

Модель OSI

Инфокоммуникационные системы и сети

Протокол и стек протоколов

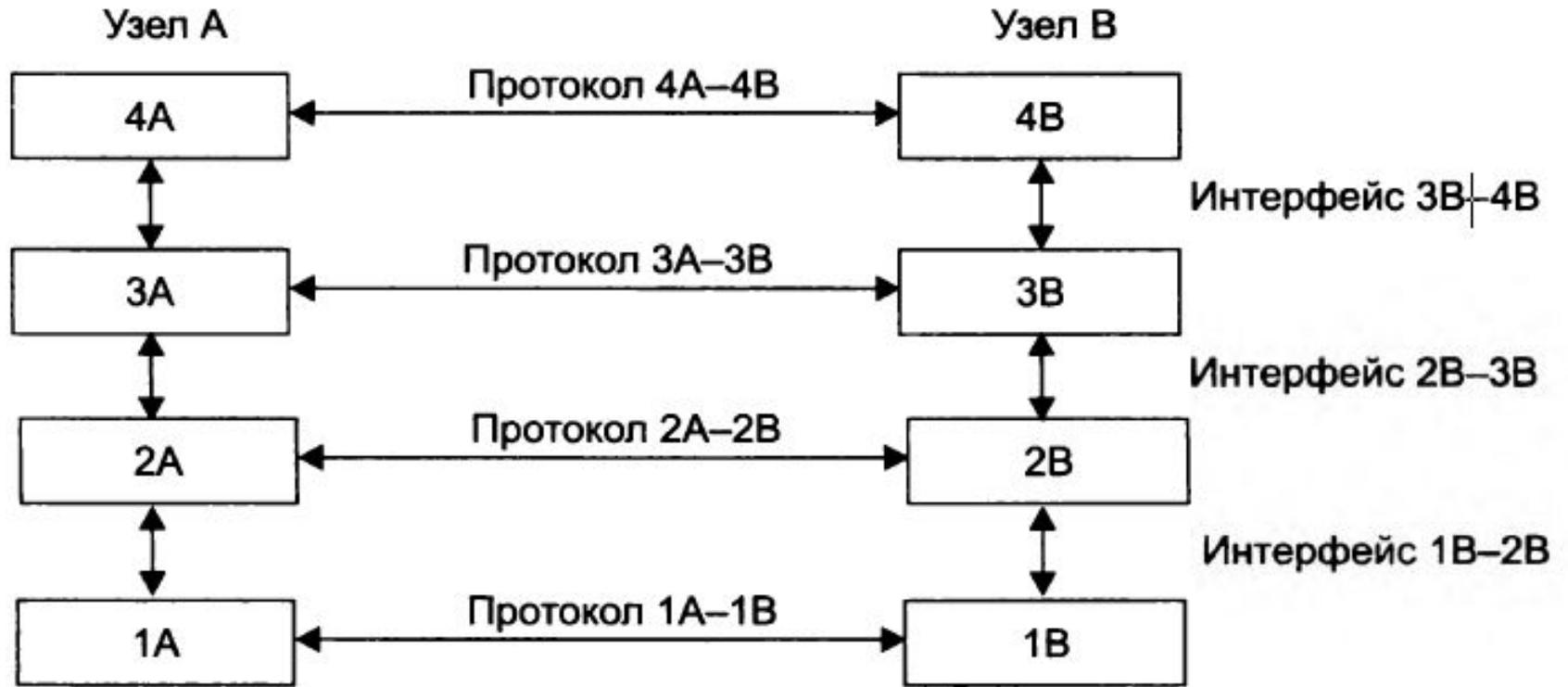
- Многоуровневое представление средств сетевого взаимодействия имеет свою специфику: в процессе обмена сообщениями участвуют как минимум **две стороны**, то есть в данном случае необходимо организовать **согласованную работу двух иерархий аппаратных и программных средств на разных компьютерах.**

Протокол и стек протоколов

- Оба участника сетевого обмена должны принять множество соглашений. Например, они должны согласовать:
 - уровни и форму электрических сигналов,
 - способ определения размера сообщений,
 - методы контроля достоверности и т. д.

Таким образом, соглашения должны быть приняты на всех уровнях, начиная от самого низкого — уровня передачи битов, и заканчивая самым высоким, реализующим обслуживание пользователей сети.

Взаимодействие двух узлов



Взаимодействие двух узлов

- С каждой стороны средства взаимодействия представлены **четырьмя уровнями**.
- Каждый уровень поддерживает интерфейсы двух типов:
 - интерфейсы услуг с выше- и нижележащим уровнями «своей» иерархии средств;
 - интерфейс со средствами взаимодействия другой стороны, расположенными на том же уровне иерархии.

Этот тип интерфейса называют **протоколом**. Таким образом, **протокол всегда является одноранговым интерфейсом**.

Взаимодействие двух узлов

- Термины «протокол» и «интерфейс» выражают одно и то же понятие – формализованное описание процедуры взаимодействия двух объектов, но в сетях за ними закреплены разные области действия:
 - **протоколы** определяют правила взаимодействия модулей одного уровня в разных узлах;
 - **интерфейсы** – правила взаимодействия модулей соседних уровней в одном узле.

Иерархически организованный набор протоколов, достаточный для организации взаимодействия узлов в сети, называется **стеком протоколов**.

Происхождение модели OSI

- В начале 80-х годов ряд международных организаций по стандартизации – International Standards Organization (ISO), International Telecommunications Union (ITU) и некоторые другие – разработали стандартную модель взаимодействия открытых систем – Open System Interconnection (OSI) (разработка модели велась с 1977 по 1984 год).

Организации, стандартизирующие решения в области телекоммуникаций

- ✓ **ITU-T:** International Telecommunication Union – Международный Союз Электросвязи. **ISO** является членом ITU-T. Рекомендации имеют обозначения «буква.число» (например, Y.1540).
- ✓ **NIST:** National Institute of Standards and Technology – Национальный институт стандартов США. В него входит **IEEE** – Institute of Electrical and Electronics Engineers. Стандарты носят формат «IEEE.число» (например, IEEE.802.3)
- ✓ **ETSI:** European Telecommunications Standardizations Institute - Европейский институт по стандартизации телекоммуникаций
- ✓ **IETF:** Internet Engineering Task Force – Инженерная группа по решению задач Internet. Рекомендации носят формат «RFC число» (например, RFC 821)

Назначение модели OSI

- Состоит в обобщённом представлении средств сетевого взаимодействия.
- 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.

Модель ISO/OSI – формальное описание сети связи, определяющее различные аспекты функционирования сетевых протоколов

| | | |
|---|----------------------|---|
| 7 | прикладной | Обеспечивает интерфейс пользователь-сеть |
| 6 | представления данных | Представление данных в едином формате (ASCII) |
| 5 | сеансовый | Синхронизация удаленных прикладных программ |
| 4 | транспортный | Установление, обслуживание и завершение обмена данными |
| 3 | сетевой | Адресация и маршрутизация |
| 2 | канальный | Исправление ошибок физического уровня, кодирование |
| 1 | физический | Средства для передачи данных – кабели, платы сетевых адаптеров и т.п. |

*Уровни 1-7 полностью реализованы только на оконечных устройствах на сети реализуются только уровни 1-3!

Протокол – набор правил, по которому производится обмен данными в сетях связи. Каждому уровню модели OSI соответствует определенный набор протоколов

Назначение модели OSI

! Важно:

Модель OSI описывает только системные средства взаимодействия, реализуемые операционной системой, системными утилитами, системными аппаратными средствами.

