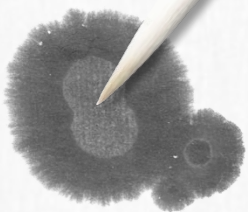




Сеть Ethernet **Базовые понятия**

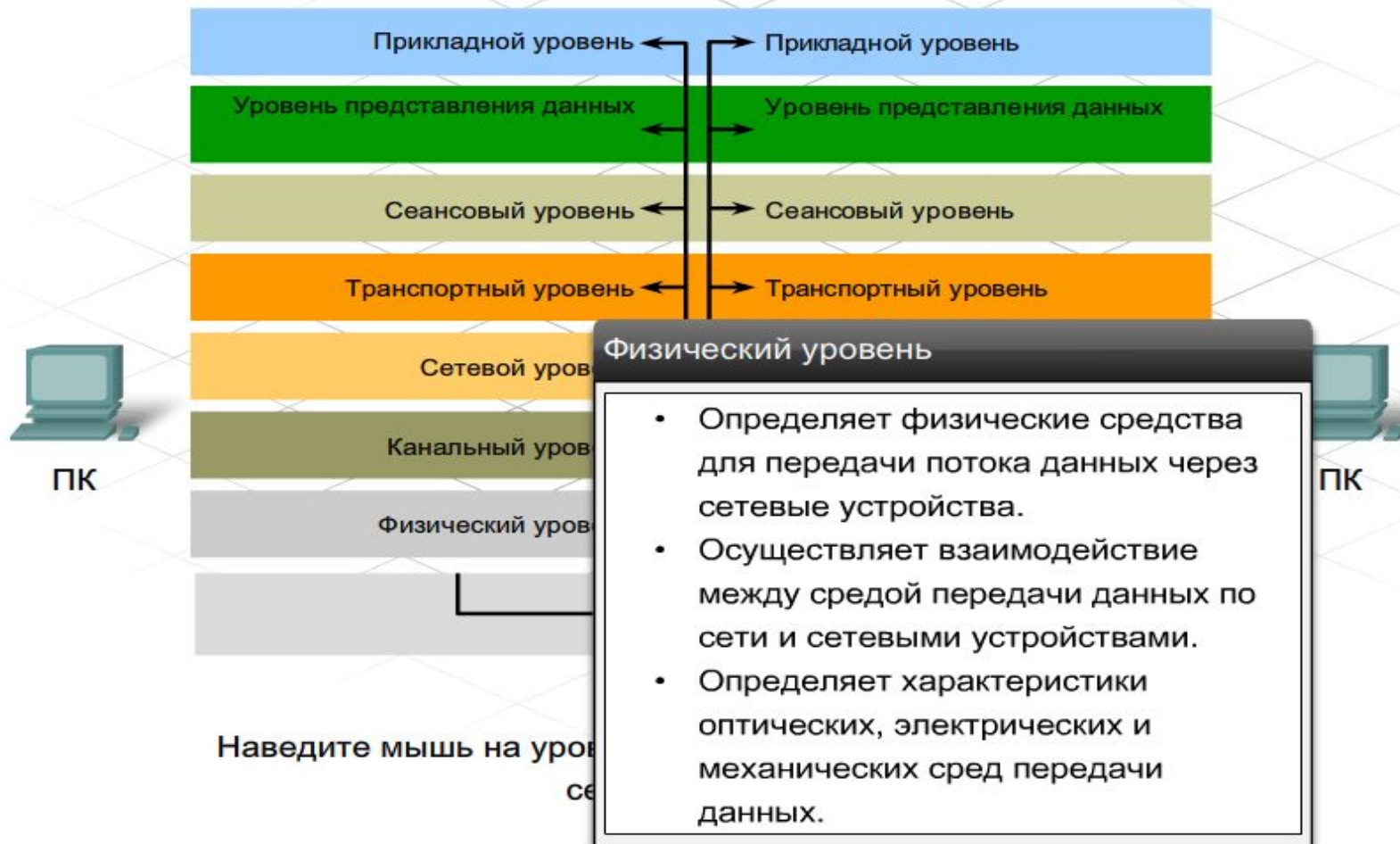


■ **Холопов Владимир Анатольевич**
к.т.н., доцент.

