

Модель ISO/OSI

Модель ISO/OSI

История

- До разработки стандарта крупные компании (IBM, Honeywell, Digital и др.) имели закрытые реализации для соединения компьютеров, и приложения, работающие на платформах от различных поставщиков, не имели возможности обмениваться данными через сеть
- В 1978 г. Международная организация по стандартизации (International Standards Organization, ISO) приняла модель сетевой системы, называемую Open Systems Interconnection (OSI) Reference Model – рекомендуемая модель взаимодействия открытых систем



Модель ISO/OSI

Основные особенности

- Является стандартом передачи данных, позволяющим системам различных производителей устанавливать сетевые соединения
- Состоит из семи уровней со специфическим набором сетевых функций, определенных для каждого уровня, и включает описания межуровневых интерфейсов
- Определяет набор протоколов и интерфейсов для применения на каждом уровне



Модель ISO/OSI

Уровни



ISO/OSI Reference Model

Недостаточность

- Разработка и принятие стандарта – это первый шаг по обеспечению взаимодействия различных систем
- Практическим решением является разработка единого стека протоколов или совместимых стеков протоколов
 - Существует стек протоколов OSI (мало популярен)
 - Прикладные стандарты (и протоколы) можно с высокой долей независимости разрабатывать для отдельных уровней модели
 - К настоящему моменту существуют общепринятые архитектуры и стеки протоколов (TCP/IP)



Физический уровень

- Физический уровень имеет дело с передачей битов по физическим каналам
- Физический уровень определяет характеристики физической среды передачи данных, используемых физических сигналов, метод кодирования данных, а также способ подключения к среде передачи

Физический уровень

Характеристики среды передачи

- Тип среды (электропроводящий кабель, оптический кабель, радиоэфир, ...)
- Полоса пропускания
- Помехозащищенность
- Волновое сопротивление
- ...



Физический уровень

Метод кодирования

- Метод кодирования определяет
 - как получатель распознает момент прихода начала и конца кадра (кадр – пакет канального уровня)
 - как получатель распознает начало завершение поступления битов данных кадра
 - какие сигналы кодируют двоичную информацию



Физический уровень

Метод кодирования



Канальный уровень

- Канальный уровень обеспечивает безошибочную передачу кадров данных от одного устройства к другому через физический уровень
- Пакеты канального уровня называются **кадрами (frame)**

Канальный уровень

Функции

- Последовательная передача и прием кадров
- Управление доступом к среде передачи
- Безошибочная передача кадров
- Подтверждение и ожидание подтверждения приема кадров
- Установление и разрыв сетевого соединения
- Контроль трафика
- Анализ адреса получателя вышележащего уровня и доставка данных вышележащему протоколу



Канальный уровень

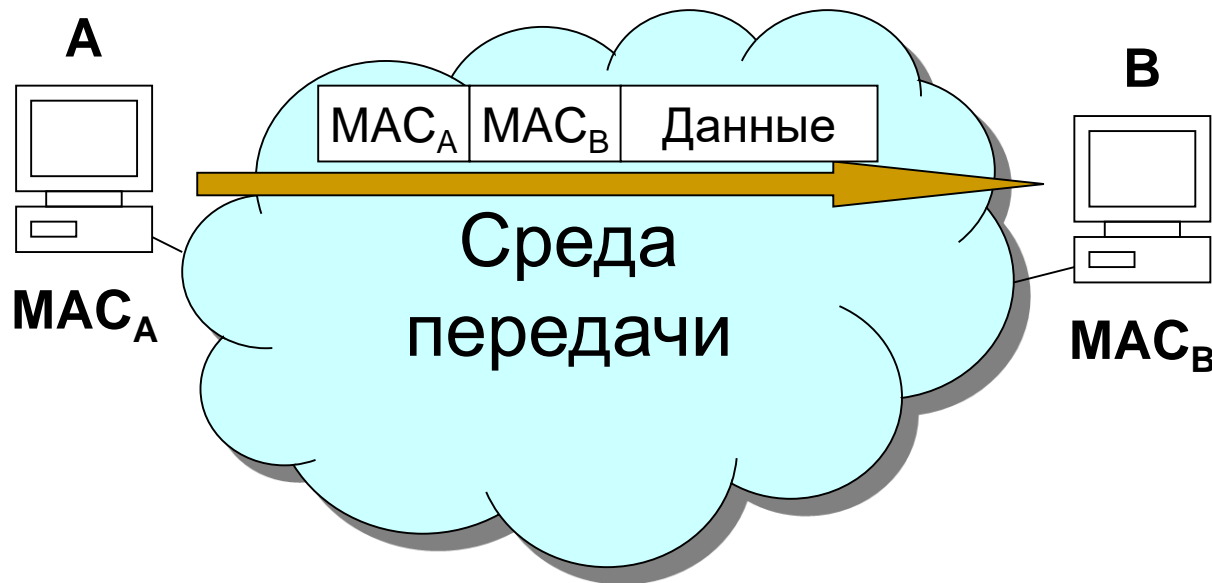
Передача и прием кадров...



- Канальный уровень представляет устройство, выполняющее передачу и прием физического сигнала, например, сетевой адаптер
- Устройство канального уровня должно иметь уникальный в сети адрес канального уровня – MAC-адрес (MAC – Media Access Control)

Канальный уровень

Передача и прием кадров



- Кадр обычно содержит MAC-адрес отправителя и MAC-адрес получателя

Канальный уровень

Управление доступом к среде передачи



- Если несколько устройств используют одну среду передачи, необходимо согласовывать доступ к разделяемой среде для исключения наложения передаваемого сигнала

Канальный уровень

Безошибочная передача кадров

- Для обеспечения безошибочной передачи на источнике вычисляется CRC (Cyclical Redundancy Check) кадра и записывается в его трейлер
- На приемнике CRC пересчитывается, и в случае несовпадения со значением в трейлере кадра кадр считается поврежденным и уничтожается
- Вероятность совпадения значения CRC в поврежденном кадре, как правило, невелика (например, в Ethernet – 2^{-32})



Канальный уровень

Подтверждение приема кадров



- На канальном уровне может быть реализовано подтверждение приема кадров и повторная передача кадра источником в случае отсутствия такого подтверждения

Канальный уровень

Примеры

- Примерами протоколов канального уровня являются
 - Технология Ethernet
 - Технология Token Ring
 - Технология FDDI
 - ...



Канальный уровень

Примеры

- **Ethernet** - стандарт, описывающий подключение к локальным сетям через кабель (различные кабели). Существуют различные стандарты Ethernet, отличающиеся по скорости работы.