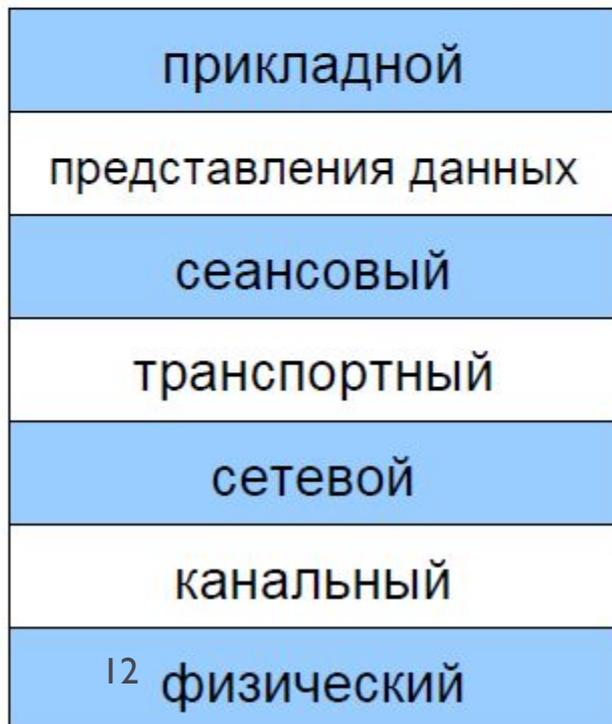
Модель не включает средства взаимодействия приложений конечных пользователей.

Следует различать уровень взаимодействия приложений и прикладной уровень семиуровневой модели.

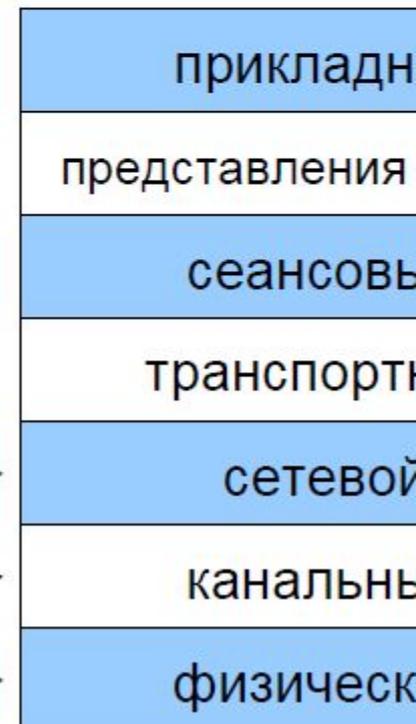
Взаимодействие уровней модели ISO/OSI

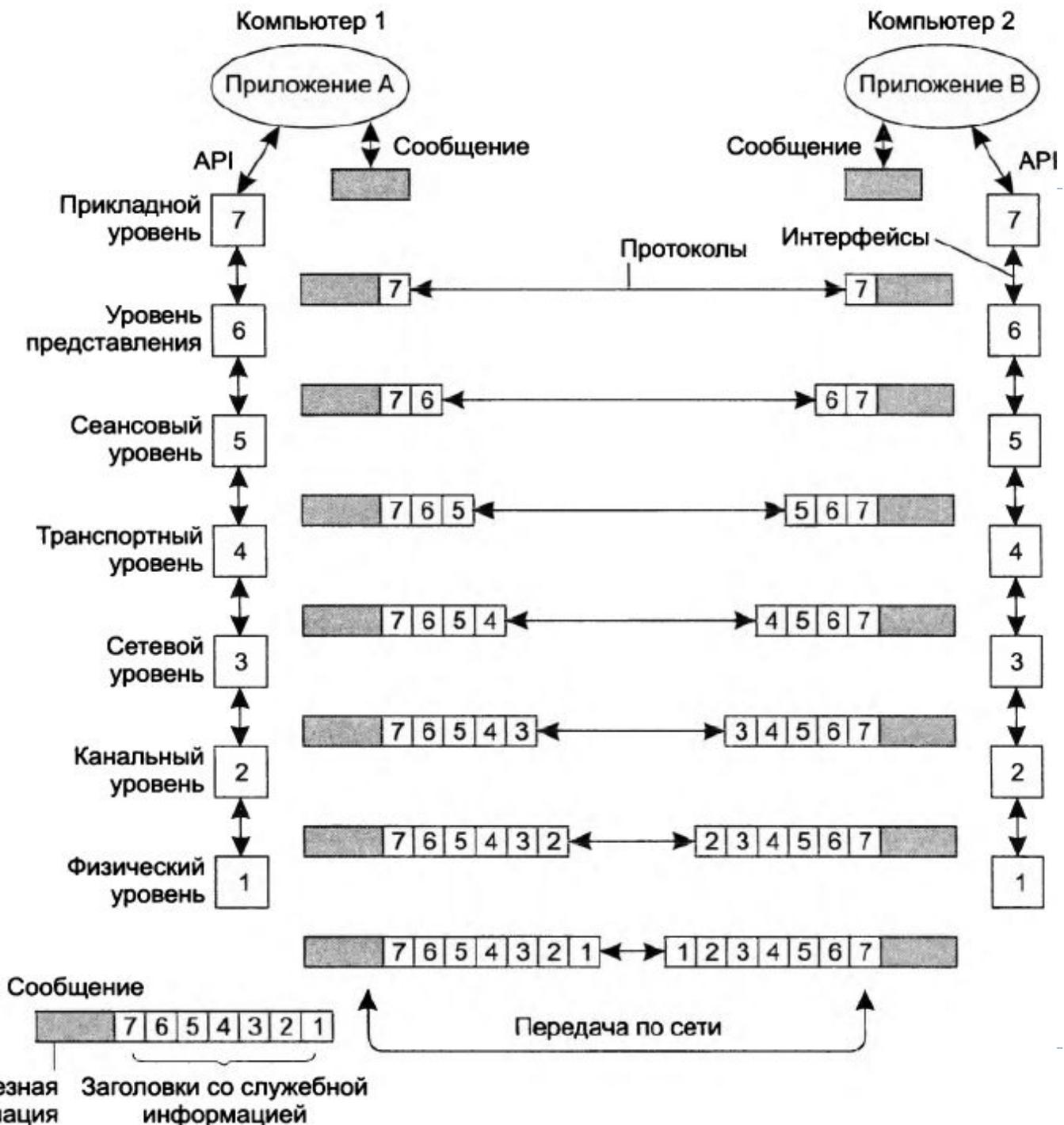
Клиент –

Всегда инициирует сеанс



Сервер





Вложенность сообщений различных уровней



Единицы обмена данными

- В стандартах ISO для обозначения единиц обмена данными, с которыми имеют дело протоколы разных уровней, используется общее название **протокольная единица данных (Protocol Data Unit, PDU)**.
- Для обозначения единиц обмена данными конкретных уровней используются специальные названия: **сообщение, кадр, пакет, дейтаграмма, сегмент**.

Физический уровень

- **Физический уровень (physical layer)** имеет дело с передачей потока битов по физическим каналам связи, таким как:
 - коаксиальный кабель;
 - витая пара;
 - оптоволоконный кабель;
 - цифровой территориальный канал.
- Функции физического уровня реализуются на всех устройствах, подключенных к сети.
- Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются **сетевым адаптером** или **последовательным портом**.

Физический уровень

- Примером протокола физического уровня может служить спецификация **1000Base-T** технологии **Ethernet**, которая определяет:
 - в качестве используемого кабеля **неэкранированную витую пару категории 5** с волновым сопротивлением **100 Ом**,
 - **разъем RJ-45**,
 - **максимальную длину физического сегмента 100 метров**,
 - **манчестерский код** для представления данных в кабеле, а также некоторые другие характеристики среды и электрических сигналов.

Физический уровень

- **Примечание:**
- Физический уровень не вникает в смысл информации, которую он передает. Для него эта информация представляет собой **однородный поток битов**, которые нужно доставить **без искажений** и в соответствии с заданной тактовой частотой (интервалом между соседними битами).

Канальный уровень

- **Канальный уровень (data link layer)** обеспечивает прозрачность соединения для сетевого уровня. Для этого он предлагает следующие услуги:
 - установление логического соединения между двумя взаимодействующими узлами;
 - согласование в рамках соединения скоростей передатчика и приёмника информации;
 - обеспечение надёжной передачи, обнаружение и коррекция ошибок.