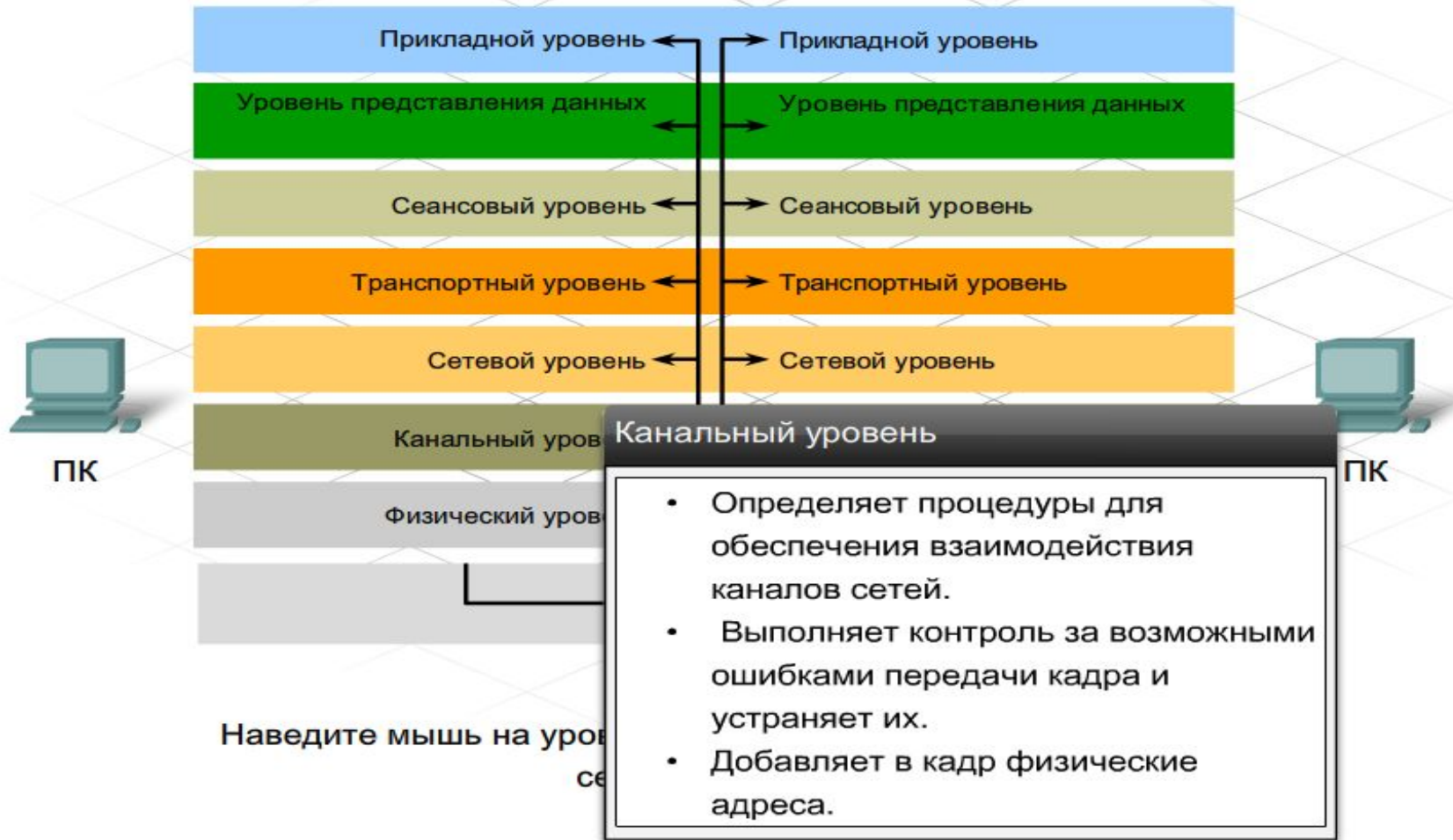
Модель OSI



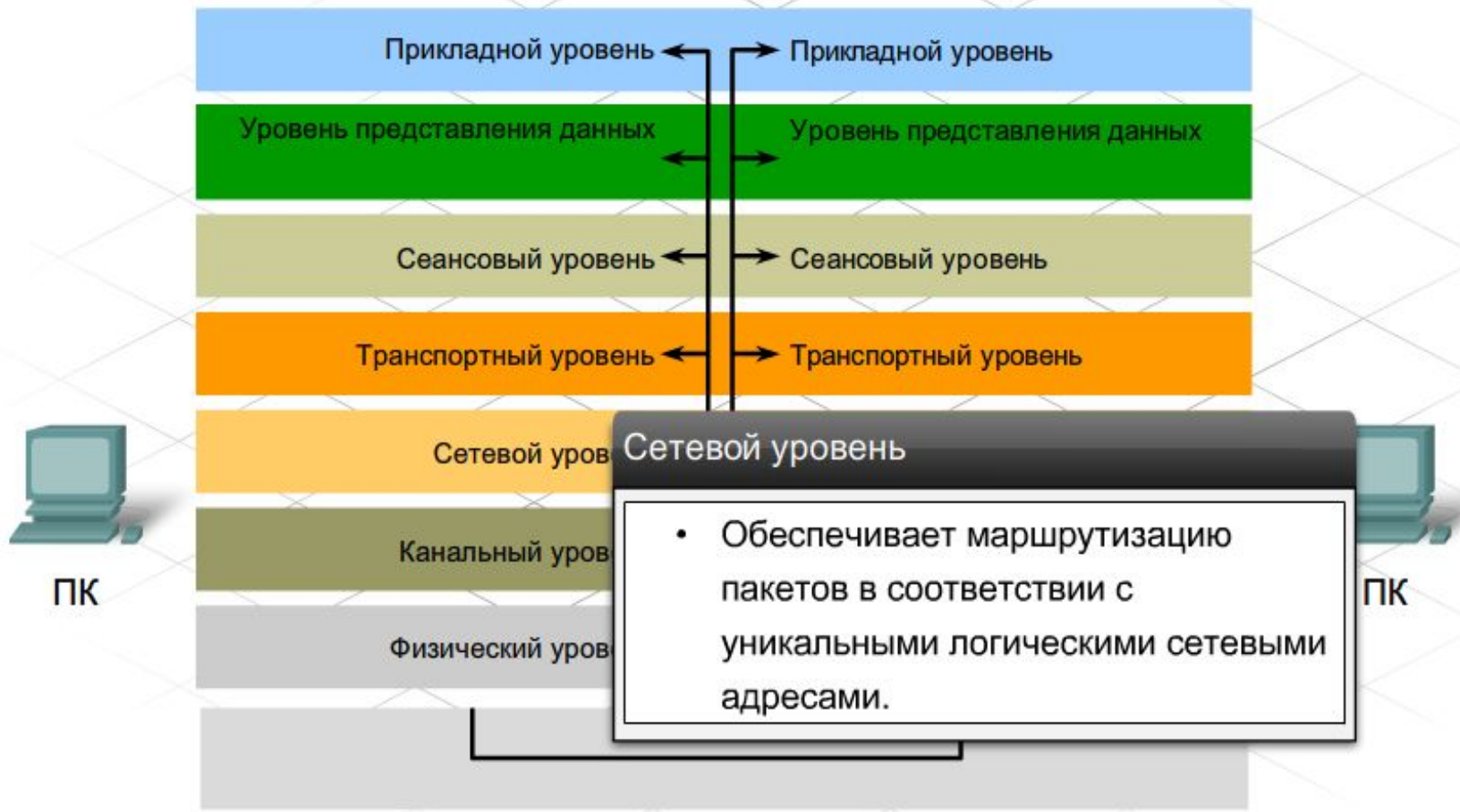
Модель OSI



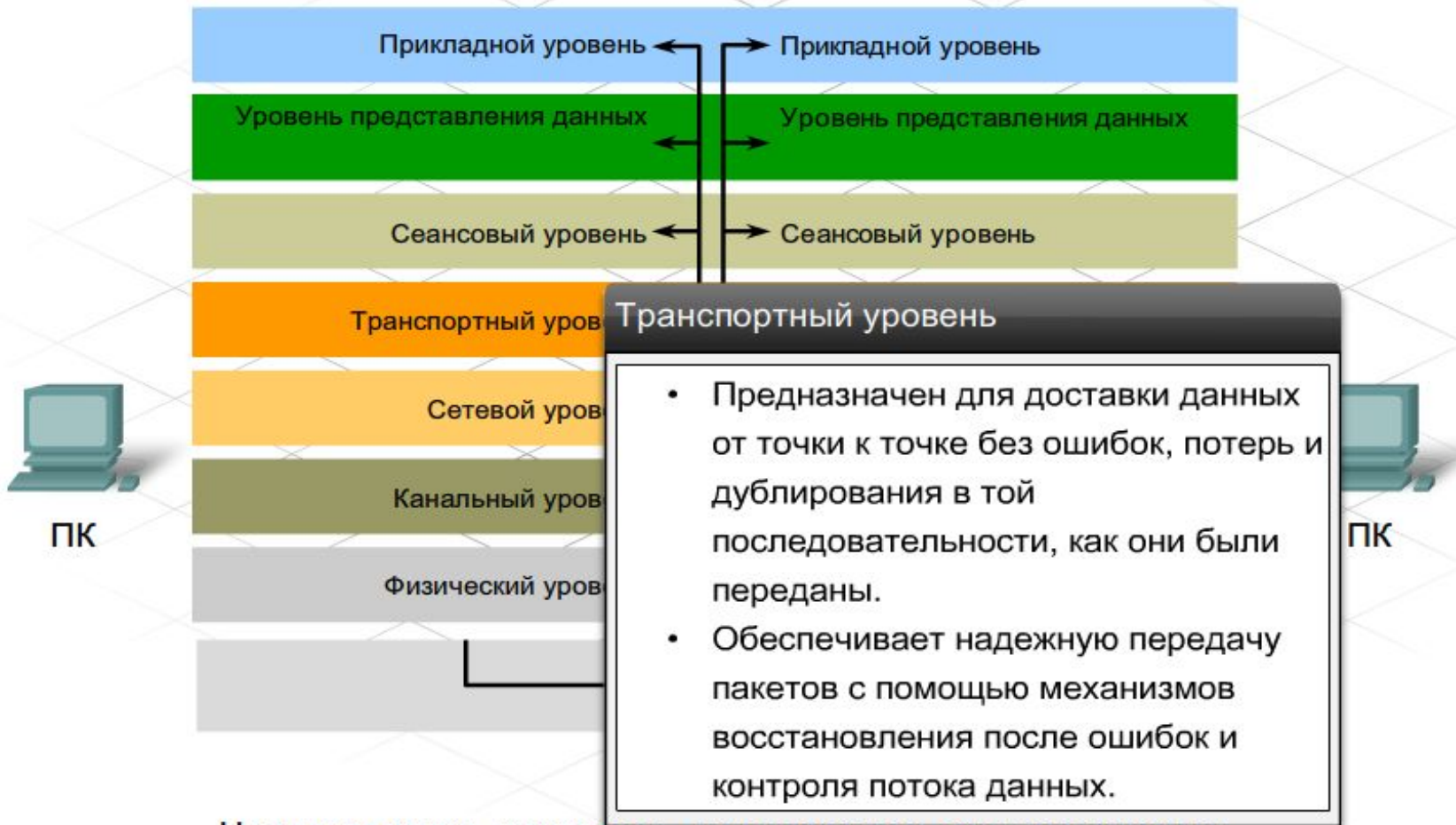
Модель OSI



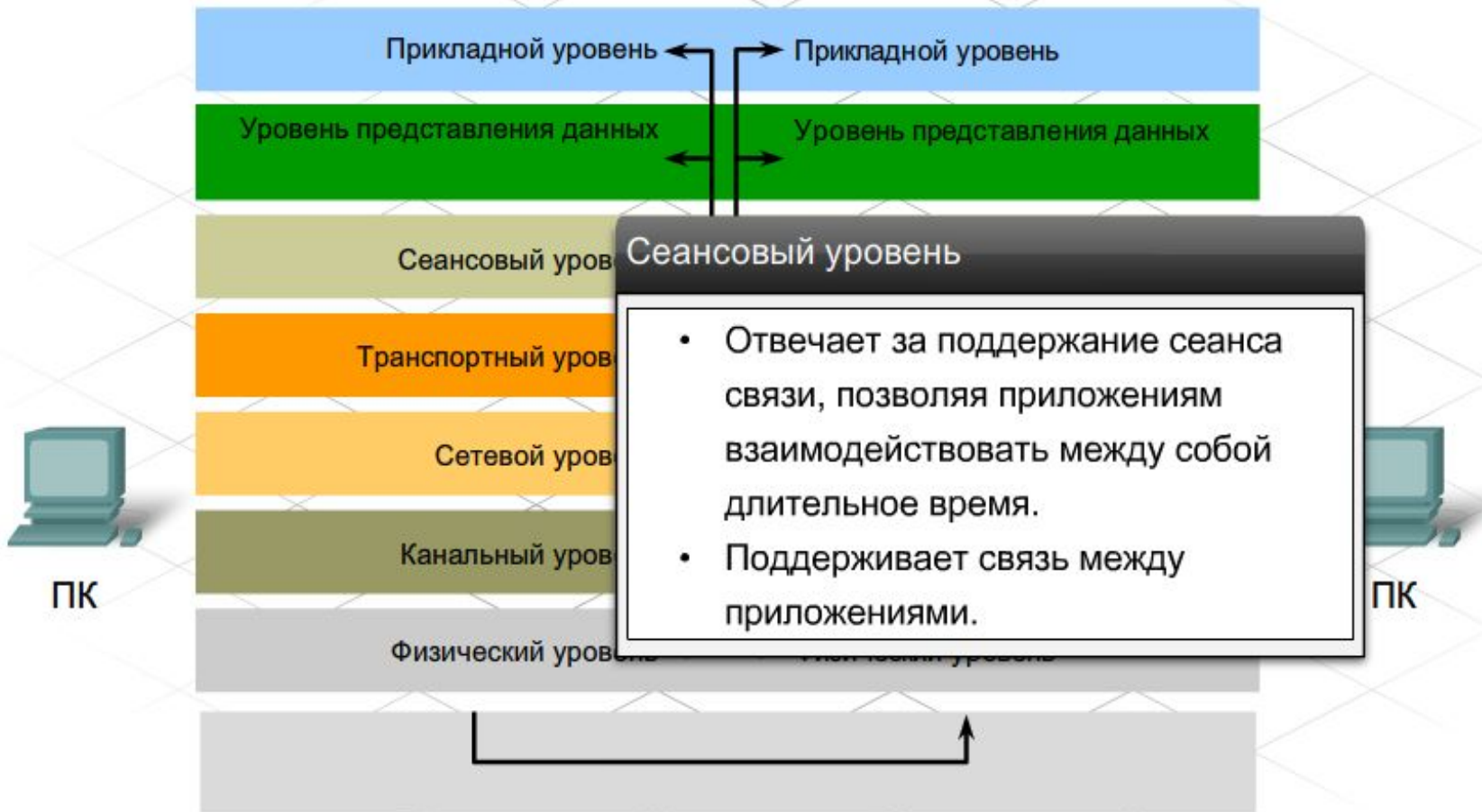
Модель OSI



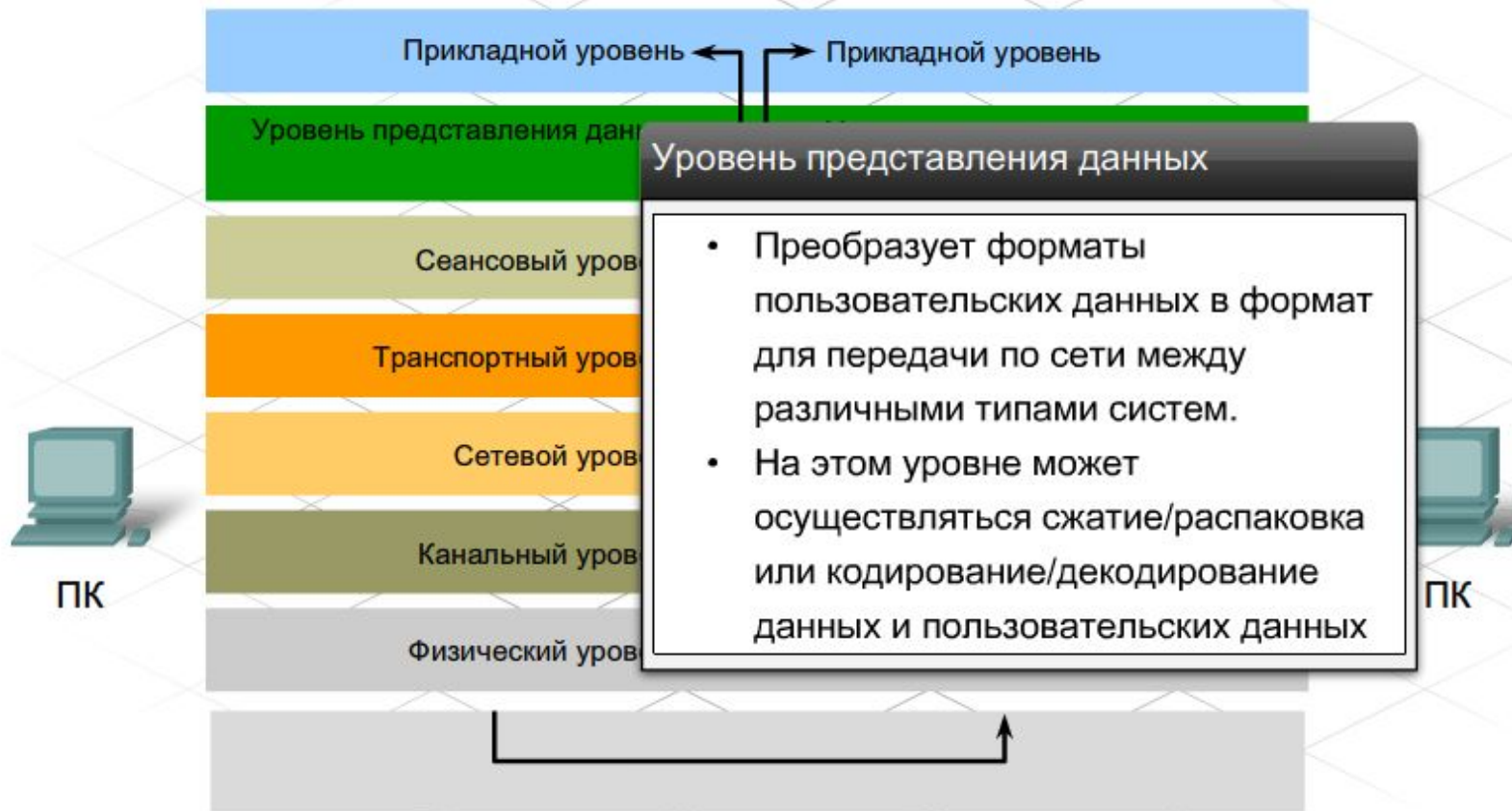