Канальный уровень

Примеры

- **MAC-адрес** - уникальный идентификатор устройства на втором уровне модели OSI. С **MAC-адресами** работают коммутаторы



Канальный уровень

Примеры

- **Коммутатор** (или как его называют свич) - устройство, которое работает на втором уровне модели OSI. Свич оперирует с MAC - адресами и в корпоративных сетях; именно в него подключаются оконечные устройства (компьютеры, МФУ и прочее).



Сетевой уровень



- Сетевой уровень определяет, какой физический путь должны пройти данные, основываясь на состоянии сети, приоритете сервиса и других факторах
- Сетевой уровне обеспечивает передачу данных между сетевыми устройствами

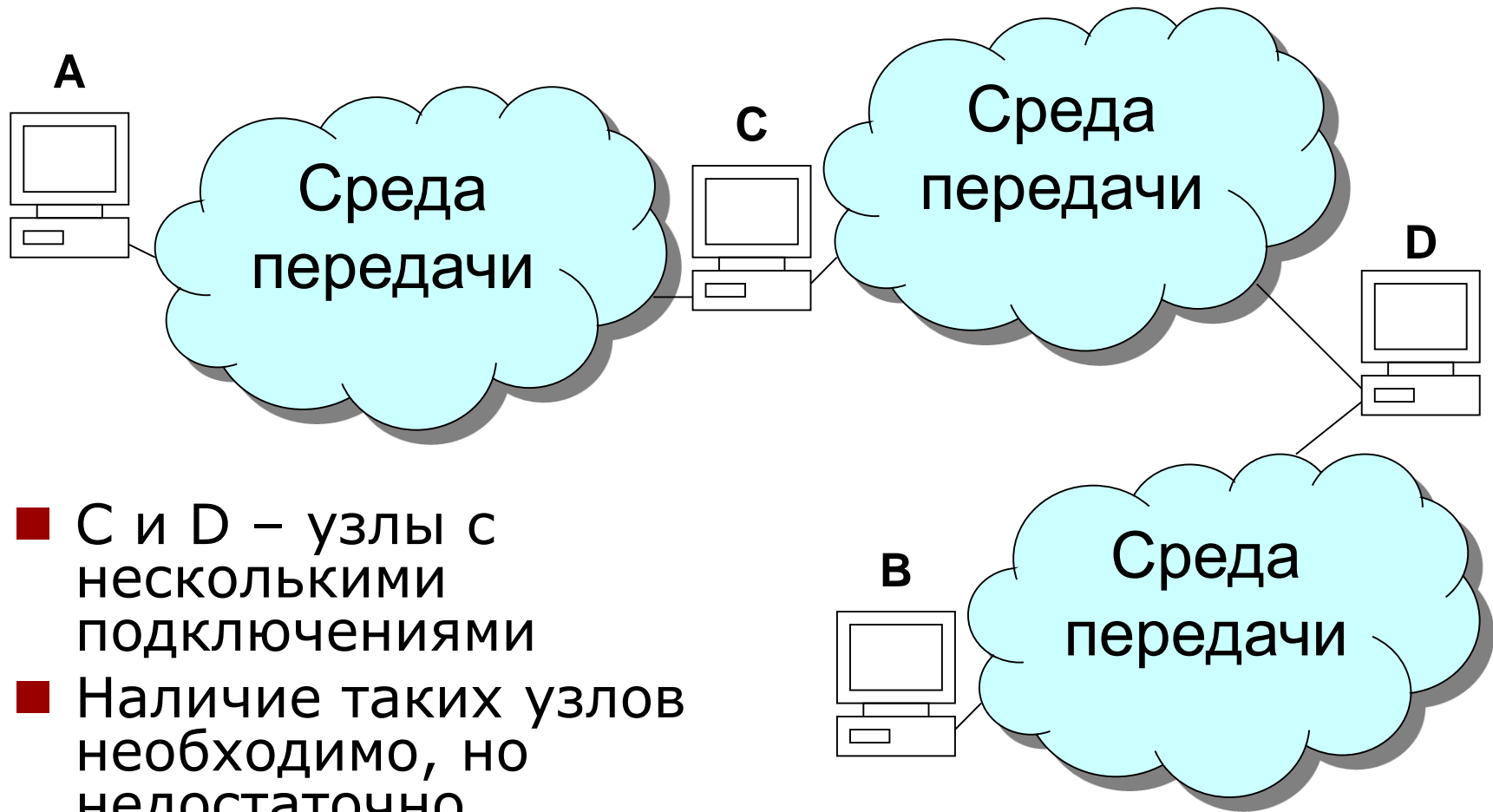
Сетевой уровень



■ Как доставить пакет от узла А узлу В?



Сетевой уровень



Сетевой уровень

Маршрутизатор

- Маршрутизатор - это устройство, которое собирает информацию о топологии межсетевых соединений и на ее основании выполняет продвижение пакетов сетевого уровня в направлении сети назначения
- Маршрут пакета представляет собой последовательность маршрутизаторов, через которые он проходит
- Переход пакета через среду передачи называется хопом (hop)