Канальный уровень

- Для решения этих задач канальный уровень формирует из пакетов собственные протокольные единицы данных – **кадры**, состоящие из поля данных и заголовка.
- Канальный уровень помещает пакет в поле данных одного или нескольких кадров и заполняет собственной служебной информацией заголовков кадра.

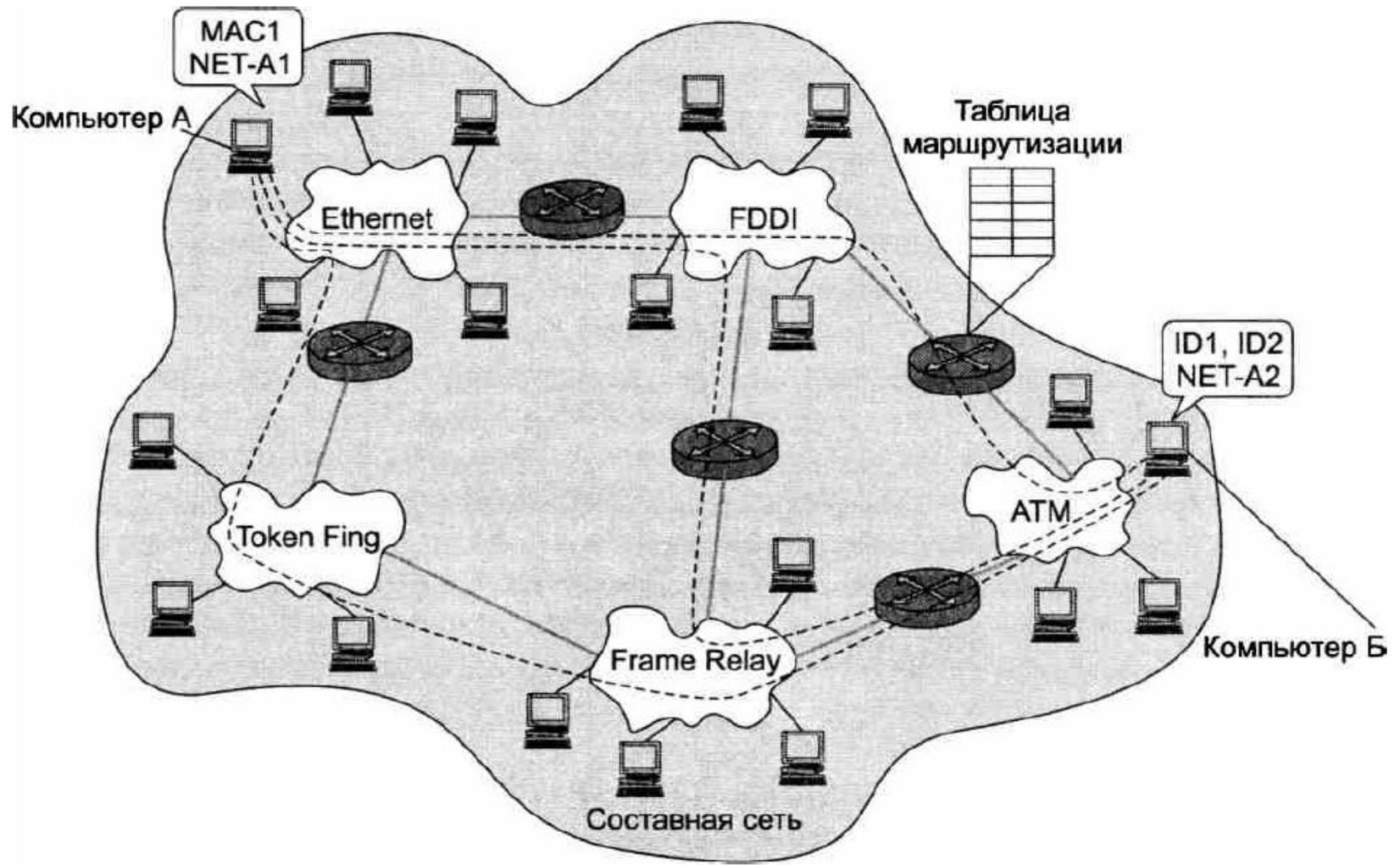
Сетевой уровень

- **Сетевой уровень (network layer)** служит для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей и называемой **составной сетью**.
- Технология, позволяющая соединять в единую сеть множество сетей, в общем случае построенных на основе разных технологий, называется **технологией межсетевого взаимодействия (internetworking)**.

Сетевой уровень

- Чтобы связать между собой сети, построенные на основе разных технологий, нужны дополнительные средства, которые предоставляет сетевой уровень.
- Функции сетевого уровня реализуются:
 - группой протоколов;
 - маршрутизаторами.

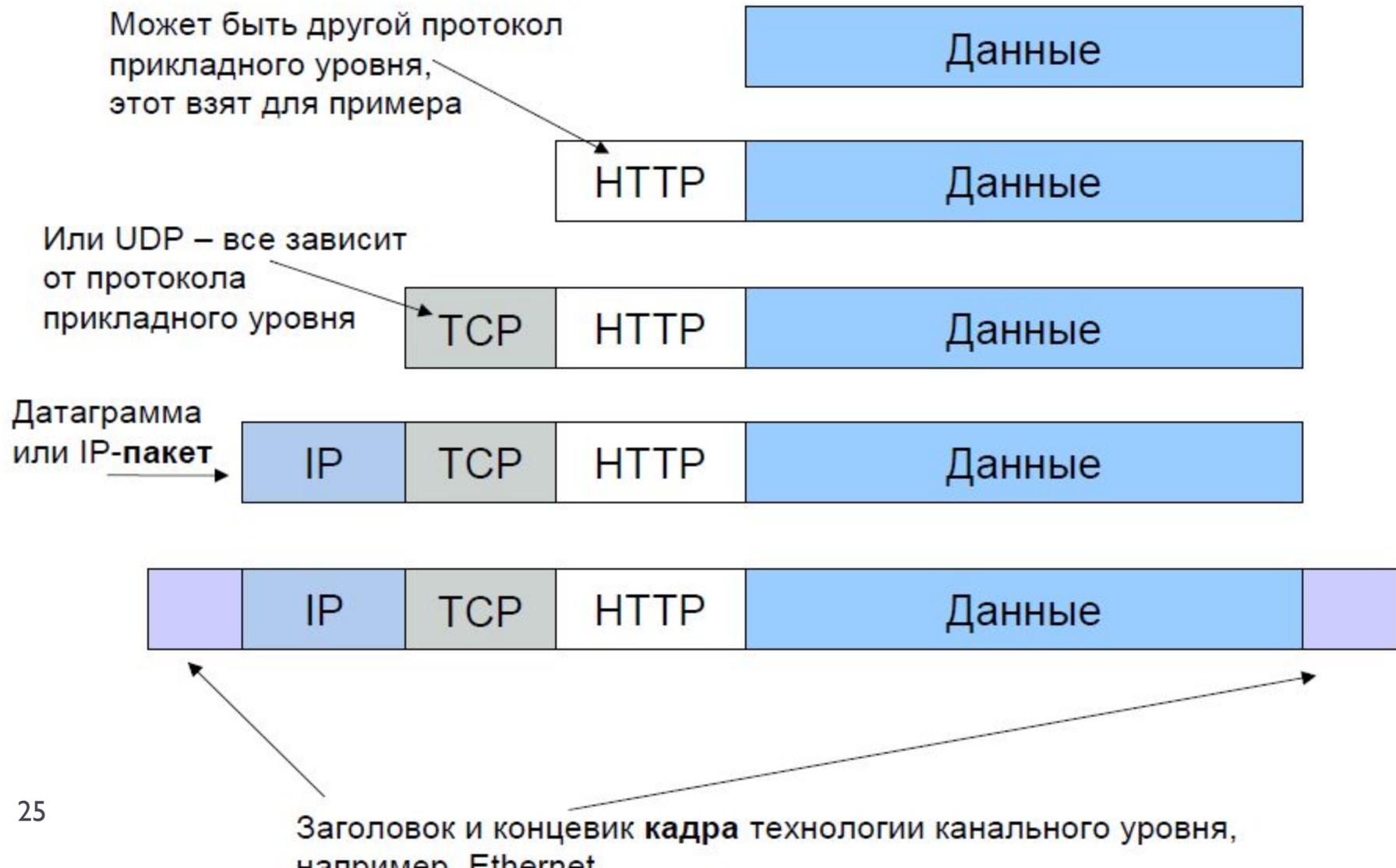
Пример составной сети



Сетевой уровень

- Данные, которые необходимо передать через составную сеть, поступают на сетевой уровень от вышележащего транспортного уровня.
- Эти данные снабжаются заголовком сетевого уровня. Данные вместе с заголовком образуют **пакет** — так называется **PDU** сетевого уровня.