Модель OSI



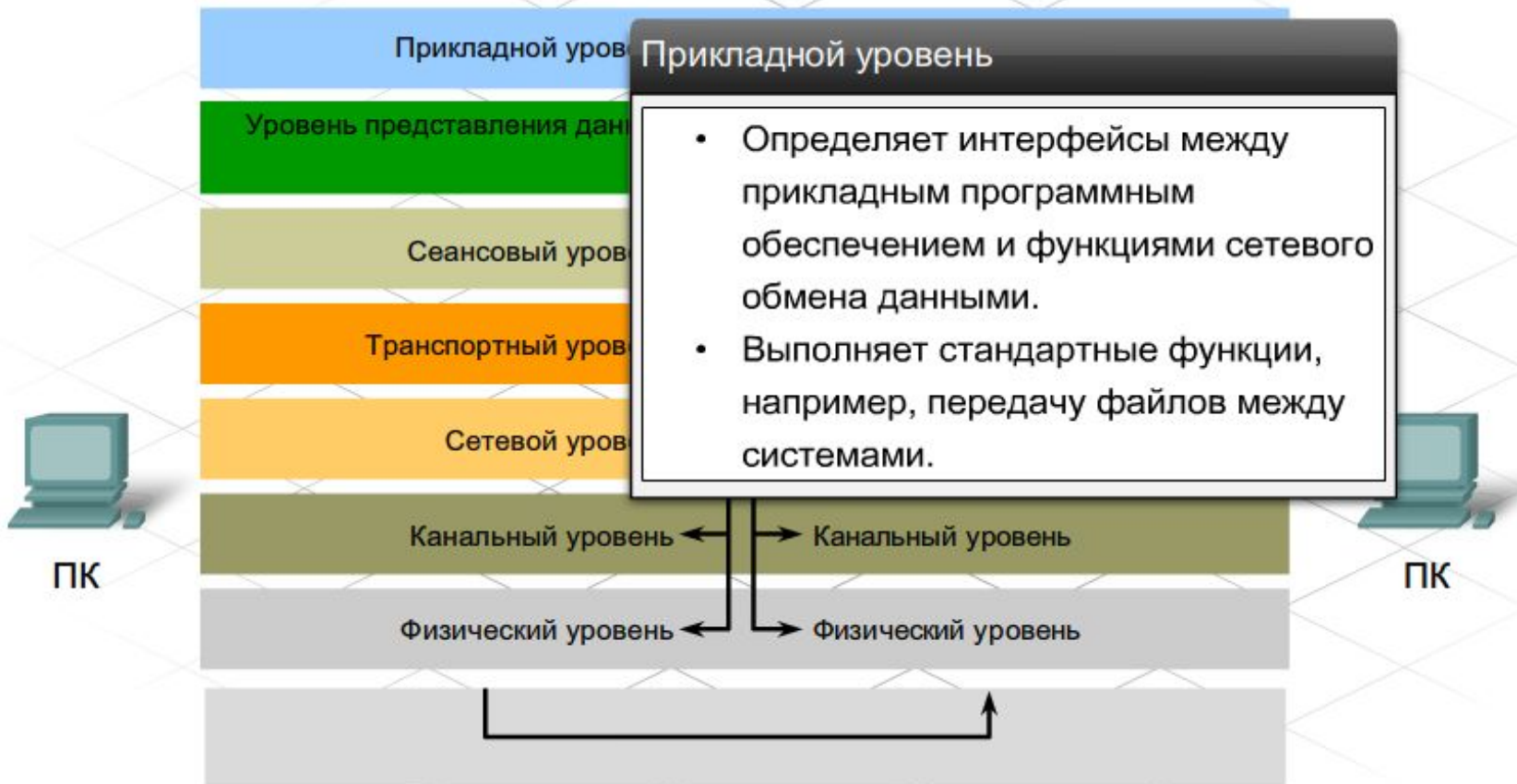
Модель OSI



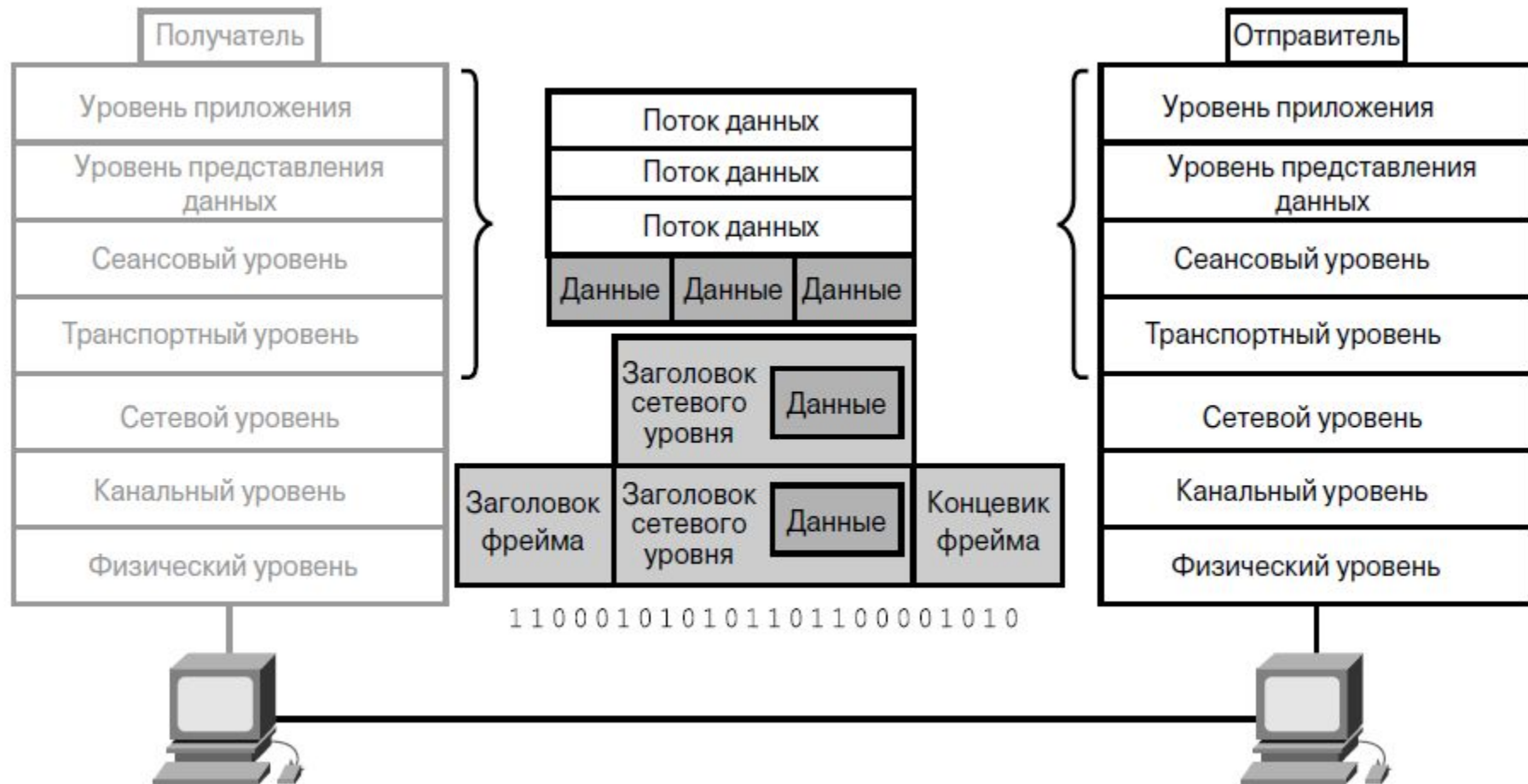
Модель OSI



Модель OSI



Инкапсуляция



Инкапсуляция

Этап 2

Упаковка данных для сквозной передачи по сети.