Сетевой уровень

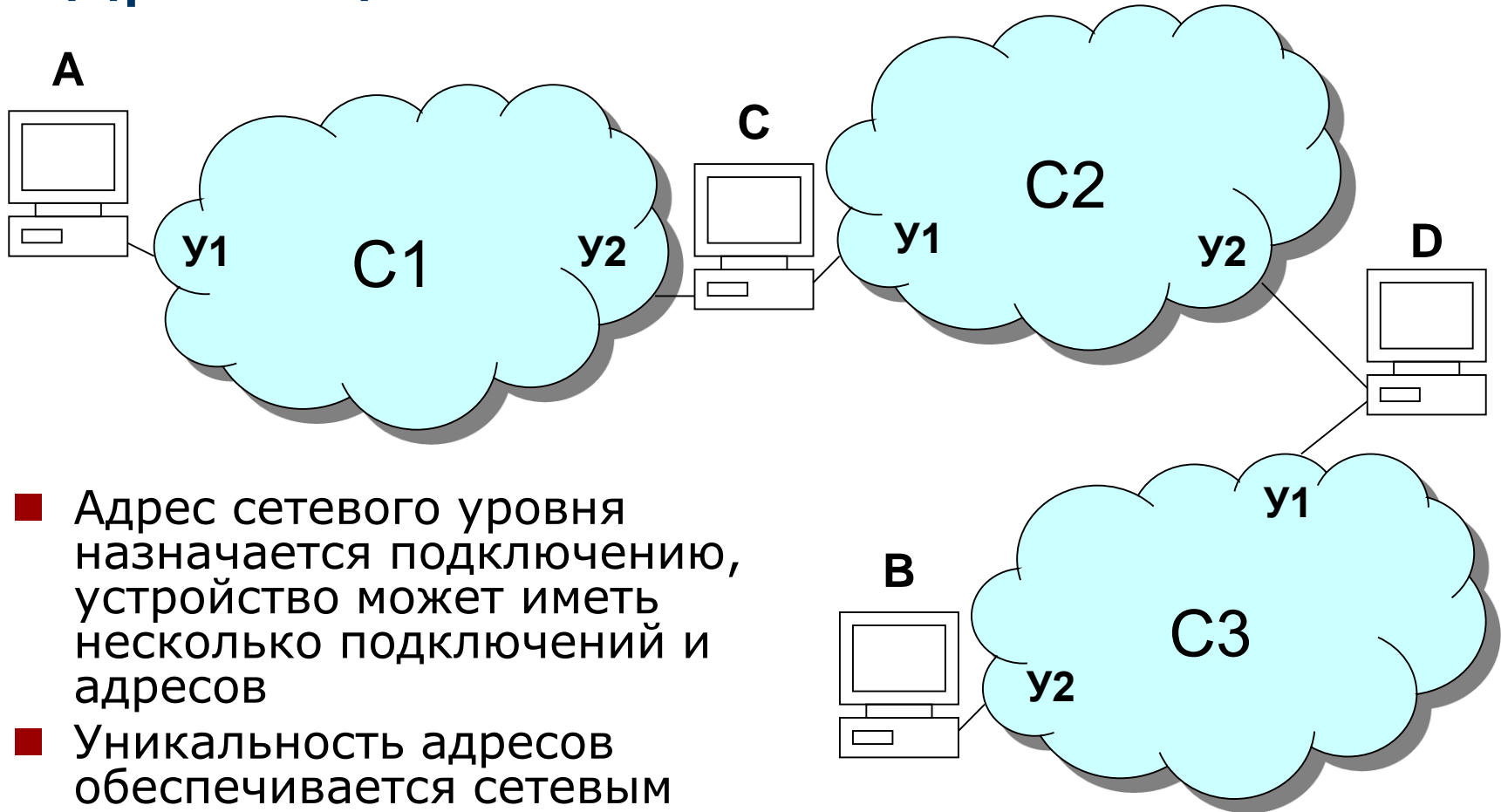
Адресация...

- На сетевом уровне определяются логические адреса, состоящие из двух компонент
 - Адрес сети – должен быть уникален
 - Адрес узла в сети – должен быть уникален в пределах сети



Сетевой уровень

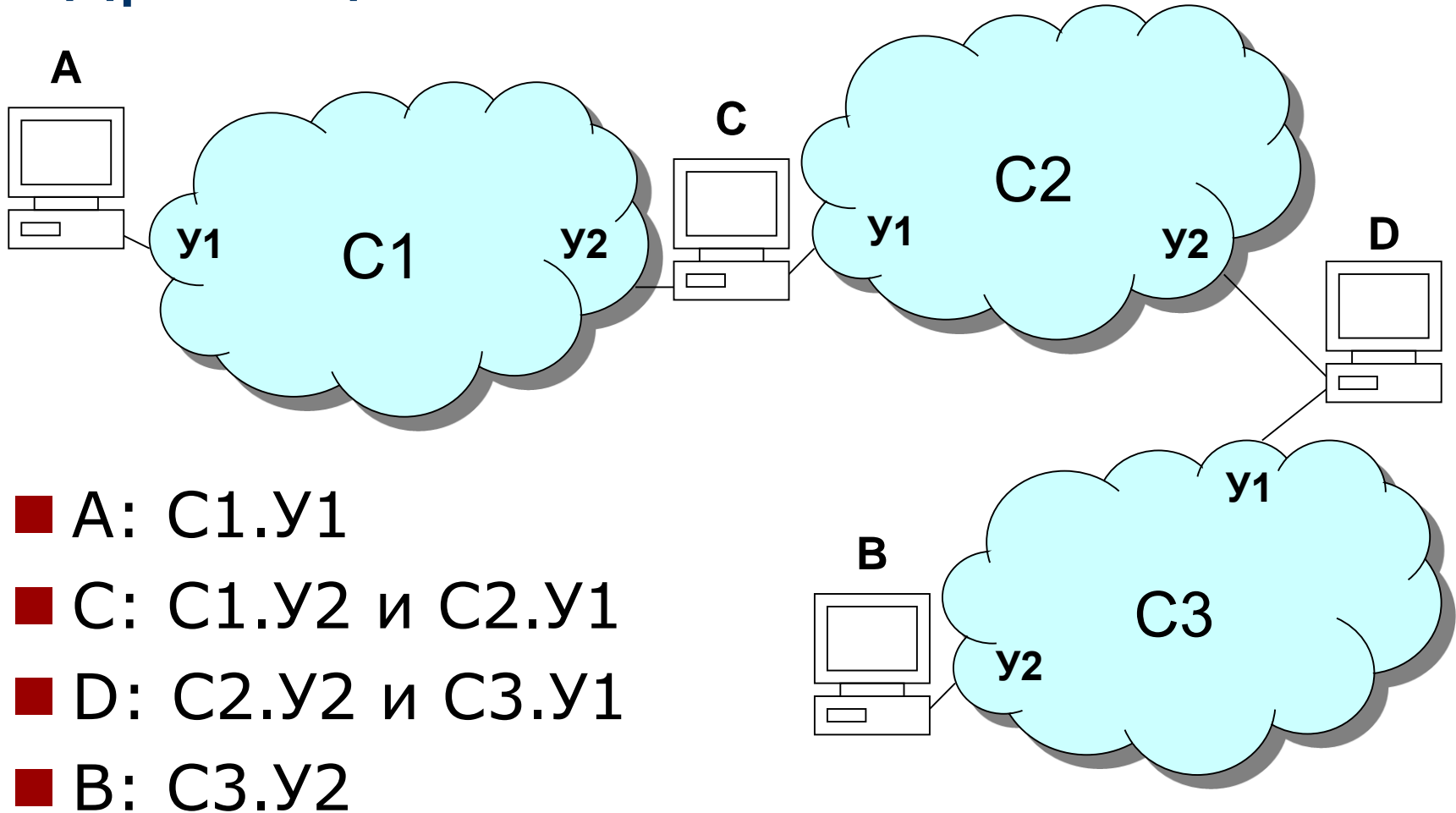
Адресация...