Процесс формирования датаграмм



Жизненный цикл датаграммы

1. Формирование датаграммы: расчет контрольной суммы, конструирование заголовка
2. Определение адреса узла-получателя
3. Определение ближайшего маршрутизатора
4. На каждом маршрутизаторе:
 - вычисляется контрольная сумма заголовка;
 - проверяется значение TTL (при необходимости пакеты отбрасываются);
 - определяется следующий ближайший маршрутизатор;
 - при необходимости производится фрагментация.
5. На узле-получателе проверяется контрольная сумма заголовка и количество фрагментов, производятся необходимые перезапросы при повреждении или потере датаграмм

Важно: при добавлении информации о IP-адресах пройденных узлов-маршрутизаторов или шлюзов длина датаграммы увеличивается

Сетевой уровень

- На сетевом уровне определяются два вида протоколов:
 - 1 — маршрутизируемые протоколы — реализуют продвижение пакетов через сеть;
 - 2 – маршрутизирующие протоколы, или протоколы маршрутизации. С помощью этих протоколов маршрутизаторы собирают информацию о топологии межсетевых соединений, на основании которой осуществляется выбор маршрута продвижения пакетов.

Транспортный уровень

- **Транспортный уровень (transport layer)** обеспечивает приложениям и верхним уровням – прикладному, представления и сеансовому – передачу данных с той степенью надёжности, которая им требуется.
- Модель OSI определяет **5 классов транспортного сервиса**: от низшего класса **0** до высшего класса **4**, которые отличаются качеством предоставляемых услуг: срочностью, возможностью восстановления прерванной связи, способностью к обнаружению и исправлению ошибок передачи (таких, как искажение, потеря и дублирование пакетов).

Транспортный уровень

- Выбор класса сервиса транспортного уровня определяется:
 - 1 – тем, в какой степени задача обеспечения надёжности решается самими приложениями и протоколами 3-х верхних уровней;
 - 2 – степенью надёжности системы транспортировки данных в сети, обеспечиваемой 3-мя нижними уровнями.

Транспортный уровень

- Все протоколы верхних 4-х уровней реализуются программными средствами конечных узлов сети – компонентами их сетевых операционных систем.
- Протоколы нижних 4-х уровней обобщённо называют **сетевым транспортом (транспортной подсистемой)**, так как они полностью решают задачу транспортировки сообщений с заданным уровнем качества в составных сетях с произвольной топологией и различными технологиями.
- Три верхних уровня решают задачи предоставления прикладных сервисов, используя нижележащую транспортную подсистему.

Функции транспортного уровня

- Проверка правильности доставки данных пользователю.
- Установление соединения.
- Квитирование (отчет о получении).
- Пересылка заново неверно полученных или потерянных данных.
- Управление потоком (медленный старт).
- Формирование псевдозаголовков (для UDP и TCP) для проверки правильности адреса получателя.

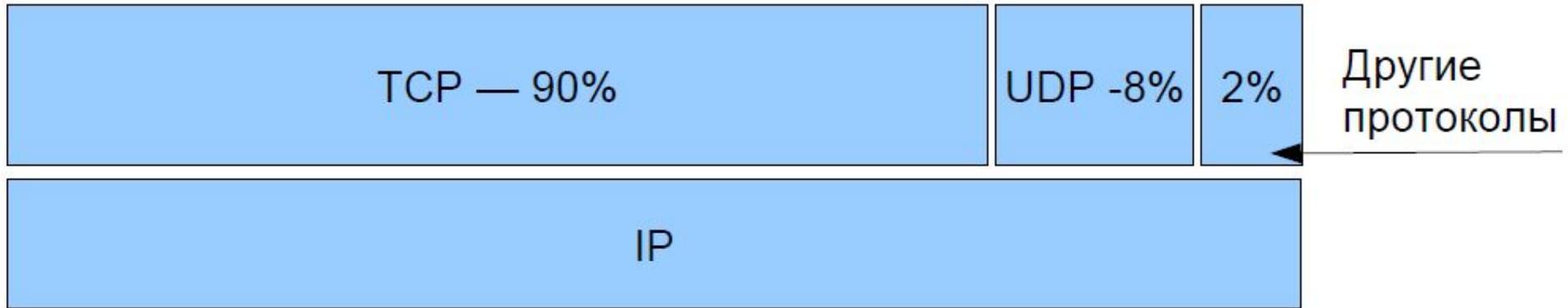
Сокет в IPv4

- На транспортном уровне TCP/IP вводится понятие **«сокет»**: комбинация IP-адреса и порта, позволяющая однозначно определить точку подключения.
- **Порт** — программный (логический) 16-битовый идентификатор, позволяющий выделить ресурсы для пересылки сообщений определенных служб и приложений.
- Большинство общих служб (например, установление TCP-соединения, веб, электронная почта и т.д.) имеют зарезервированные порты в диапазоне до 1024, иногда несколько.

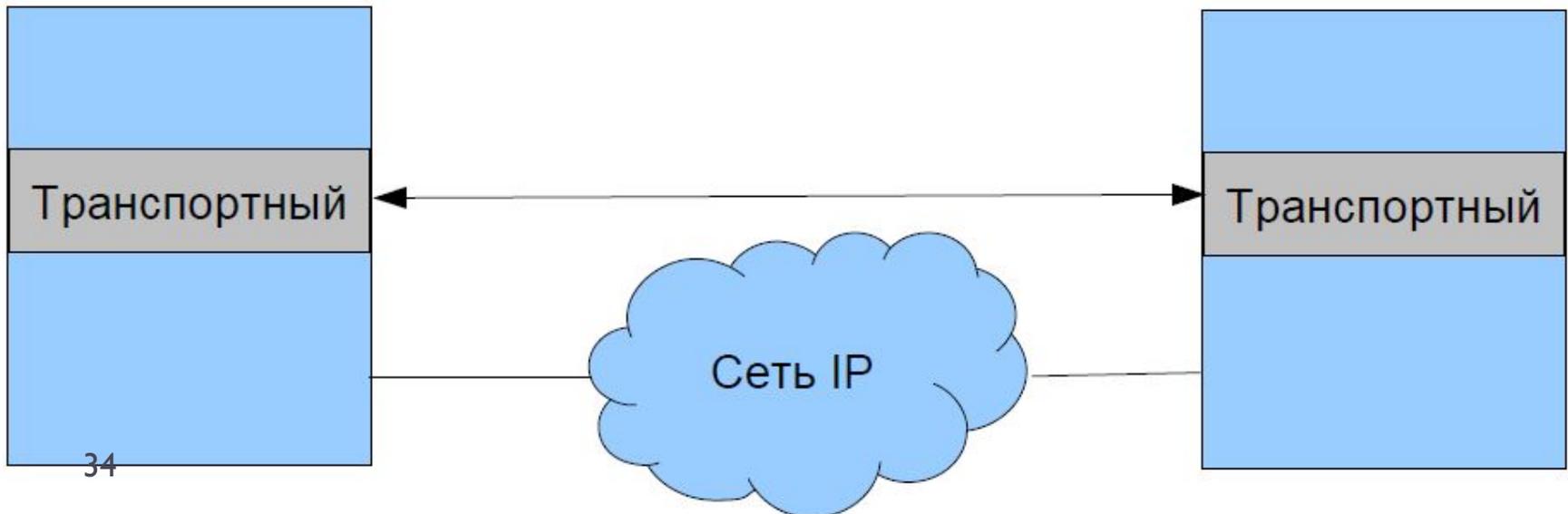
Протоколы транспортного уровня: UDP и TCP



Транспортный уровень:



Протоколы транспортного уровня реализованы
ТОЛЬКО на конечных устройствах.