Этап 3

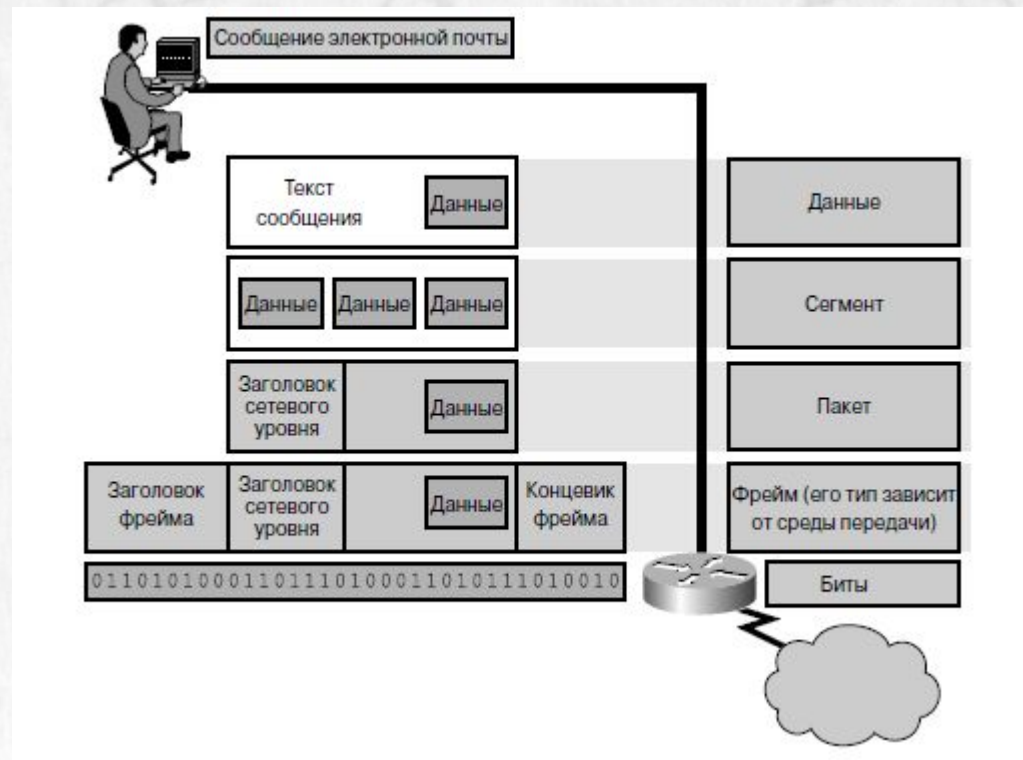
Добавление в заголовок сетевого адреса.

Этап 4

Добавление локального адреса в заголовок канального уровня.

Этап 5

Преобразование в биты для передачи по сети.



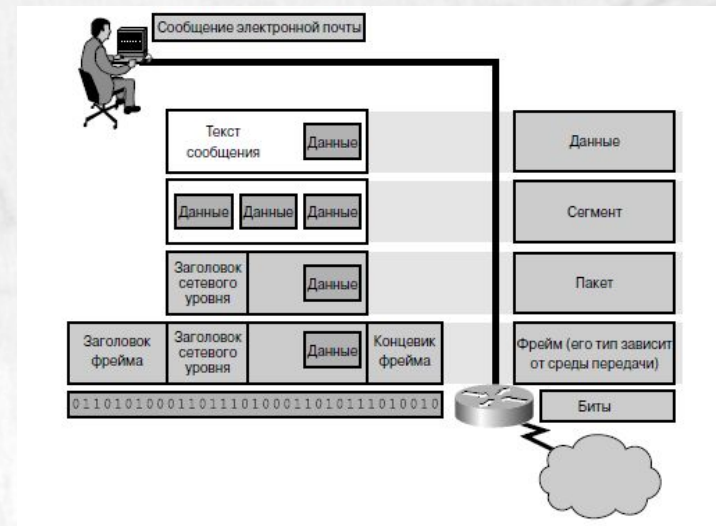
Декапсуляция

Этап 2

Если данные содержат ошибки, они могут быть отброшены; в этом случае канальный уровень может запросить повторную передачу данных.

Этап 3

Канальный уровень удаляет заголовок канального уровня и концевик, а затем передает оставшиеся данные на сетевой уровень, основываясь на управляющей информации, содержащейся в заголовке канального уровня.



Каждый последующий уровень выполняет аналогичный процесс декапсуляции.



Сетевые протоколы



Сетевой протокол — набор правил и действий (очерёдности действий), позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в сеть устройствами.

- Сетевые протоколы соотносятся с уровнями модели OSI.
- Протоколы Ethernet определяются организацией IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- Протоколы Internet определяются организацией IETF (Internet Engineering Task Force).
- Наиболее популярный стек протоколов третьего и четвертого уровня модели OSI является – TCP/IP.



Сетевая среда передачи данных

Медные проводники

**Оптическая среда передачи
данных**

Электромагнитные волны



Сетевая среда передачи данных

Среда передачи данных определяет:

- методы и способы организации передачи данных на первом уровне модели OSI;
- максимально возможную скорость передачи данных (ширину канала передачи данных);
- максимально возможное расстояние между подключаемыми устройствами.

От среды передачи данных зависит алгоритм взаимодействия устройств «прямой видимости».



Схемы рассылки сообщений

Передача сообщений (пакетов, фреймов) происходит по трем основным принципам (схемам).

- Одноадресная – схема «один к одному». Это означает, что у сообщения есть только один адресат.
- Многоадресная – схема «один ко многим». Многоадресная рассылка предусматривает одновременную отправку одного и того же сообщения группе узлов.
- Широковещательная – схема «один ко всем». Многоадресная рассылка, используется если узлам необязательно получать сообщения в одно и тоже время.

Типы сетей

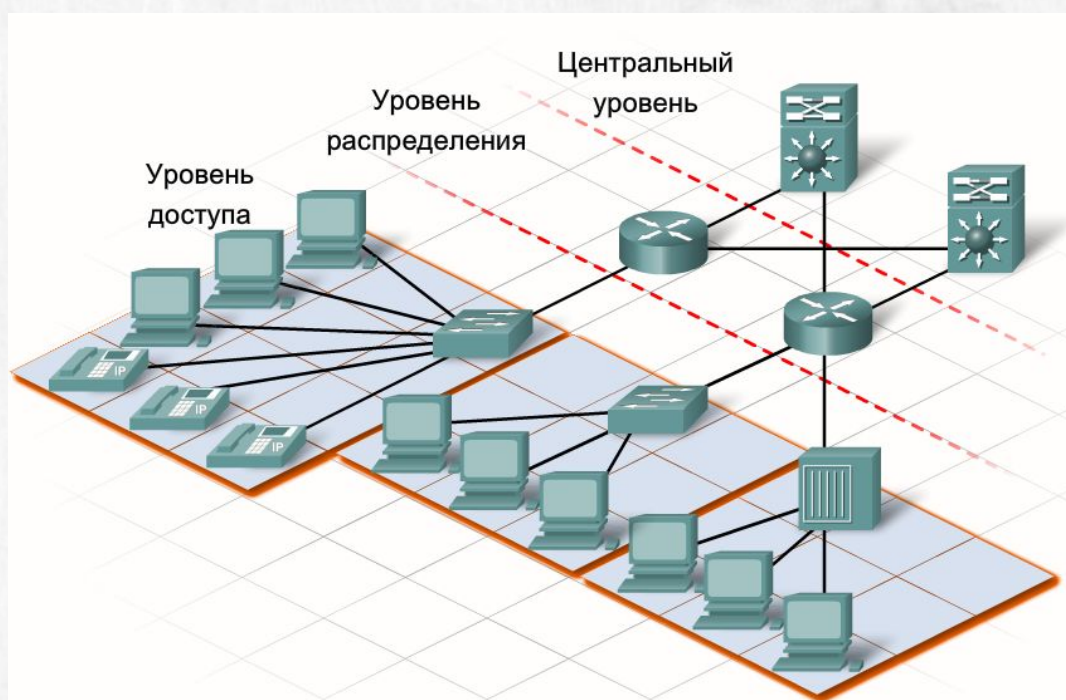
Различают сети следующих типов:

- локальные сети (Local Area Networks **LAN**);
- распределенные сети (Wide Area Networks **WAN**);
- городские, региональные сети (Metropolitan Area Networks **MAN**);
- сети хранилищ данных (Storage Area Networks **SAN**);
- внутренние корпоративные сети (**Intranet** сети);
- внешние корпоративные сети (**Extranet** сети);
- виртуальные локальные сети (Virtual LAN **VLAN**);
- частные сети (Private network **PN**).