- Адрес сетевого уровня назначается подключению, устройство может иметь несколько подключений и адресов
- Уникальность адресов обеспечивается сетевым администратором

Сетевой уровень

Адресация



Сетевой уровень

Маршрутизация...

- **Таблица маршрутизации** содержит информацию о маршрутах в различные сети, позволяющую доставлять пакеты сетевого уровня
- Таблица маршрутизации имеется на каждом узле, и на разных узлах они различны



Сетевой уровень

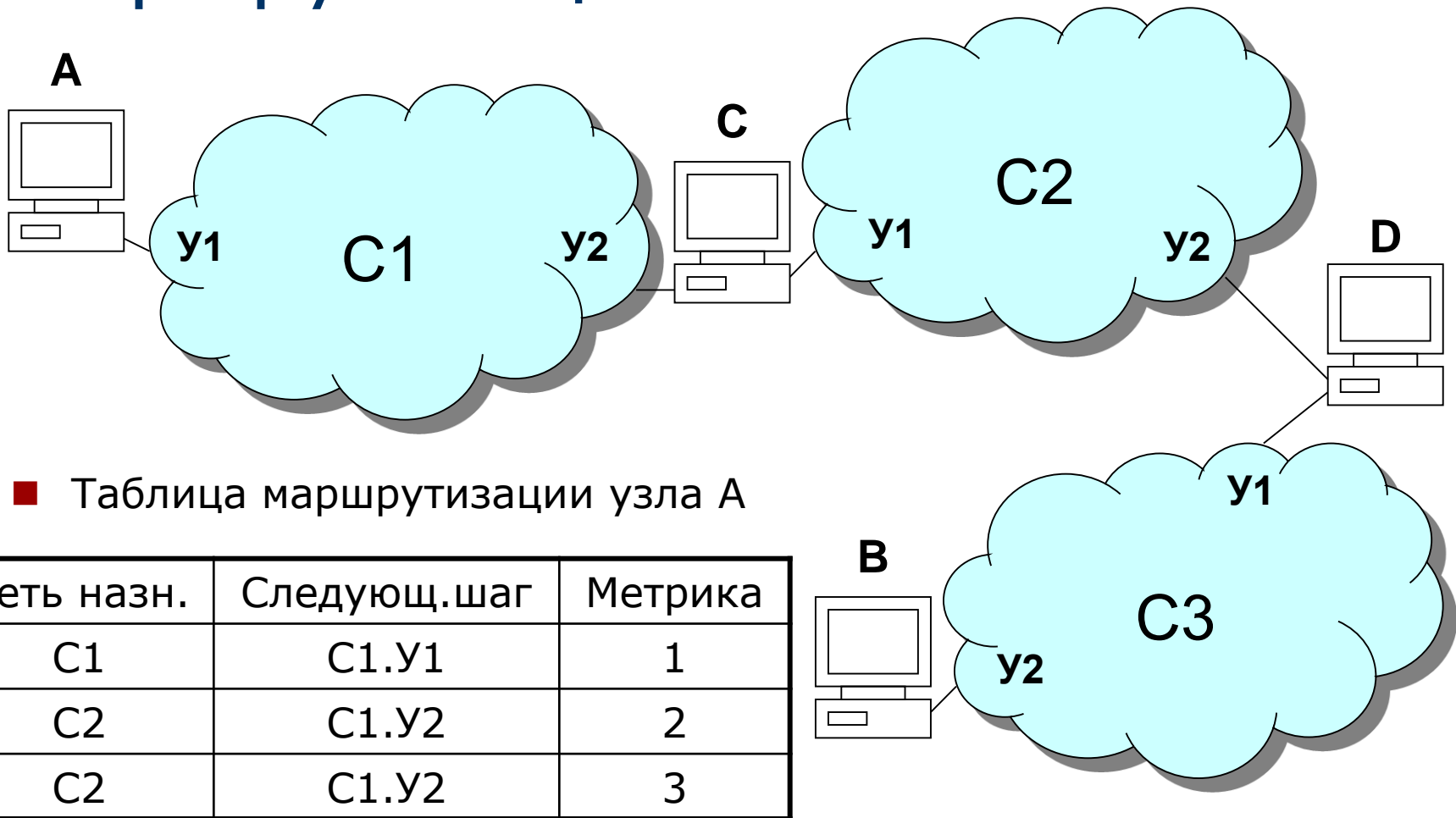
Маршрутизация...

- Таблица маршрутизации описывает множество маршрутов, для каждого из которых указываются
 - Сеть назначения
 - Какому узлу нужно передать пакет, чтобы он дошел до сети назначения ("следующий шаг")
 - Стоимость (метрика) маршрута



Сетевой уровень

Маршрутизация...



Сетевой уровень

Маршрутизация...

- Таблица маршрутизации может заполняться
 - Администратором вручную (статическая маршрутизация)
 - Автоматически программным обеспечением маршрутизации на основании информации, полученной от других маршрутизаторов (динамическая маршрутизация)



Сетевой уровень

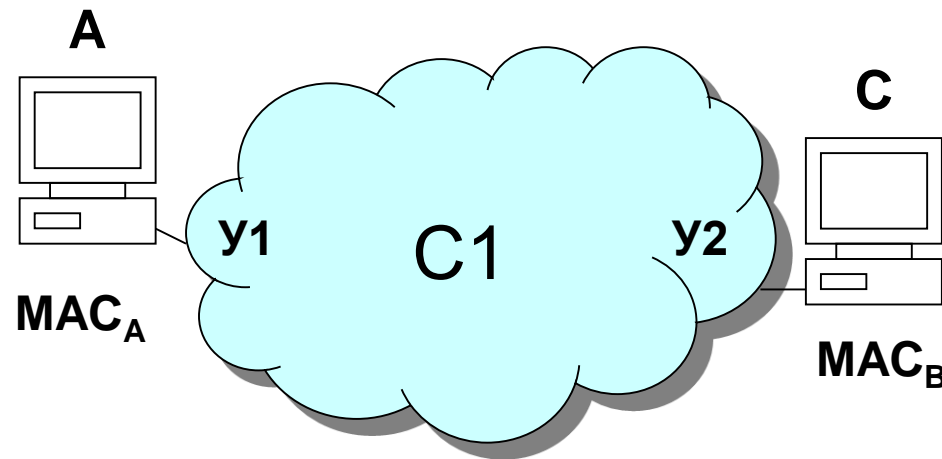
Функции

- Выбор маршрута и передача пакета получателю или следующему маршрутизатору
- Разрешение адресов сетевого уровня в адреса канального уровня
- Фрагментация пакетов
- Контроль трафика
- Сбор статистики