UDP: User Datagram Protocol. RFC 768 (1980)

- UDP работает поверх IP.
- Не ориентирован на соединение.
- Не контролирует успешность доставки данных.
- Контрольная сумма рассчитывается для всего пакета, что позволяет обнаруживать ошибки в поле данных. Пакеты, данные которых были повреждены удаляются безвозвратно.
- Реализуется только на конечных узлах.
- Используется для передачи трафика, чувствительного к задержкам и мало чувствительного к потерям)

Структура заголовка UDP



Номера портов UDP: 7,9,11,13,15,17,19,37,42,43,53,67,68,69,88,111,123,161,162,512,513,514,525.

TCP: Transmission Control Protocol. RFC 793 (1981)

- TCP – работает поверх IP, ориентирован на соединение: перед началом передачи информации проверяет состояние порта удаленного узла.
- Для контроля за пересылкой данных использует перезапросы с узла-получателя (квитирование).
- Контрольная сумма рассчитывается для всего пакета, что позволяет обнаруживать ошибки в поле данных. Реализуется только на конечных узлах.
- Используется для передачи трафика, чувствительного к потерям.

Структура заголовка ТСР

4

8

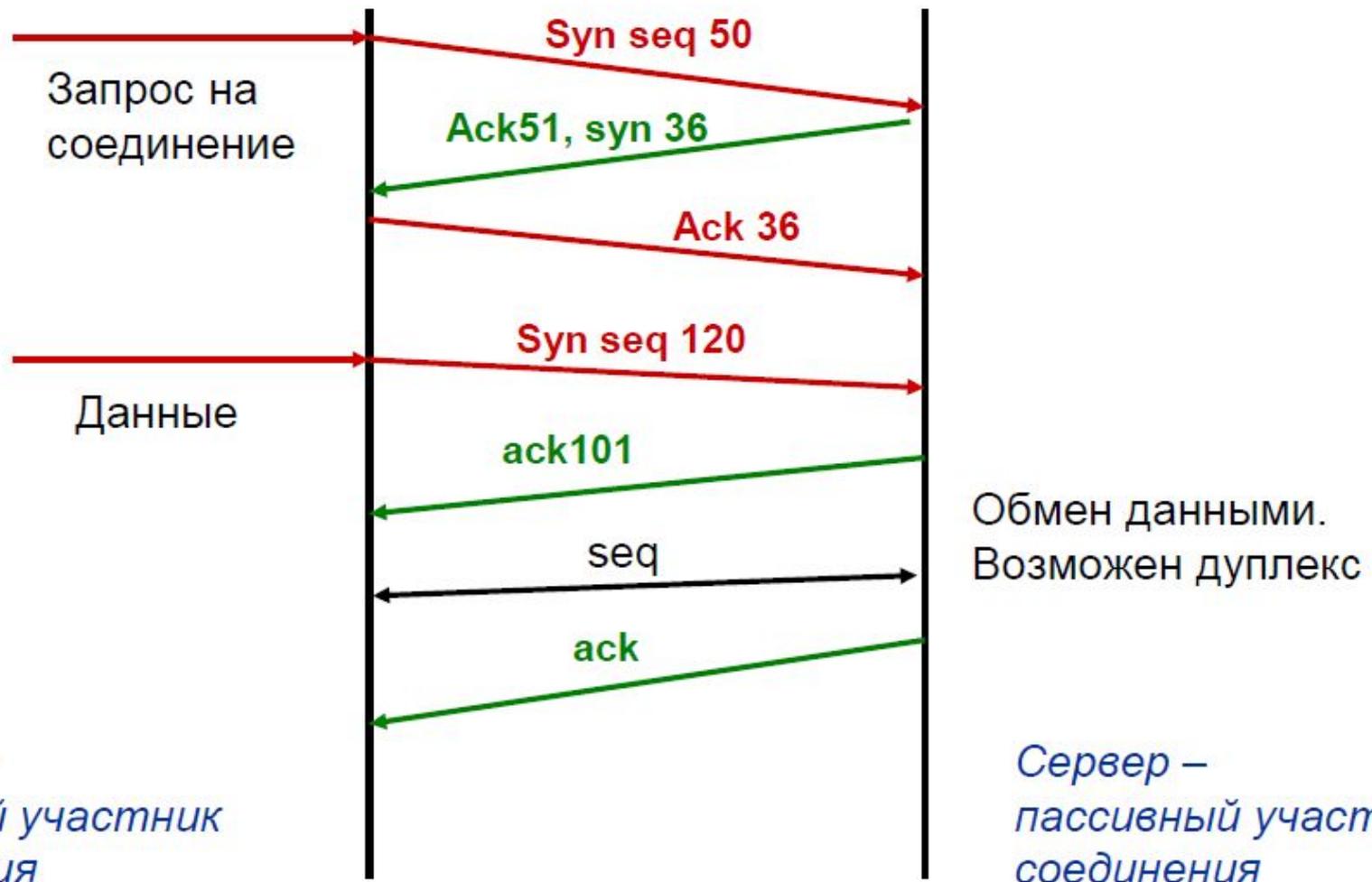
16

32 бита

| | | | |
|---|--------|-----------------|-------------|
| Порт отправителя | | Порт получателя | |
| Позиция сегмента (порядковый номер первого байта в сообщении) | | | |
| Первый ожидаемый байт | | | |
| Смещ. данных | Резерв | Флаги | Размер окна |
| Контрольная сумма пакета | | Срочность | |
| Опции и заполнитель | | | |