Иерархия Ethernet

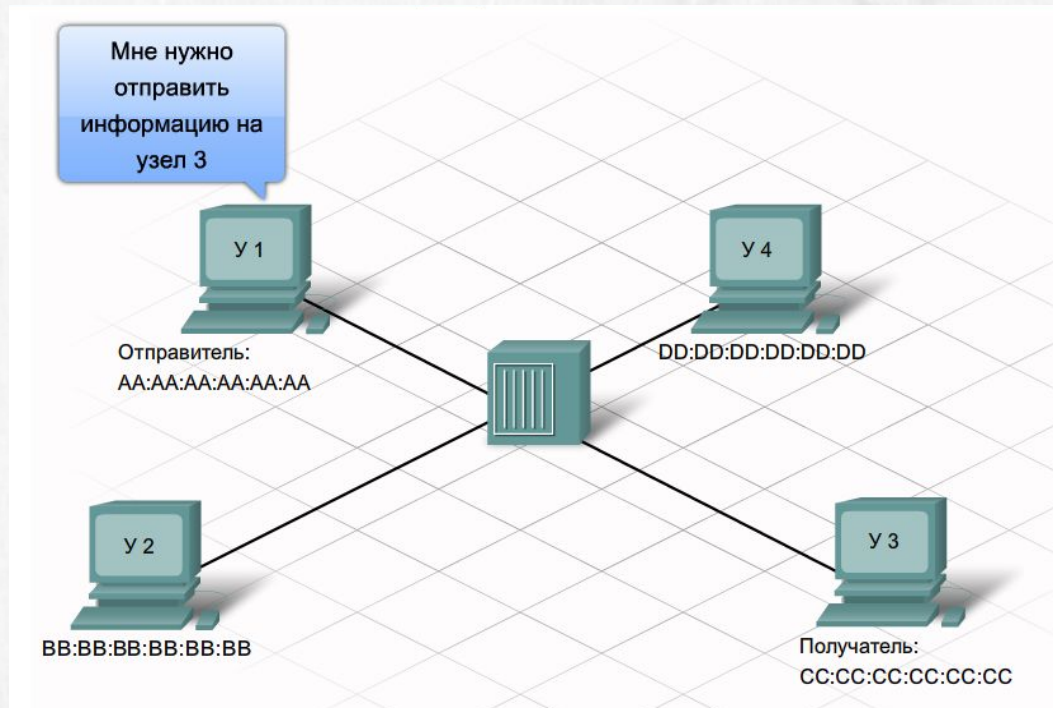
В иерархической конструкции есть **три** базовых уровня:

- **уровень доступа** – соединяет узлы в локальной сети Ethernet;
- **уровень распределения** – соединяет небольшие локальные сети;
- **центральный уровень** – высокоскоростное соединение между устройствами уровня распределения.



Физическая адресация

Каждому подключенному к Ethernet узлу присваивается физический адрес, который служит идентификатором. Он называется адресом управления доступом к среде (MAC-адресом).



Структура фрейма Ethernet

Ethernet-фреймы (кадры) спецификации IEEE 802.3

Структура кадра Ethernet

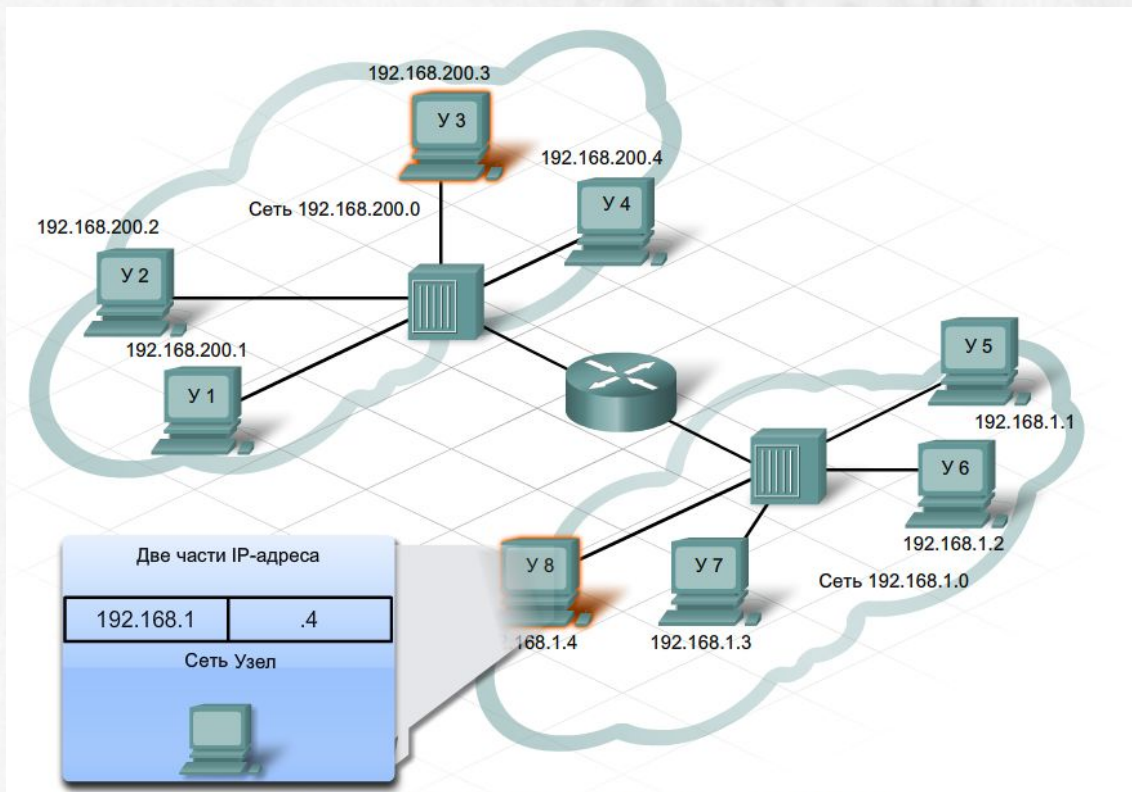
Преамбула	Признак начала кадра (SFD)	MAC-адрес получателя	MAC-адрес отправителя	Длина/тип	Инкапсулированные данные	Поле контрольной суммы (Frame Check Sequence-FCS)
7	1	6	6	2	с 46 по 1500	4

Поля кадра стандарта IEEE 802.3 Ethernet

Байт	Имя поля
7	Преамбула
1	Признак начала кадра
6	MAC-адрес получателя
6	MAC-адрес отправителя
2	Поле Длина/тип
с 46 по 1500	Инкапсулированные данные
4	Контрольная последовательность кадра (циклическая контрольная сумма пакета (CRC))

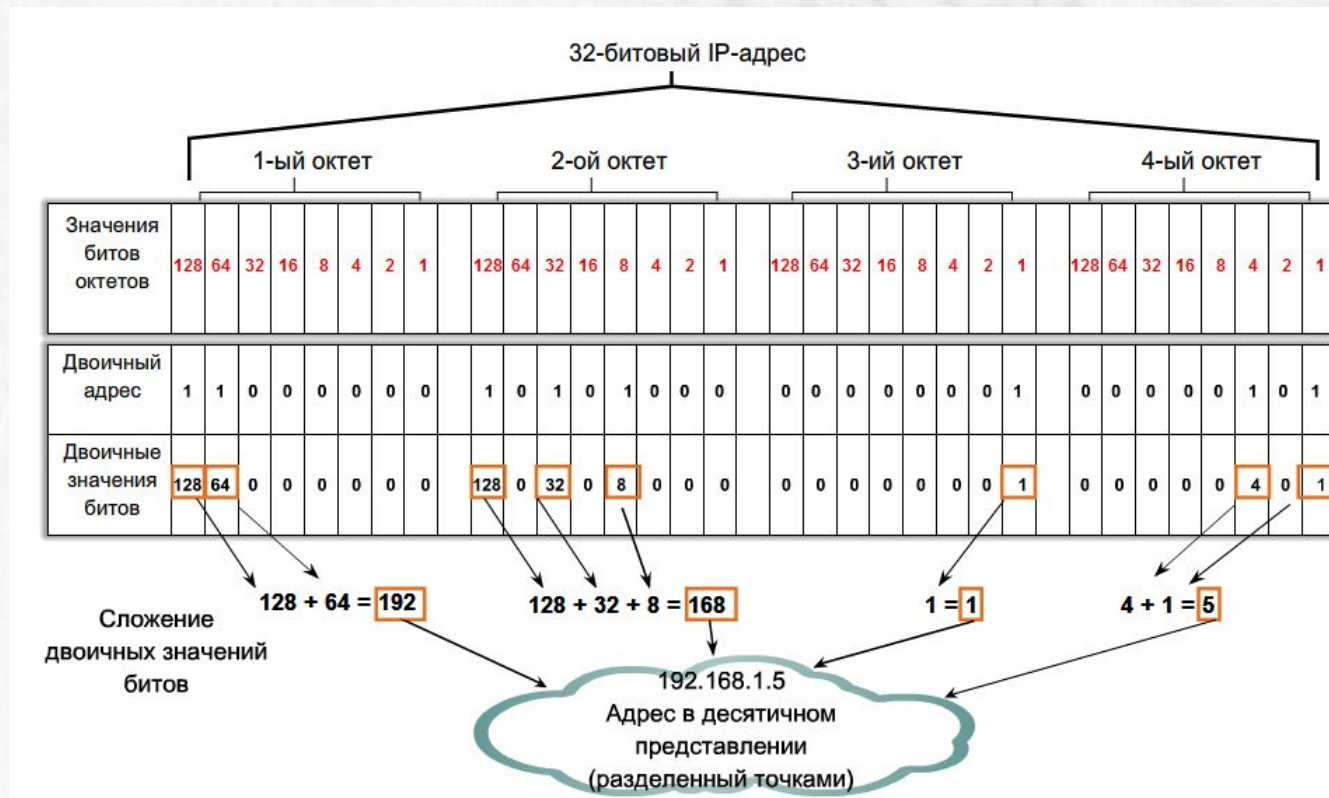
Логическая адресация

IP-адреса состоят из двух частей. Одна из них является идентификатором локальной сети. Вторая часть IP-адреса является идентификатором конкретного узла.