Сетевой уровень

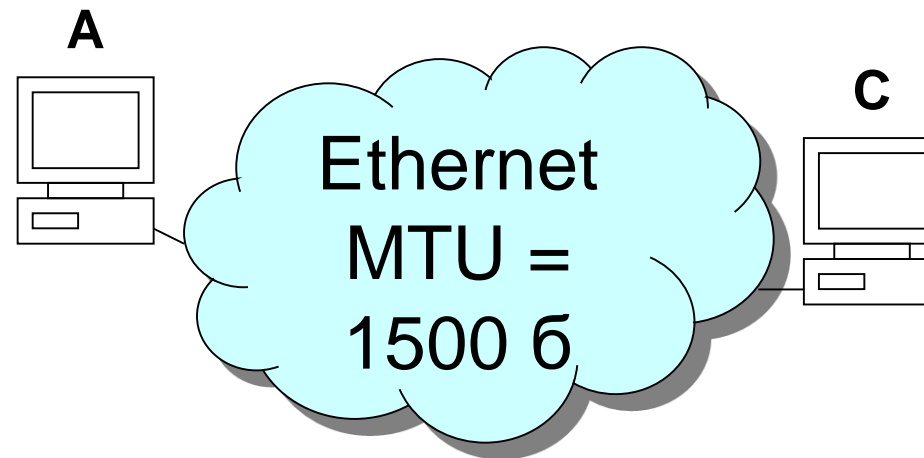
Разрешение адресов



- Если узел A (C1.Y1) хочет передать пакет по сетевому адресу C1.Y2 из своей сети, для выполнения передачи на канальном уровне необходимо узнать MAC-адрес узла с сетевым адресом C1.Y2
- Для решения данной задачи существуют специальные протоколы разрешения адресов

Сетевой уровень

Фрагментация пакетов



- Протокол канального уровня, как правило, ограничивает максимальный размер кадра (MTU – Maximum Transmission Unit)
- Протокол сетевого уровня накладывает другие ограничения на размер своих пакетов
- Если пакет сетевого уровня не может быть передан в одном кадре, он разбивается на несколько фрагментов, каждый из которых помещается в кадр, фрагменты передаются независимо и собираются в исходный кадр на получателе
- Каждый фрагмент является пакетом сетевого уровня и при необходимости может быть тоже разбит на фрагменты

Сетевой уровень

Примеры

- Примерами протоколов сетевого уровня являются
 - Протокол IP стека TCP/IP
 - Протокол IPX стека Novell



Сетевой уровень

Примеры

- IP-адрес - уникальный **внутри подсети** идентификатор устройства третьего уровня модели OSI. Сейчас его больше всего четвертой версии, но мир идет в сторону IPv6 (шестая версия).



Сетевой уровень

Примеры

- **ICMP**, Internet Control Message Protocol это протокол третьего **уровня** модели OSI, который используется для диагностики проблем со связностью в сети. Говоря простым языком, **ICMP** помогает определить может ли достичь пакет адреса назначения в установленные временные рамки.



Сетевой уровень

Примеры

- **Ping** – это самый базовый инструмент инженера, который позволяет понять "А жив ли хост?"
Работает по протоколу ICMP.



Сетевой уровень

Примеры

- **LAN - Local Area Network** или просто ЛВС локальная вычислительная сеть - локалка. Она бывает домашняя на 5-6 человек, а бывает офисная на 50 человек. LAN покрывает небольшую зону: квартиру, помещение, пару этажей или здание.
- **WAN (Wide Area Network)** - это глобальная вычислительная сеть, которая не ограничена географической локацией - квартира, этаж или здание. В контексте **домашнего** использования - **WAN** разъем вашего роутера в квартире, это порт, из которого идет провод к оборудованию провайдера.



Транспортный уровень

- Транспортный уровень обеспечивает вышележащим уровням стека (или приложениям) передачу данных с той степенью надежности, которая им требуется

Транспортный уровень

Мультиплексирование...



- Доставку пакетов между устройствами через интернет обеспечивает сетевой уровень
- Транспортный уровень обеспечивает доставку сообщений между программными компонентами (например, приложениями, сервисами или протоколами сеансового уровня)

Транспортный уровень

Мультиплексирование



- Мультиплексирование – это создание нескольких логических каналов связи на основе одного физического
- Для организации мультиплексирования необходимо задавать адреса программных компонент вышележащих уровней, тогда адресом модуля будет пара "Сетевой адрес устройства + Адрес программного модуля"
 - Например, в TCP/IP для этого используется механизм портов и адреса вида IP-адрес:Порта

Транспортный уровень

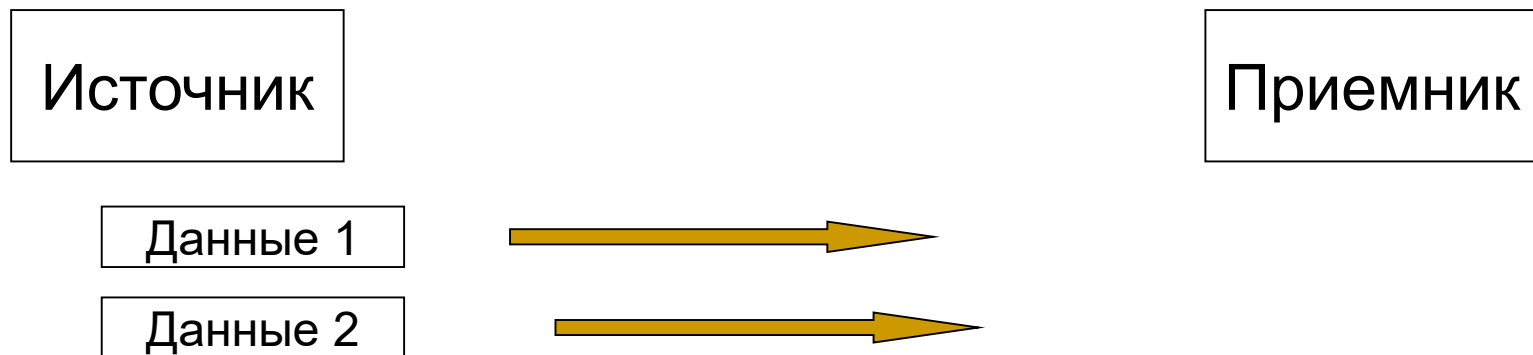
Типы сервиса

- Существует 2 типа сервиса
 - Датаграммный сервис предоставляет возможность ненадежной доставки
 - Сервис, ориентированный на соединение, используется для надежной доставки данных
- Надежная доставка гарантирует передачу данных
 - без потерь
 - без повторений
 - с сохранением порядка следованиялибо информирование о невозможности такой доставки