Установка и закрытие соединения

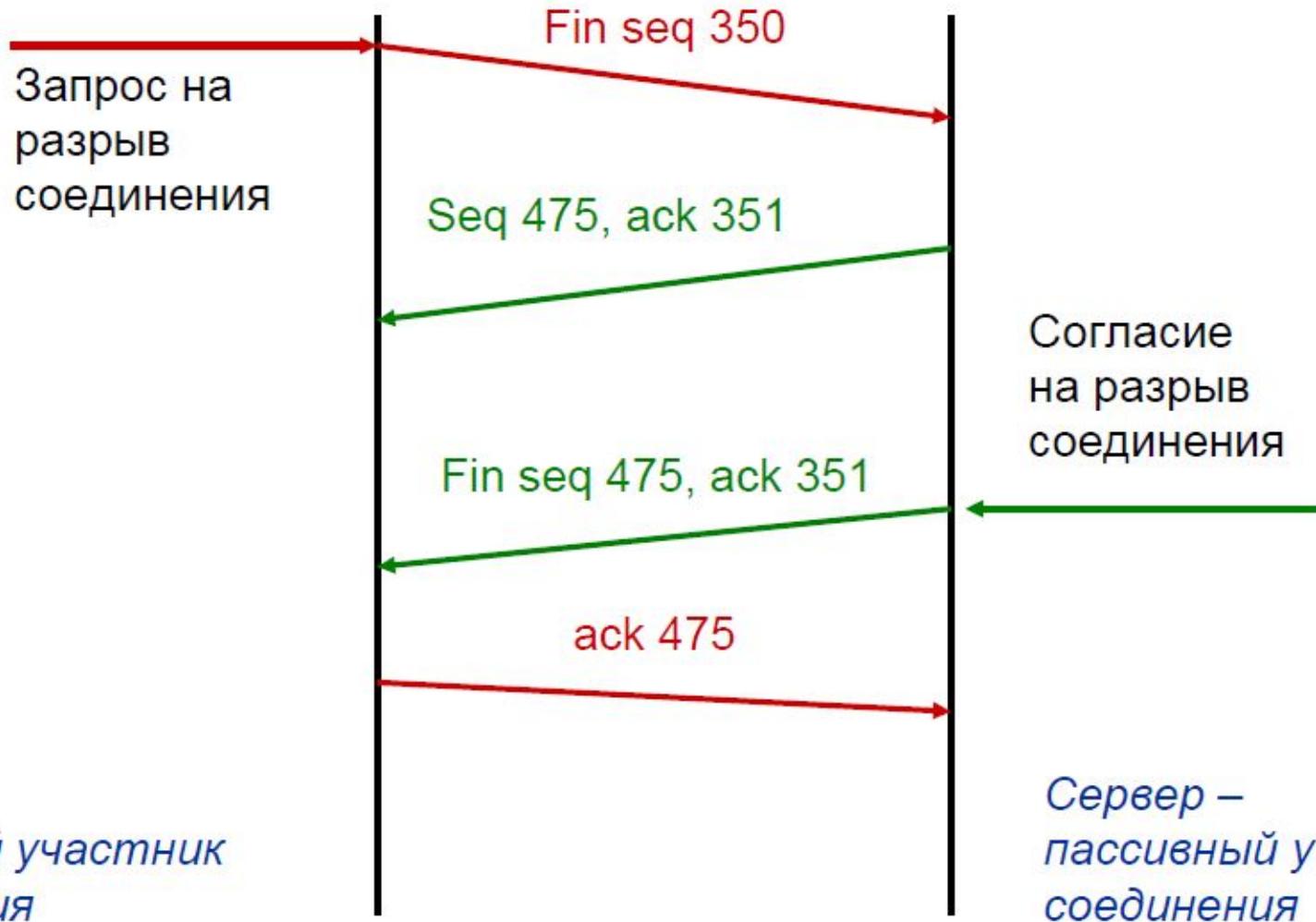
1. Установка соединения



Клиент – активный участник соединения

Сервер – пассивный участник соединения

2. Закрытие соединения



Сеансовый уровень

▣ **Сеансовый уровень (session layer)** управляет взаимодействием сторон:

- ▣ 1 - фиксирует, какая из сторон является активной в данный момент;
- ▣ 2 – предоставляет средства синхронизации сеанса.

Эти средства позволяют в ходе длинных передач сохранять информацию о состоянии этих передач в виде контрольных точек, чтобы в случае отказа можно было вернуться назад к последней контрольной точке, а не начинать все сначала.

Функции этого уровня часто объединяют с функциями прикладного уровня и реализуют в одном протоколе.

Уровень представления

- **Уровень представления (presentation layer)** обеспечивает представление передаваемой по сети информации, не меняя при этом её содержания.
- За счет данного уровня информация, передаваемая прикладным уровнем одной системы, всегда понятна прикладному уровню другой системы.

Уровень представления

□ На этом уровне могут выполняться шифрование и дешифрирование данных, благодаря которым секретность обмена данными обеспечивается сразу для всех прикладных служб.

□ **Примечание**

Примером такого протокола является протокол SSL (Secure Socket Layer — слой защищенных сокетов), который обеспечивает секретный обмен сообщениями для протоколов прикладного уровня.

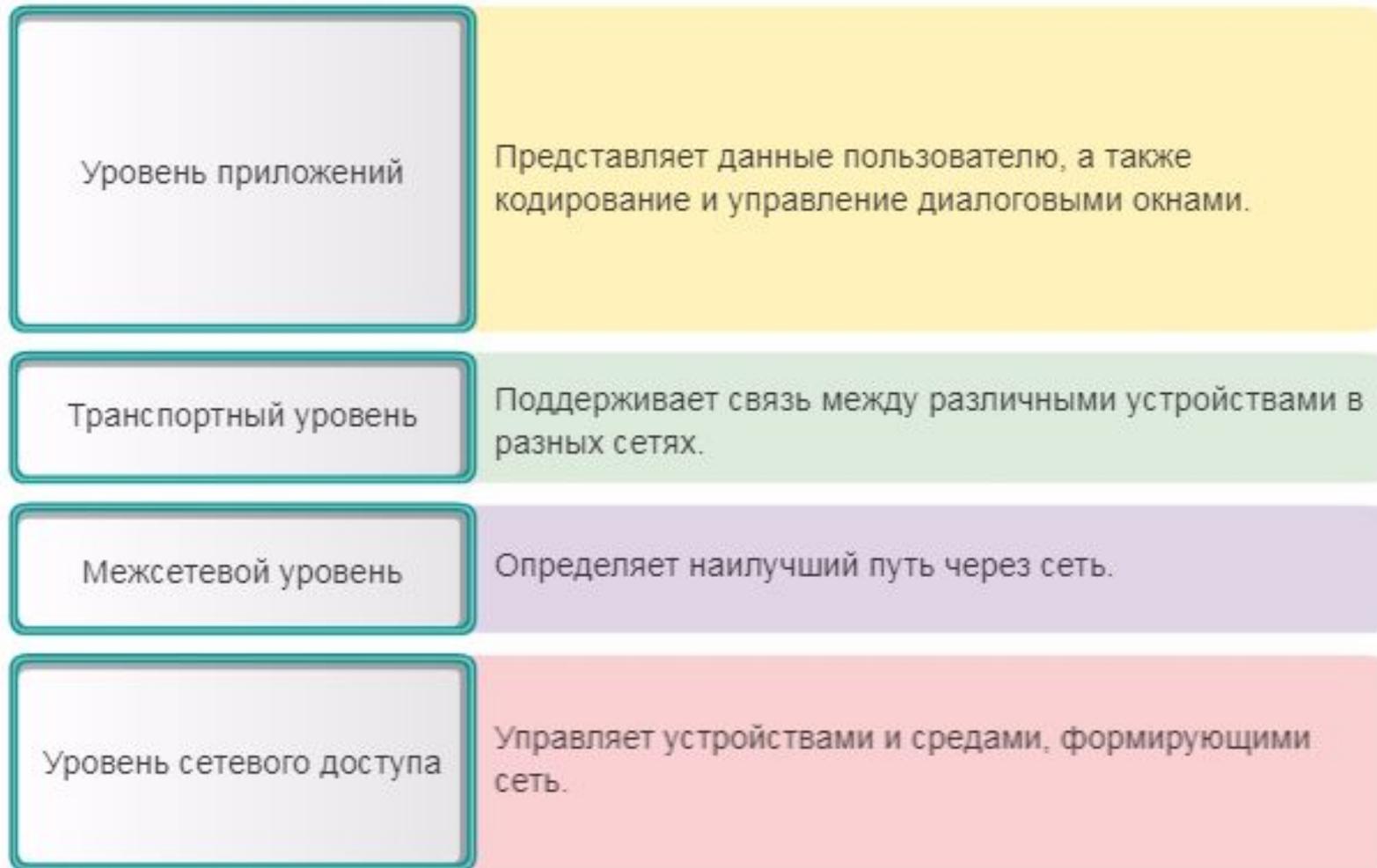
Прикладной уровень

- **Прикладной уровень (application layer)** – это набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети получают доступ к общим ресурсам (файлам, принтерам, веб-страницам), а также организуют свою совместную работу.
- **Единица данных прикладного уровня называется сообщением.**

Прикладной уровень

- Существует очень большое разнообразие протоколов и соответствующих служб прикладного уровня. К наиболее распространённым протоколам относятся:
 - протоколы доступа к файлам NFS, FTP, SMB, NCP;
 - почтовые протоколы SMTP, IMAP, POP3;
 - протокол передачи гипертекстовых сообщений HTTP.