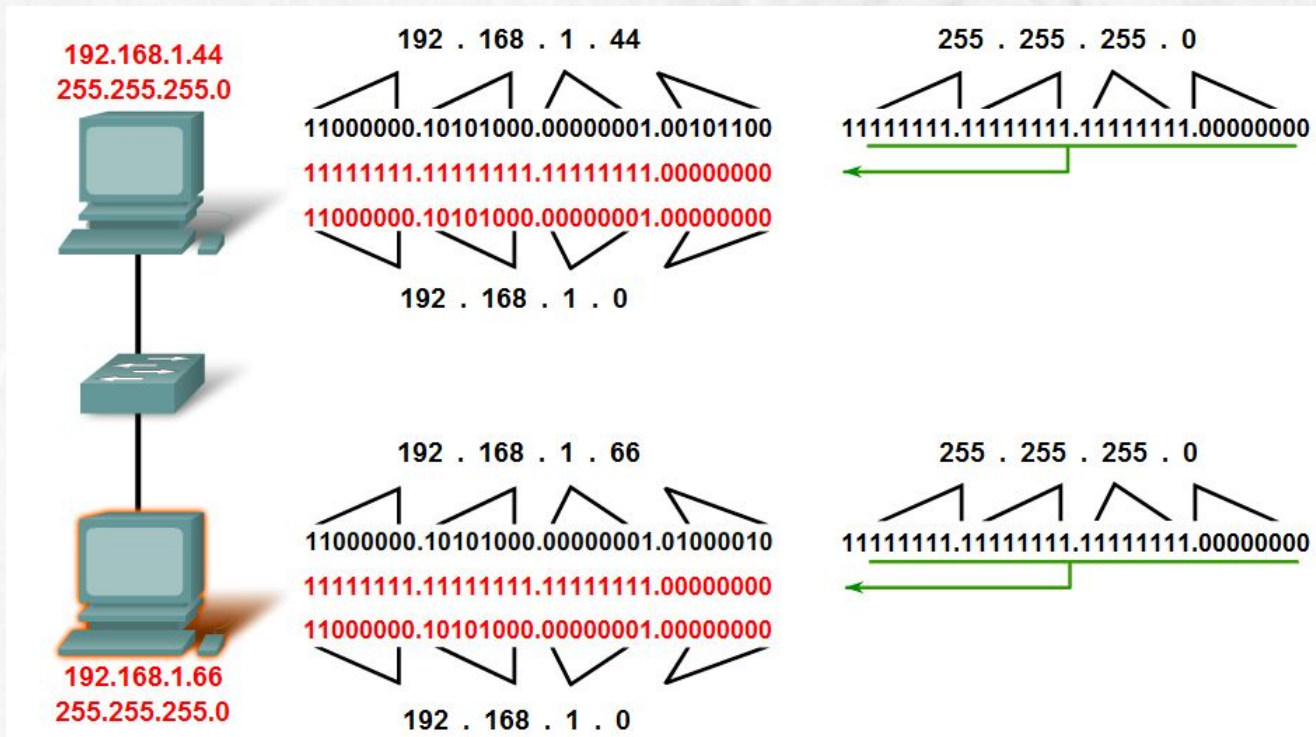
Структура IP адреса

IP-адрес представляет собой простую серию из 32 двоичных бит (единиц и нулей). Человеку прочесть двоичный IP-адрес очень сложно. Поэтому 32 бита группируются по четыре 8-битных байта, в так называемые октеты.



IP адрес и маска

При настройке IP узлу присваивается не только IP-адрес, но и маска подсети. Как и IP-адрес, маска состоит из 32 бит. Она определяет, какая часть IP-адреса относится к сети, а какая - к узлу. Маска сравнивается с IP-адресом побитно, слева направо. В маске подсети единицы соответствуют сетевой части, а нули – адресу узла.



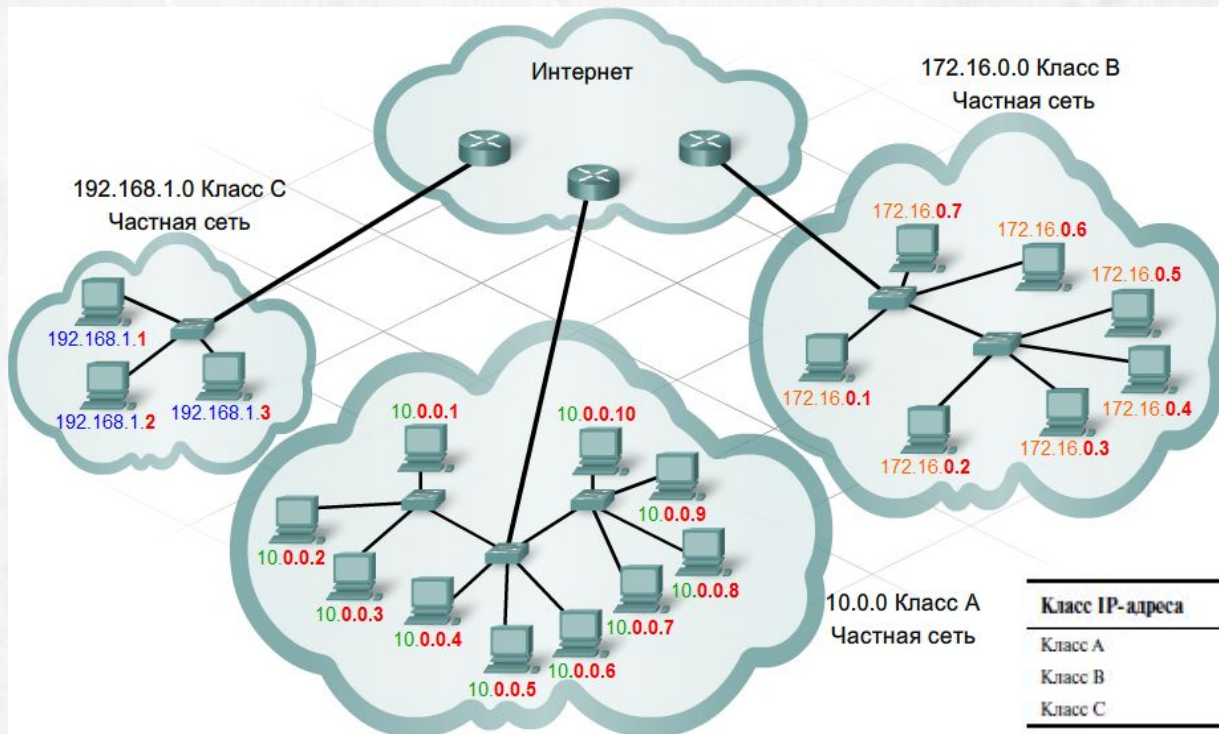
Классы IP адресов

IP-адреса делятся на 5 классов. К классам А, В и С относятся коммерческие адреса, присваиваемые узлам. Класс D зарезервирован для многоадресных рассылок, а класс Е - для экспериментов.

Классы IP-адресов					
Класс адреса	Диапазон 1-го октета (десятичное представление)	Биты 1-го октета (зеленые биты не меняются)	Сетевая (С) и узловая (У) части адреса	Маска подсети по умолчанию (в двоичном и десятичном формате)	Число возможных сетей и узлов для каждой сети
A	1 - 127	00000000 - 01111111	С.У.У.У	255.0.0.0 11111111.00000000.00000000.00000000	126 сетей (2^7-2) 16 777 214 узлов для каждой сети ($2^{24}-2$)
B	128 - 191	10000000 - 10111111	С.С.У.У	255.255.0.0 11111111.11111111.00000000.00000000	16 382 сетей ($2^{14}-2$) 65 534 узла для каждой сети ($2^{16}-2$)
C	192 - 223	11000000 - 11011111	С.С.С.У	255.255.255.0 11111111.11111111.11111111.00000000	2 097 150 сетей ($2^{21}-2$) 254 узла для каждой сети (2^8-2)
D	224 - 239	11100000 - 11101111	В качестве узла не для коммерческого использования		
E	240 - 255	11110000 - 11111111	В качестве узла не для коммерческого использования		