Транспортный уровень

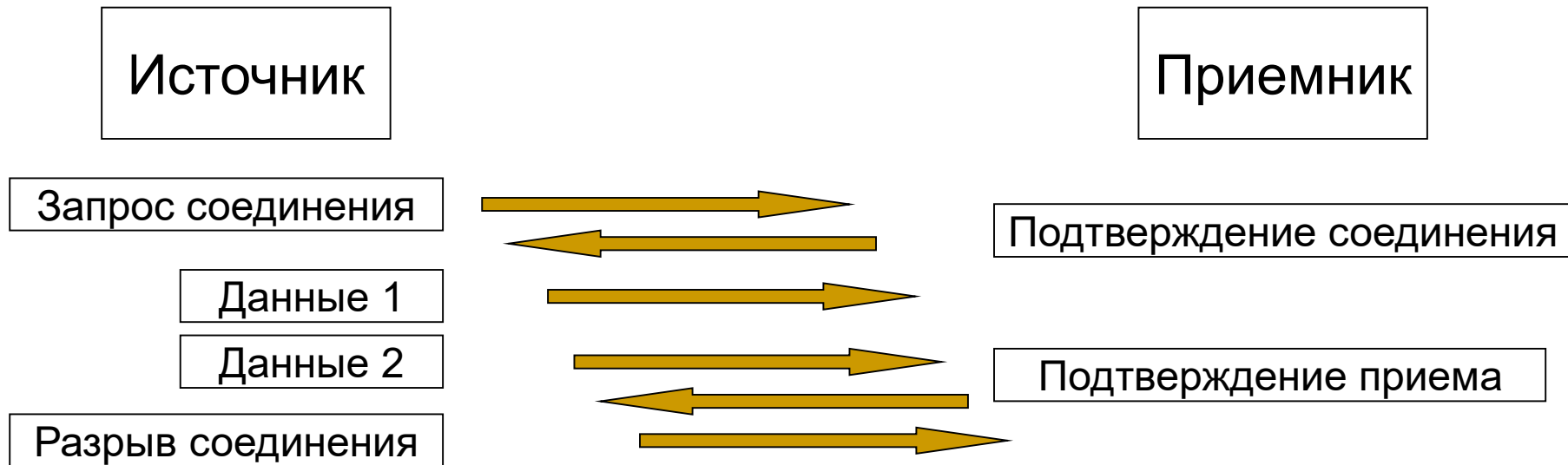
Датаграммный сервис



- Датаграммный сервис выполняет попытку доставки данных, не интересуясь результатом и не докладывая о результате доставке

Транспортный уровень

Сервис, ориентированный на соединение



- Сервис, ориентированный на соединение работает в три этапа
 - Установление соединения
 - Надежная передача данных, основанная на подтверждениях
 - Разрыв соединения (по инициативе любой стороны)



Транспортный уровень

Мультиплексирование



- При использовании сервиса транспортного уровня, ориентированного на соединение, между программными модулями создается "логическое соединение", и транспортный протокол обеспечивает четкое определение принадлежности каждого пакета "своему" логическому соединению
- Два программных модуля могут установить между собой несколько независимых логических соединений

Транспортный уровень

Функции

- Прием сообщений с вышележащего уровня и разбивка их на пакеты
- Надежная доставка
- Исправление ошибок (аналогично канальному уровню)
- Мультиплексирование потоков сообщений
- Контроль трафика



Транспортный уровень

Примеры

- **TCP И UDP.** Оба термина относятся к **транспортному** уровню модели OSI и являются транспортными протоколами. TCP - надежный и проверяет доставку - подходит для чувствительного к потерям трафика, а UDP допускает потерю данных.



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 дешифрование 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.