Модель TCP/IP



Модель TCP/IP

- Протокольная модель сетевого взаимодействия TCP/IP была создана в начале 70-х годов и нередко называется моделью сети Интернет.
- Архитектура протоколов TCP/IP построена на основе этой модели. Поэтому модель сети Интернет обычно называют моделью TCP/IP.

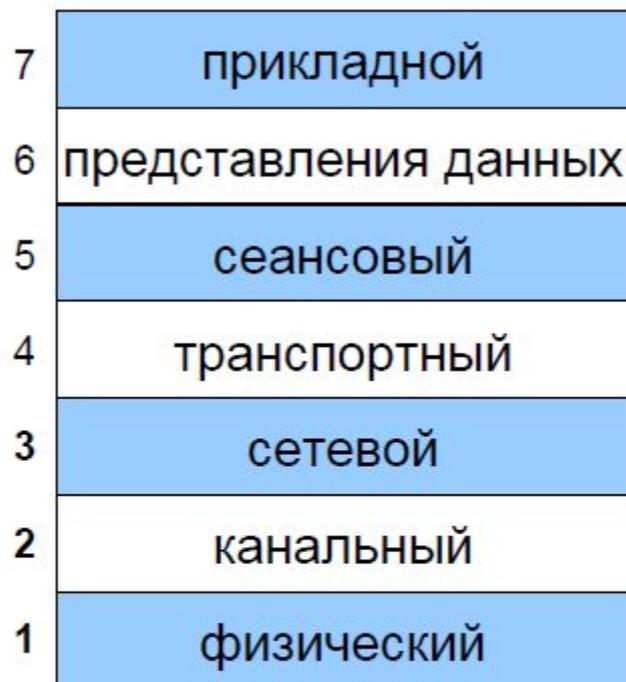
Модель TCP/IP

- Определения и протоколы TCP/IP рассматриваются на общедоступном форуме и определяются в общедоступных стандартах RFC.
- RFC содержат как официальные технические характеристики протоколов обмена данными, так и ресурсы, описывающие применение протоколов.
- RFC также содержат технические и организационные документы, касающиеся сети Интернет, в том числе техническую информацию и документы о политиках, составляемых организацией IETF.

Сравнение моделей OSI и TCP/IP



Модель ISO/OSI



Модель TCP/IP



Примеры протоколов

HTTP, DNS,
SMTP, POP3,
FTP и т.д.

TCP, UDP

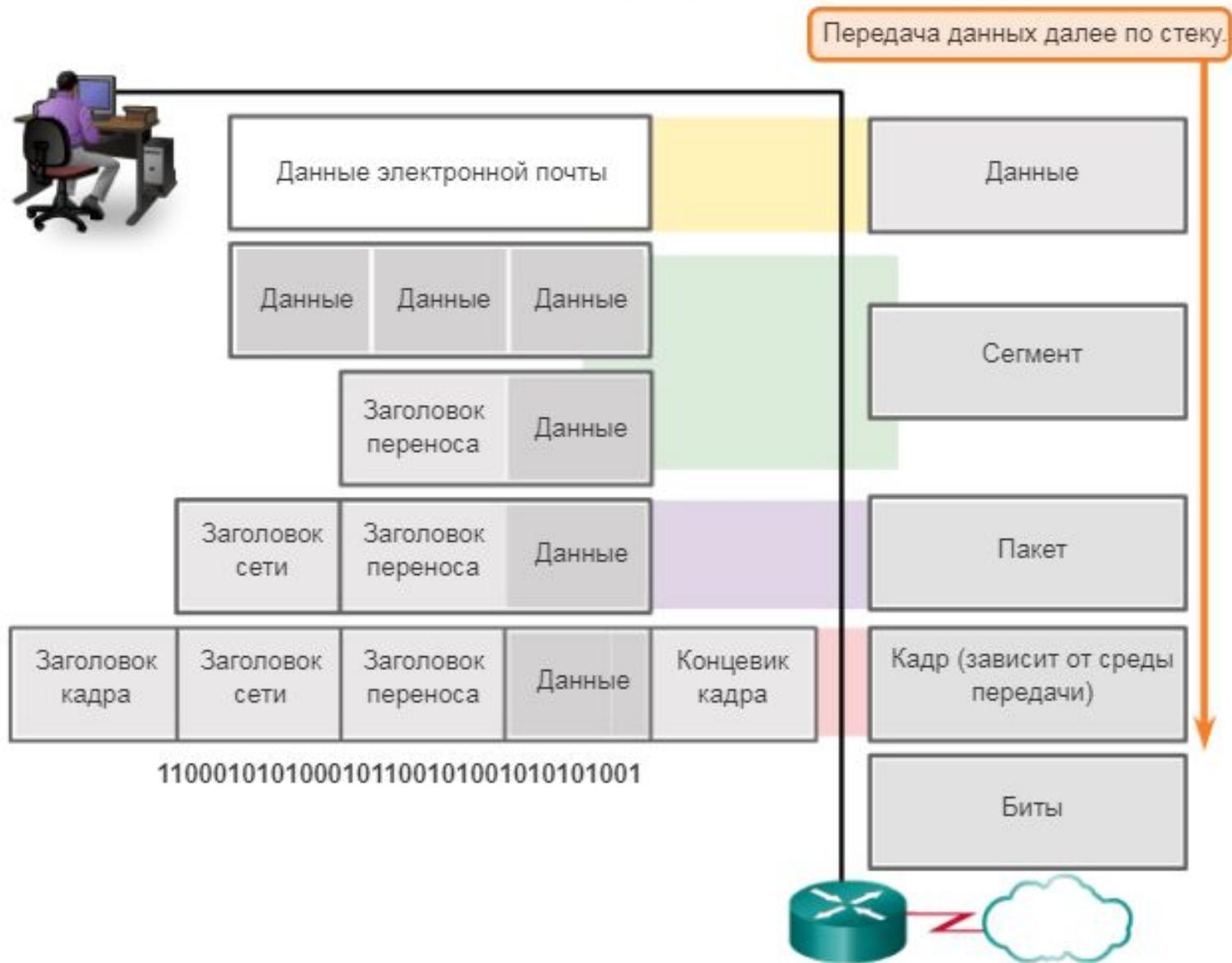
IP

Любые сетевые
технологии

TCP/IP – название стека протоколов, также используется как название технологии.