Общие и частные IP адреса

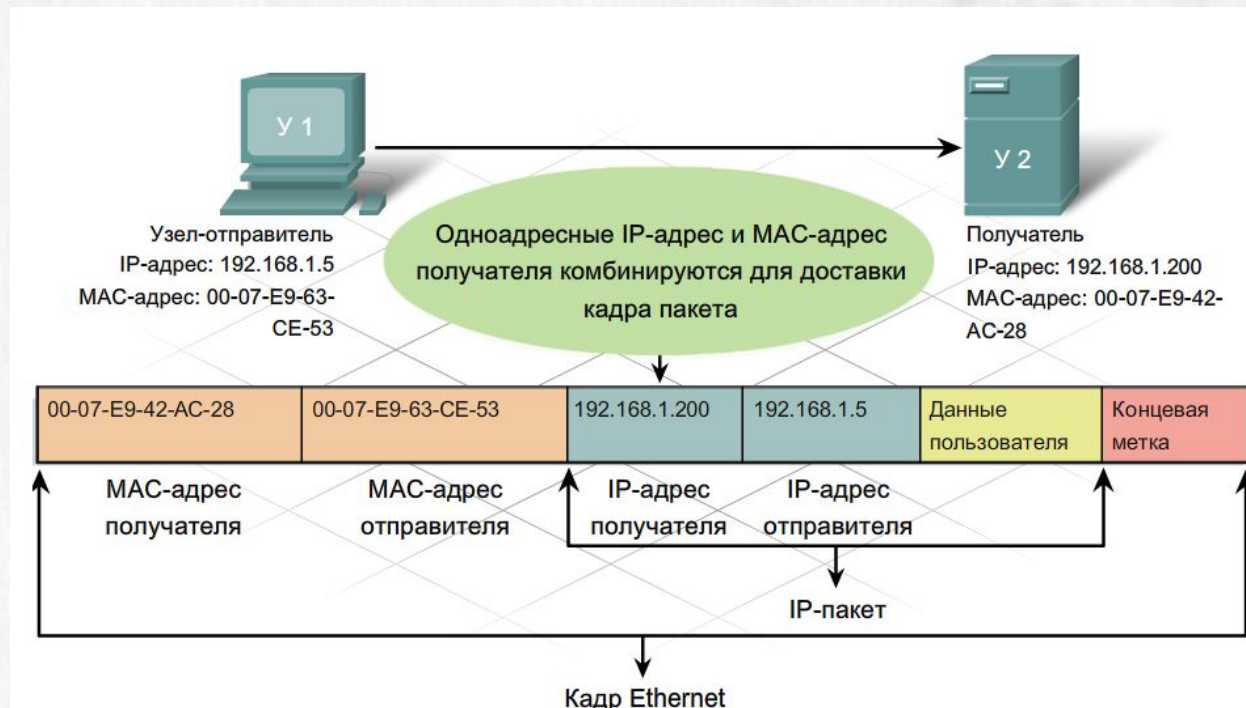
Всем узлам, подключенным непосредственно к Интернету, необходим уникальный глобальный (публичный) IP-адрес. Поскольку количество 32-битных адресов конечно, существует риск, что их не хватит. В качестве одного из решений было предложено зарезервировать некоторое количество частных адресов для использования только внутри организации.



Класс IP-адреса	Диапазон адресов (для внутреннего использования, RFC 1918)
Класс A	от 10.0.0.0 до 10.255.255.255
Класс B	от 172.16.0.0 до 176.31.255.255
Класс C	от 192.168.0.0 до 192.168.255.255

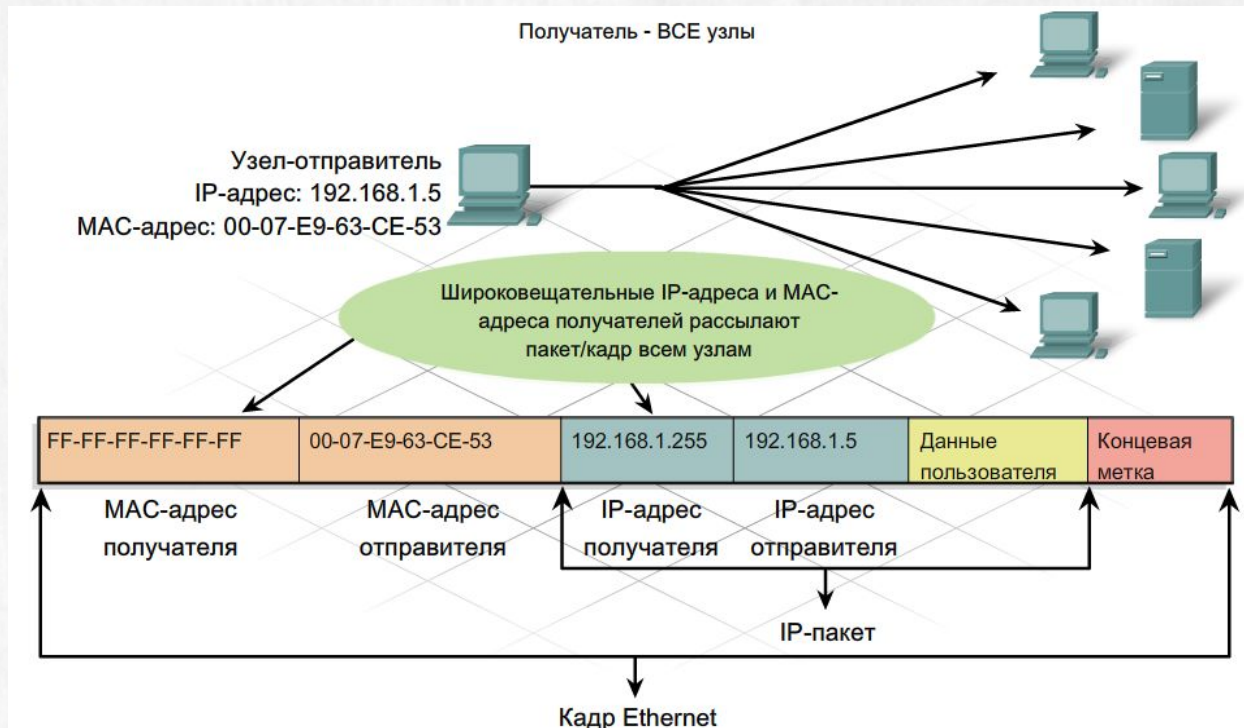
Одноадресная рассылка

Для отправки и приема одноадресного пакета IP-адрес получателя должен находиться в заголовке IP-пакета. Кроме того, в заголовке кадра Ethernet должен быть MAC-адрес получателя. IP-адрес и MAC-адрес – это данные для доставки пакета одному узлу.



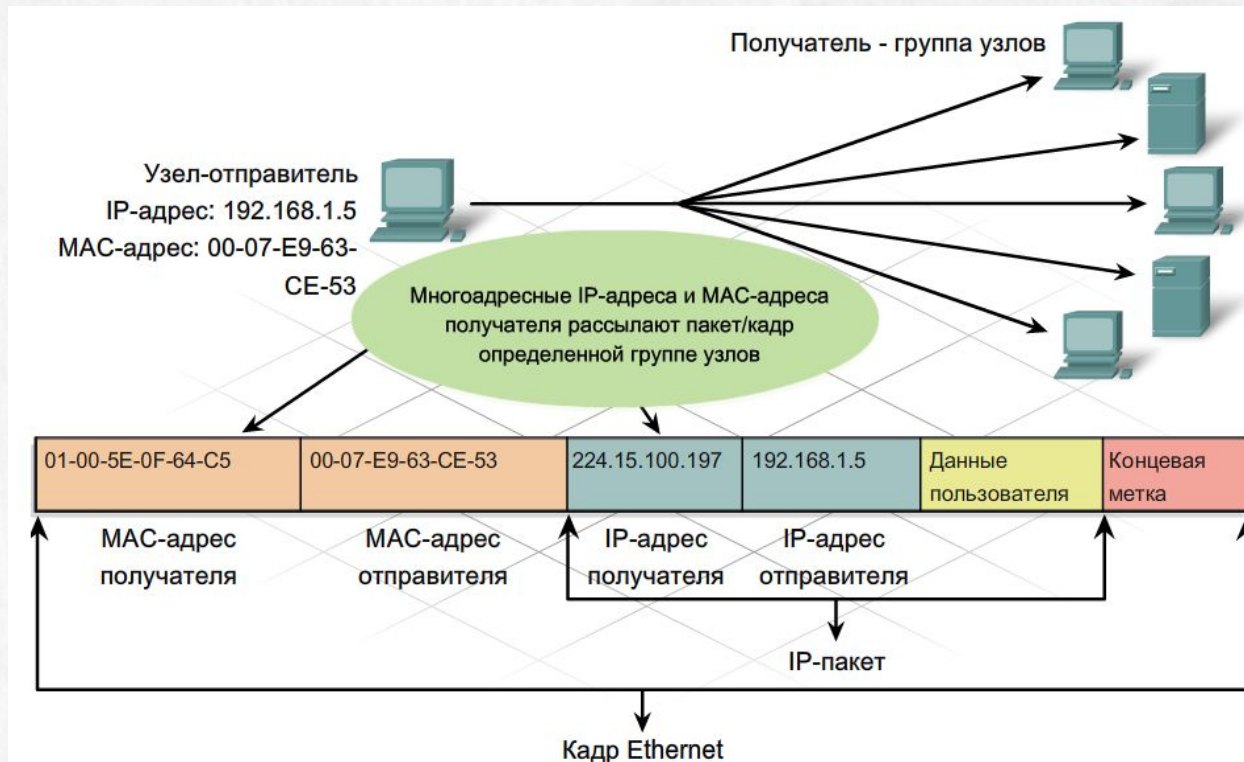
Широковещательная рассылка

В пакете широковещательной рассылки содержится IP-адрес получателя, где в отведенной узлу части есть только единицы (1). В сетях Ethernet используется широковещательный MAC-адрес из 48 единиц, который в шестнадцатеричном формате выглядит как FF-FF-FF-FF-FF-FF.



Многоадресная рассылка

Устройства, принадлежащие к многоадресной группе, получают ее IP-адрес класса D. Диапазон таких адресов - от 224.0.0.0 до 239.255.255.255. Многоадресный MAC-адрес – это особое значение, которое в шестнадцатеричном формате начинается с 01-00-5E. Нижние 23 бита MAC-адреса многоадресной группы преобразуются в остальные 6 шестнадцатеричных символов адреса Ethernet.





Преобразование сетевых адресов

Разделение локальной сети с частными IP-адресами от глобальной сети с публичными IP-адресами происходит с помощью NAT протокола.

- Процесс преобразования частных адресов в маршрутизируемые в Интернете адреса называется преобразованием сетевых адресов (NAT). С помощью NAT частный (локальный) IP-адрес источника превращается в общий (глобальный) адрес. Входящие пакеты проходят обратный процесс. Используя NAT, встроенный маршрутизатор может преобразовать многие внутренние IP-адреса в один общий.
- Преобразовывать нужно только адреса пакетов, которые идут в другие сети. Они в обязательном порядке проходят через шлюз, где встроенный маршрутизатор заменяет частный IP-адрес узла-источника своим общим IP-адресом.