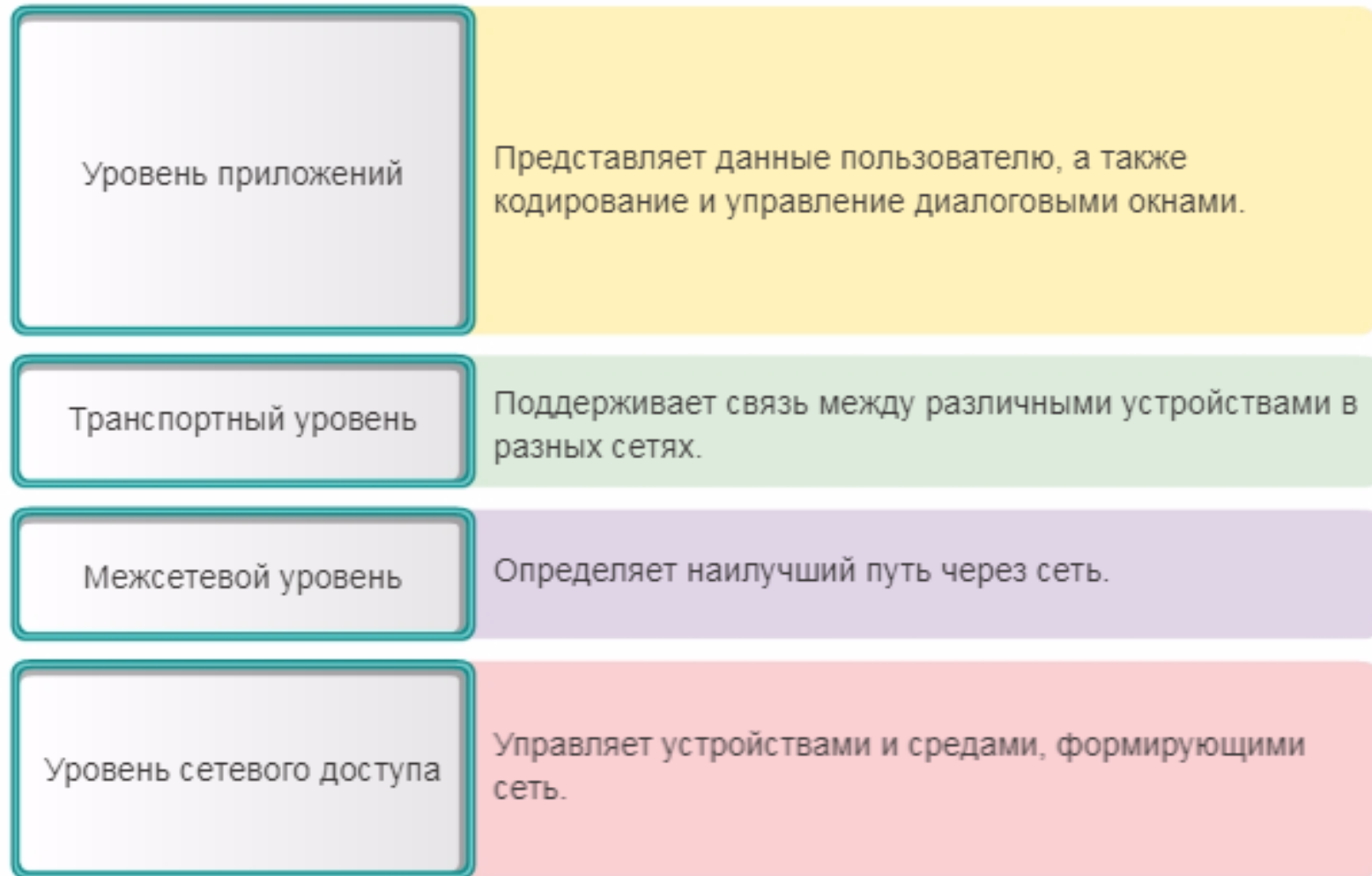


Прикладной уровень

- ▶ **DHCP** — протокол прикладного **уровня** модели TCP/IP, служит для назначения IP-адреса клиенту. Это следует из его названия — Dynamic Host Configuration Protocol. IP-адрес можно назначать вручную каждому клиенту, то есть компьютеру в локальной сети.
- ▶ **DNS** - Domain Name System. Это система доменных имен. Когда я открыл сайт hh.ru, чтобы откликнуться на вакансию вашей компании, мой ноутбук отправил запрос на DNS сервер, который преобразовал имя сайта в IP - адрес.



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.



Сравнение моделей OSI и TCP/IP



Модель ISO/OSI

7	прикладной
6	представления данных
5	сеансовый
4	транспортный
3	сетевой
2	канальный
1	физический

Модель TCP/IP

→	прикладной	
→	транспортный	
→	сетевой	
→	канальный	Уровень подсетей
→	физический	

Примеры протоколов

HTTP, DNS,
SMTP, POP3,
FTP и т.д.