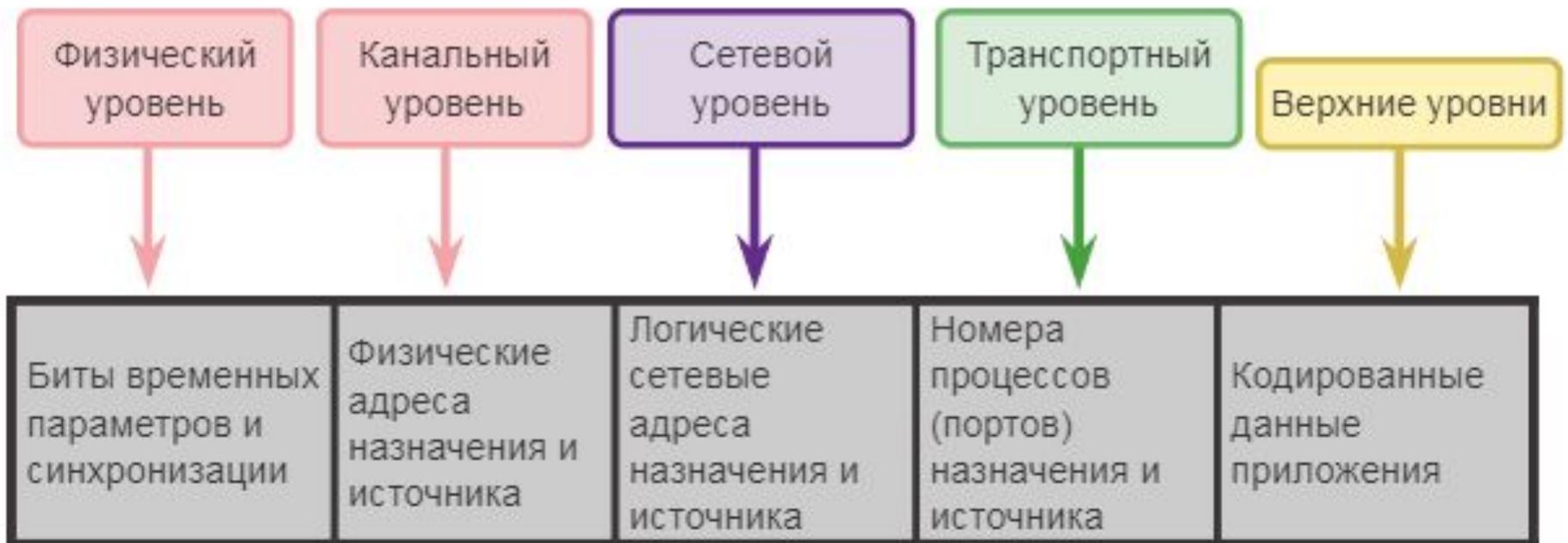
Протокольные блоки данных

Инкапсуляция



Доступ к локальным ресурсам

Сетевые адреса и адреса канала передачи данных



Сетевой адрес

- Логический адрес сетевого уровня (уровень 3) содержит информацию, необходимую для доставки IP-пакета между устройствами.
- IP-адрес уровня 3 имеет **две части**:
 - **префикс сети;**
 - **узловую часть.**

Префикс сети используется маршрутизаторами, чтобы передать пакет в соответствующую сеть.

Узловая часть используется последним маршрутизатором для доставки пакета к устройству назначения.

Сетевой адрес

- IP-пакет содержит два IP-адреса:
- **IP-адрес источника** — IP-адрес отправляющего устройства.
- **IP-адрес назначения** — IP-адрес принимающего устройства. IP-адрес назначения используется маршрутизаторами для передачи пакета к месту назначения.

Адрес канала передачи данных

- Назначение адреса канала передачи данных (уровень 2) — доставлять кадр канала передачи данных с одного сетевого интерфейса на другой в одной и той же сети.
- Прежде чем IP-пакет можно будет отправить по проводной или беспроводной сети, его необходимо инкапсулировать в кадр канала передачи данных для последующей передачи по физической среде реальной сети.

Адрес канала передачи данных

- IP-пакет инкапсулируется в кадр канала передачи данных для доставки в сеть назначения.
- Добавляются адреса канального уровня источника и назначения.
- **Адрес канального уровня источника** — физический адрес устройства, отправляющего пакет. Первоначально им является NIC источника IP-пакета.
- **Адрес канального уровня назначения** — физический адрес сетевого интерфейса либо следующего маршрутизатора, либо интерфейса устройства назначения.

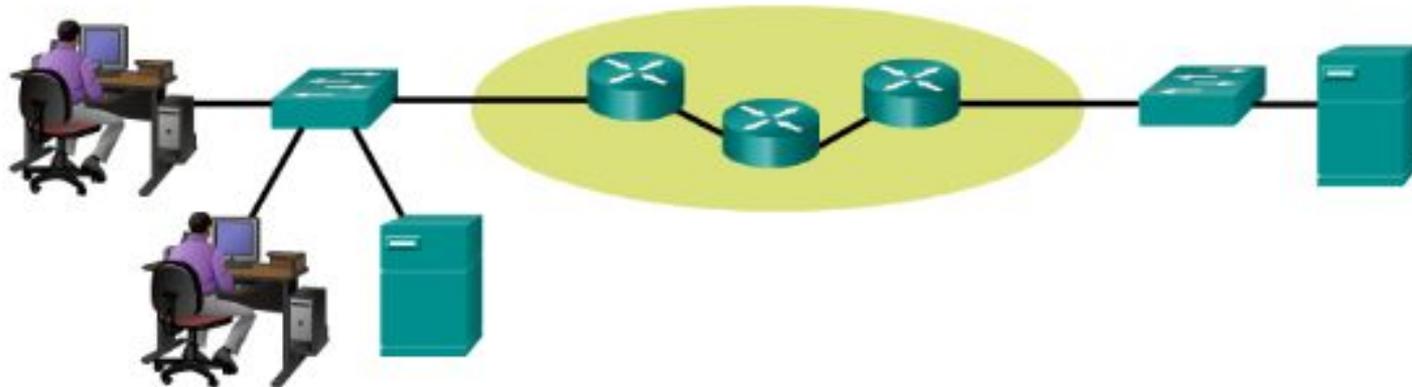
Обмен данными с помощью устройства в одной сети



ПК1

192.168.1.110

0A-AA-AA-AA-AA-AA



FTP-сервер

192.168.1.9

0C-CC-CC-CC-CC-CC

Обмен данными с помощью устройства в одной сети

- **IP-адрес источника** — IP-адрес устройства-отправителя, клиентский компьютер ПК1: 192.168.1.110.
- **IP-адрес назначения** — IP-адрес принимающего устройства, FTP-сервер: 192.168.1.9.

Обмен данными с помощью устройства в одной сети

- ▣ **MAC-адрес источника** — это адрес канального уровня, или MAC-адрес Ethernet устройства, отправляющего IP-пакет, ПК1. MAC-адрес сетевой интерфейсной платы Ethernet (NIC) ПК1: 0A-AA-AA-AA-AA-AA.
- ▣ **MAC-адрес назначения** — адрес канального уровня принимающего устройства, если получающее устройство находится в той же сети, что и устройство-отправитель. В этом примере MAC-адрес получателя — MAC-адрес FTP-сервера: 0C-CC-CC-CC-CC-CC.

Самостоятельная работа

- 1. Можно ли представить еще один вариант модели взаимодействия открытых систем с другим количеством уровней, например 8 или 5?
- 2. Какие из приведенных утверждений не всегда справедливы? Варианты ответов:
 - а) протокол — это стандарт, описывающий правила взаимодействия двух систем;
 - б) протокол — это формализованное описание правил взаимодействия, включая последовательность обмена сообщениями и их форматы;
 - в) логический интерфейс — это формализованное описание правил взаимодействия, включая последовательность обмена сообщениями и их форматы.

Самостоятельная работа

- 3. Пусть на двух компьютерах установлено идентичное программное и аппаратное обеспечение, за исключением того, что драйверы сетевых адаптеров Ethernet поддерживают разные интерфейсы с протоколом сетевого уровня IP. Будут ли эти компьютеры нормально взаимодействовать, если их соединить в сеть?
- 4. Какое минимальное количество уровней протоколов (в терминах модели OSI) должны поддерживать маршрутизаторы сетей с коммутацией пакетов?

Самостоятельная работа

- **5.** Что стандартизирует модель OSI?
- **6.** На каком уровне модели OSI работает прикладная программа?
- **7.** Как вы считаете, протоколы транспортного уровня устанавливаются:
 - а) только на конечных узлах;
 - б) только на промежуточном коммуникационном оборудовании (маршрутизаторах);
 - в) и там, и там.
- **8.** На каком уровне модели OSI работают сетевые службы?

Самостоятельная работа

- **9.** Назовите известные вам организации, работающие в области стандартизации компьютерных сетей.
- **10.** Какие из перечисленных терминов являются синонимами?
 - а) стандарт;
 - б) спецификация;
 - в) RFC;
 - г) все;
 - д) никакие.

Самостоятельная работа

- II. К какому типу стандартов могут относиться документы RFC:
- а) к стандартам отдельных фирм;
- б) к государственным стандартам;
- в) к национальным стандартам;
- г) к международным стандартам.