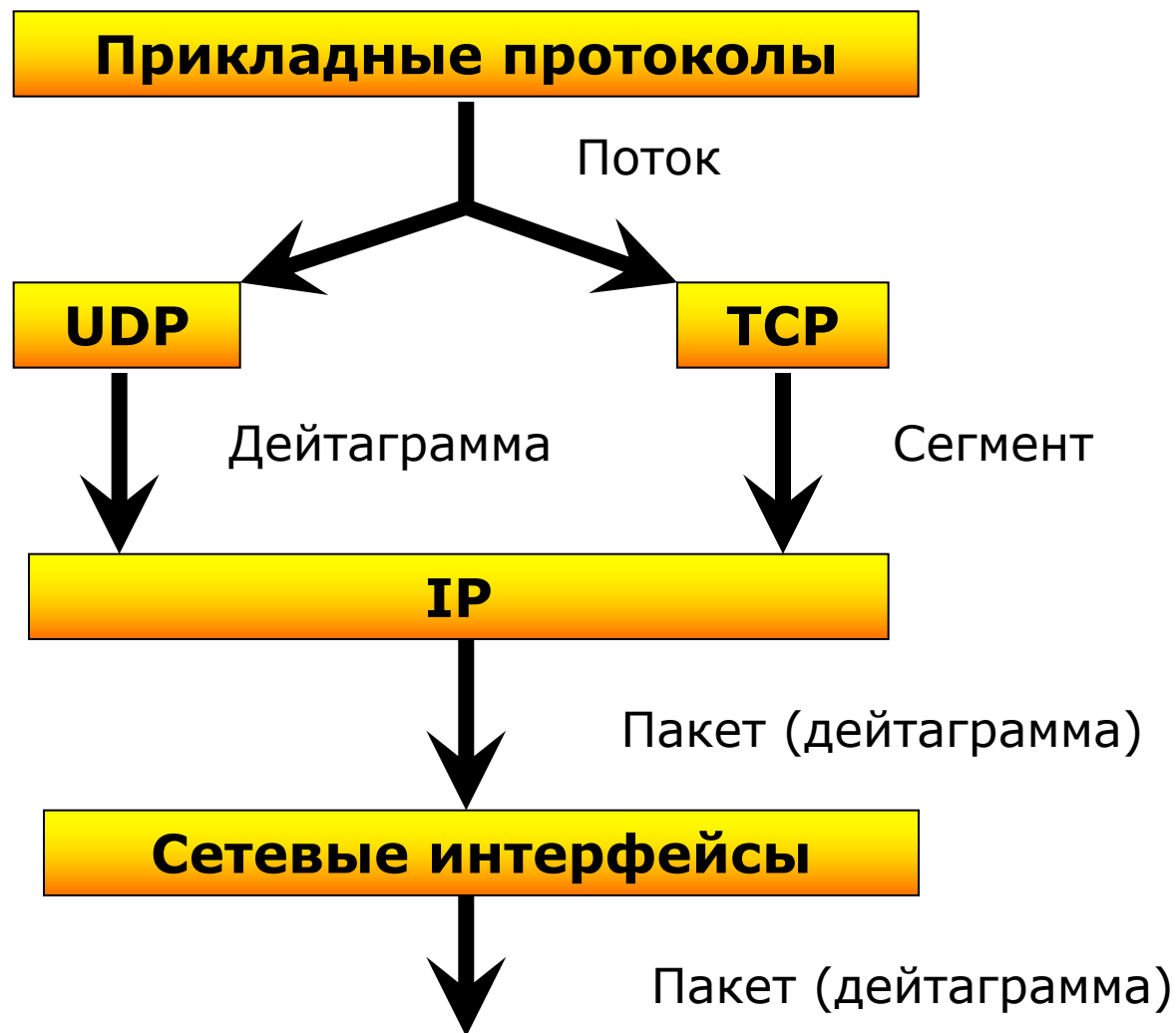
# Вспомогательные протоколы стека TCP/IP

- **Протокол DNS** служит для преобразования адресов (преобразует символьные имена узлов в IP-адреса).
- **Протокол DHCP** позволяет назначать IP-адреса узлам динамически, а не статистически (облегчение администрирования сети).
- **Протокол SNMP** есть протокол прикладного уровня для управления сетью, который позволяет автоматически собирать информацию об ошибках и отказах устройств.

# Терминология стека TCP/IP

- **Потоком данных** называют данные, поступающие от приложений на вход протоколов транспортного уровня — TCP и UDP. Протокол TCP «нарезает» из потока данных **сегменты**.
- Единицу данных протокола UDP называют **дейтаграммой (датаграммой)**.
- Единицу данных протокола IP называют **дейтаграммой**. Часто используется и другой термин — **пакет**.
- В стеке TCP/IP принято называть **кадрами (фреймами)** единицы данных любых технологий, в которые упаковываются IP-пакеты для последующей переноски их через сети составной сети.
- Для TCP/IP фреймом является и кадр Ethernet, и ячейка ATM, и пакет X.25, так как все они выступают в качестве контейнера, в котором IP-пакет переносится через составную сеть.

# Терминология стека TCP/IP



# Стек протоколов TCP/IP (преимущества)

- **Способность фрагментировать пакеты.** Большая сеть состоит из сетей, построенных на разных принципах. В каждой из этих сетей может быть собственная величина максимальной длины единицы передаваемых данных (кадра). В таком случае при переходе из одной сети, имеющей большую максимальную длину, в сеть с меньшей максимальной длиной может возникнуть необходимость деления передаваемого кадра на несколько частей. Протокол IP стека TCP/IP эффективно решает эту задачу.
- **Гибкая система адресации.**
- В стеке TCP/IP очень экономно используются **широковещательные рассылки**. Это свойство совершенно необходимо при работе на медленных каналах связи.



# Недостатки стека TCP/IP

- Нет разграничения концепций служб, интерфейса и протоколов.
- Модель не является общей и плохо описывает любой стек протоколов, кроме TCP/IP.
- Нет различия между физическим уровнем и уровнем передачи данных.
- Ряд широко используемых протоколов являются устаревшими.
- Высокие требования к ресурсам и сложность администрирования IP-сетей.