TCP, UDP

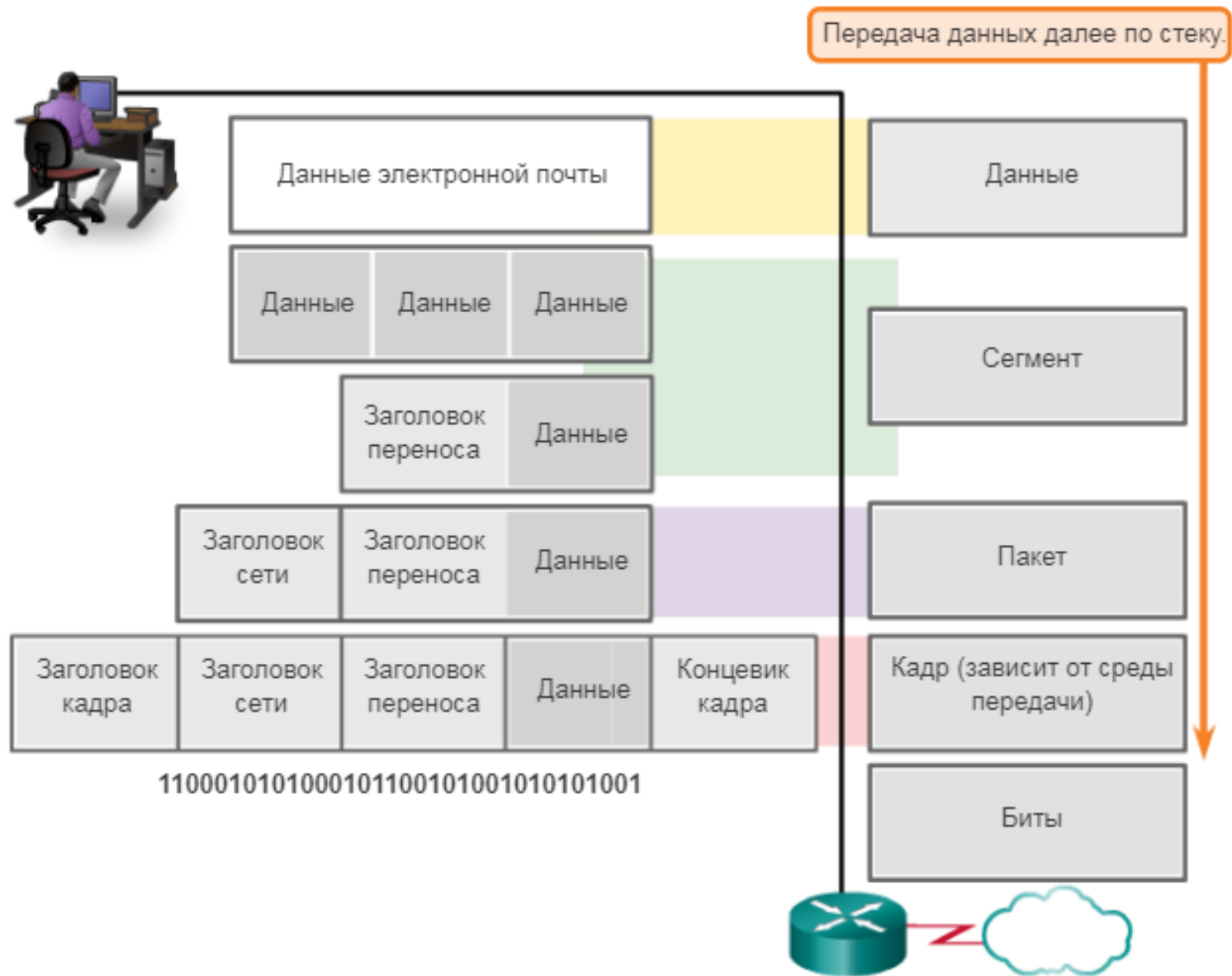
IP

Любые сетевые
технологии

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

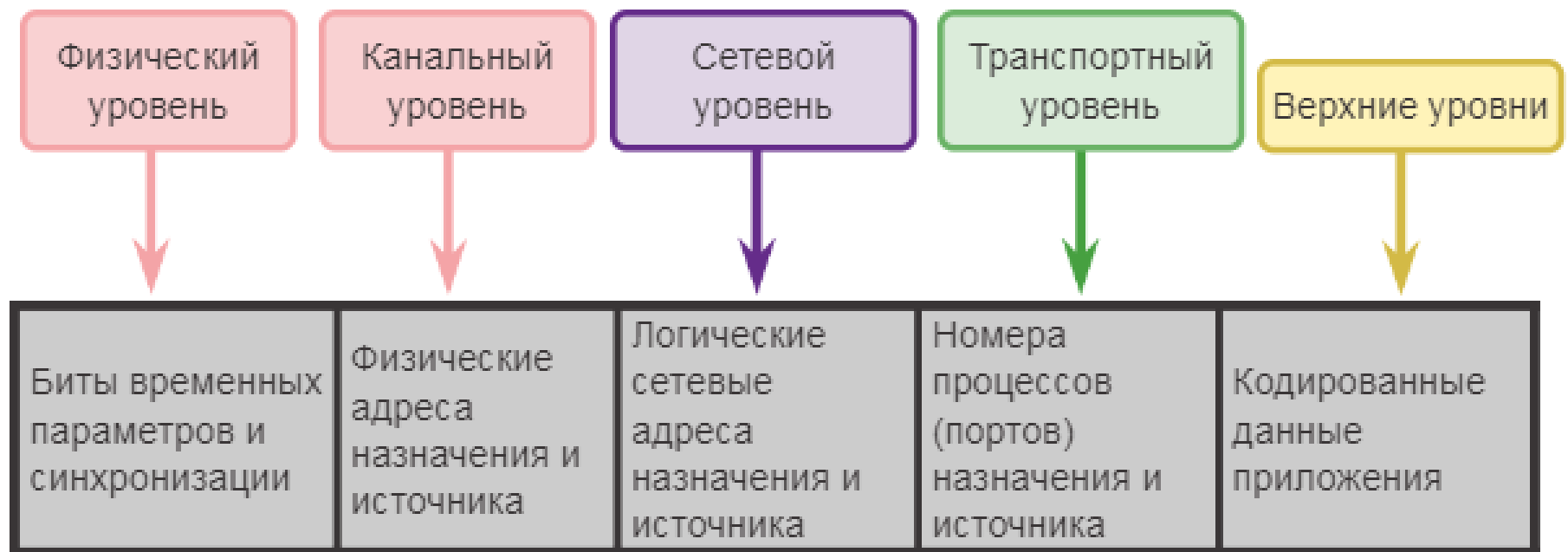
Протокольные блоки данных

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.

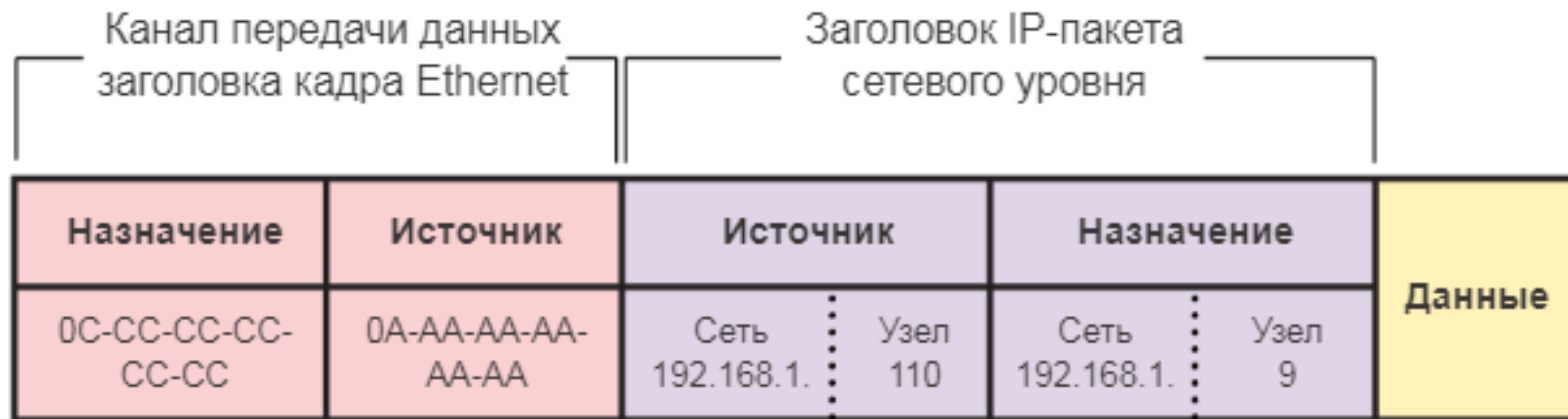


Адрес канала передачи данных

- ▶ 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.



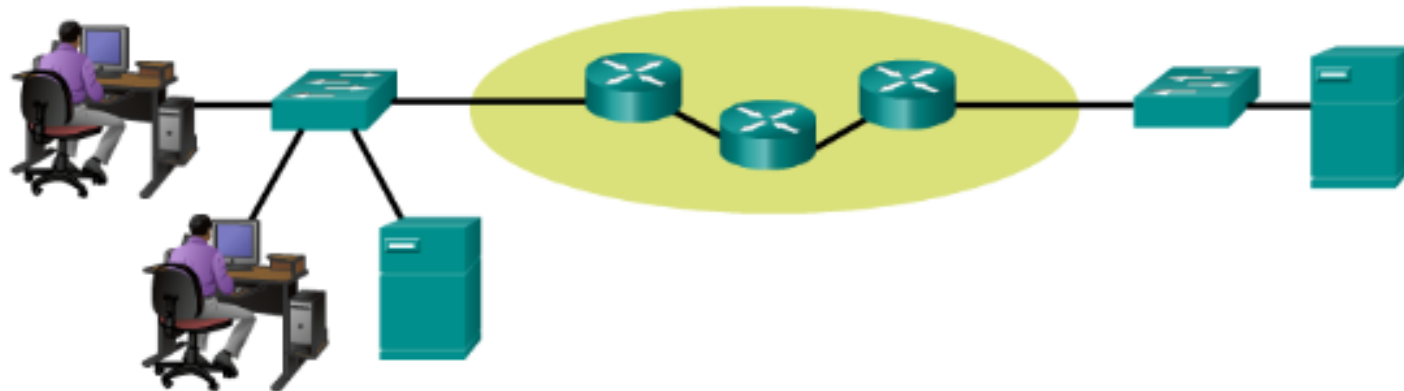
Обмен данными с помощью устройства в одной сети



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.