Функции сетевых устройств

Сетевые устройства



Концентраторы (hub)



Коммутаторы (switch)



Маршрутизаторы (router)

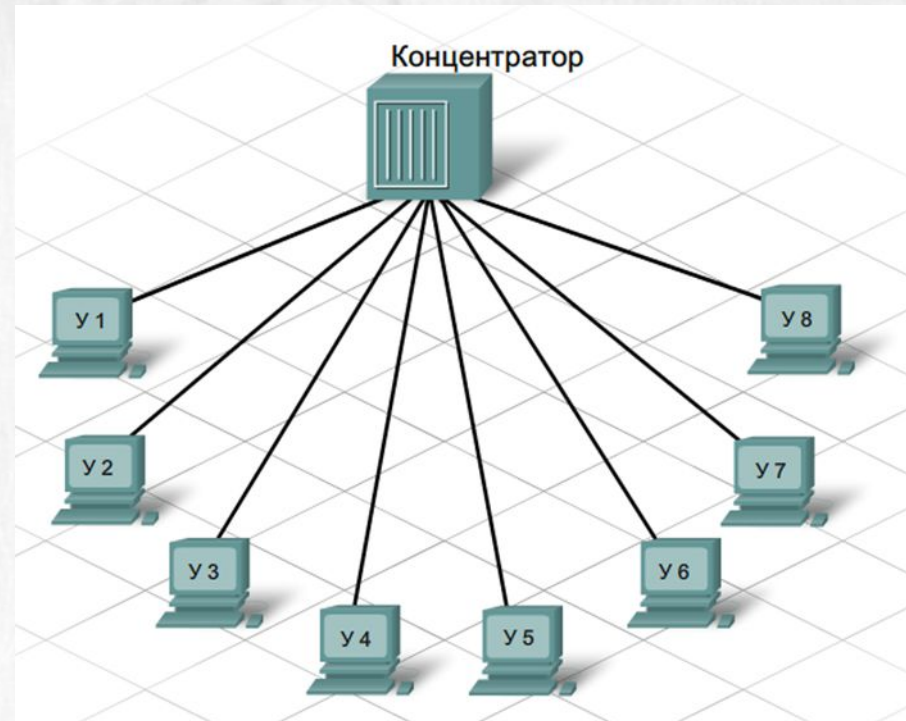
Концентраторы

Концентратор – это самый простой из видов сетевых устройств, которые устанавливаются на уровне доступа сети Ethernet. На концентраторах есть несколько портов для подключения узлов к сети.

Для отправки и получения сообщения все порты концентратора Ethernet подключаются к одному и тому же каналу.

Концентратор – устройство с общей полосой пропускания, поскольку все узлы в нем работают на одной полосе одного канала.

Через концентратор Ethernet можно одновременно отправлять только **одно сообщение**. Возможно, два или более узла, подключенные к одному концентратору, попытаются **одновременно** отправить сообщение. При этом происходит **столкновение** электронных сигналов, из которых состоит сообщение – такое событие называется **коллизией**.



Домен коллизий

Домен коллизий – это группа устройств, которые объединены в единую сеть, с помощью разделяемой среды (устройства в сети «прямой видимости»);

Домен коллизий – это область сети, в которой узел может получить искаженное при столкновении сообщение.

Столкнувшиеся сообщения искажаются. Узлы их прочесть не смогут. Поскольку концентратор не декодирует сообщение, он не обнаруживает, что оно искажено, и повторяет его всем портам.

Внутри этого домена узел, получивший искаженное сообщение, обнаруживает, что произошло столкновение. Каждый отправляющий узел какое-то время ждет и затем пытается снова отправить или переправить сообщение.

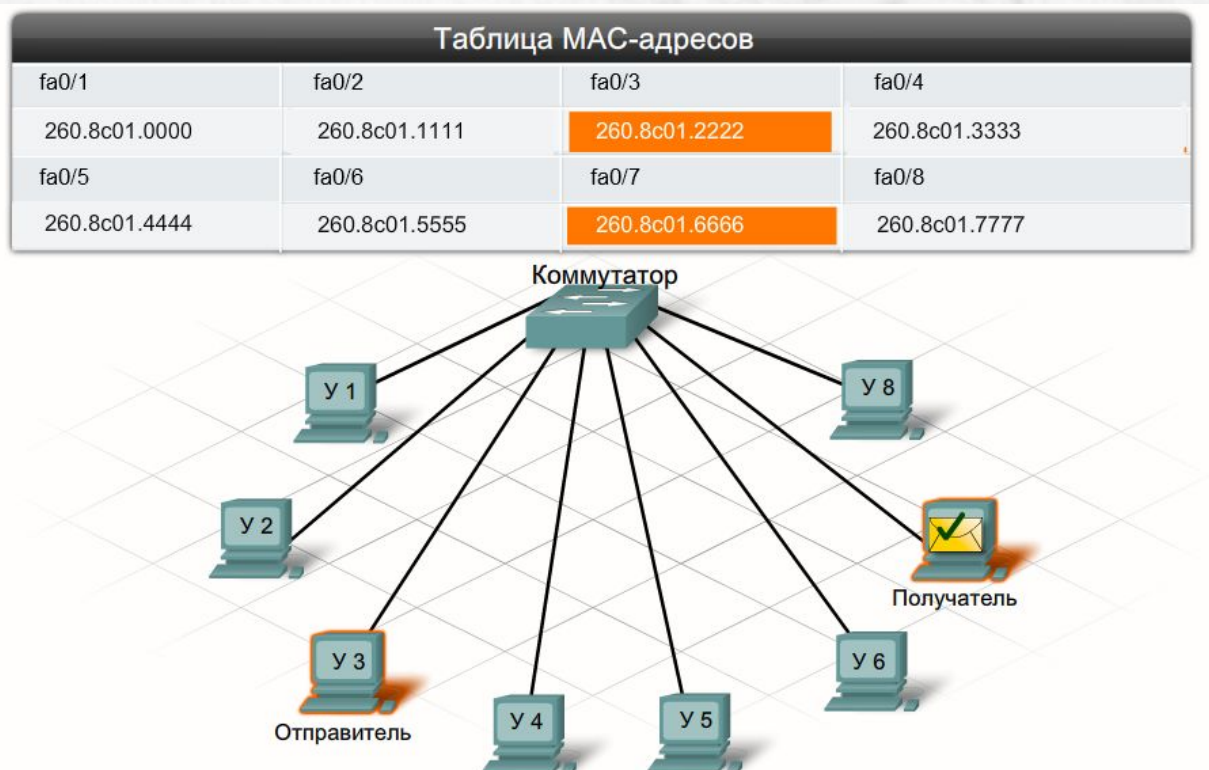
Чем больше узлов в домене, тем больше вероятность появления коллизии.

В рамках данной области коллизий все узлы получают искаженное сообщение (в случае возникновения коллизии).



Коммутаторы

Коммутаторы соединяют между собой узлы и сегменты LAN-сетей, при этом используют таблицы MAC-адресов для определения узла (сегмента), в который следует направить сообщения (фреймы), этим самым уменьшают объем передаваемых данных и уменьшают вероятность появления коллизии.



Функции коммутаторов

Коммутатор Ethernet используется на уровне доступа и обеспечивает следующие функции.

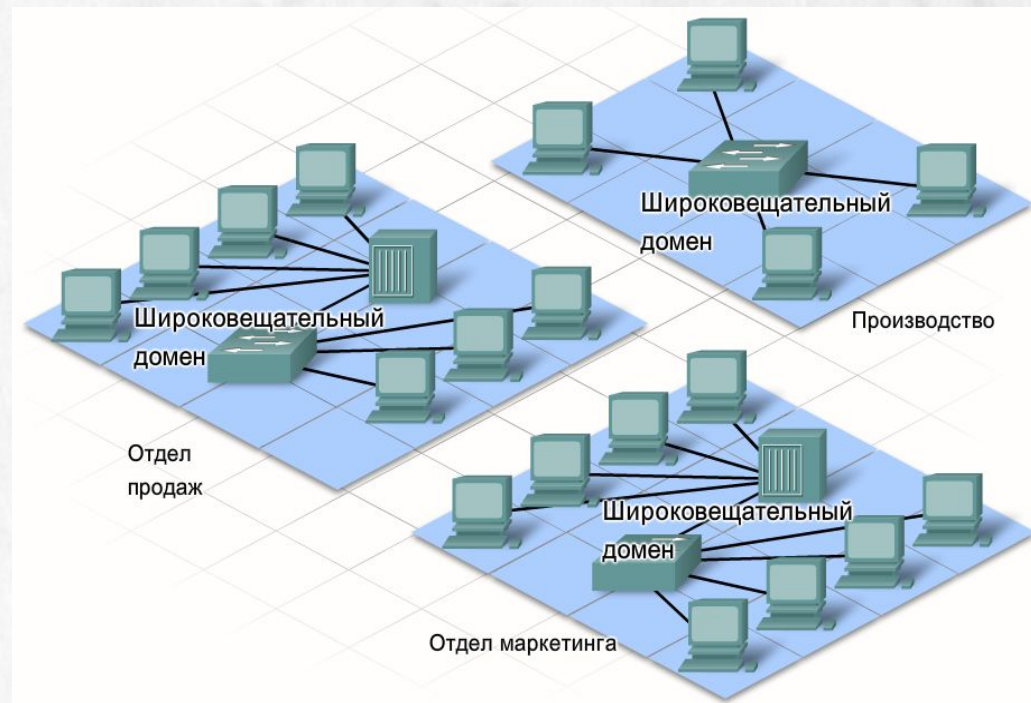
- Создается таблица коммутатора, которая называется таблицей MAC-адресов, находится список активных портов и адресов подключенных к ним узлов.
- Когда узлы обмениваются сообщениями, коммутатор проверяет, есть ли в таблице MAC-адрес. Если да, коммутатор устанавливает между источником и адресатом временное соединение, которое называется линией.
- Другие узлы, подключенные к коммутатору, работают на разных полосах пропускания канала и не принимают сообщения, адресованные не им.
- Для каждого нового соединения между узлами создается новая линия. Такие линии позволяют устанавливать несколько связей одновременно, без столкновений.

Широковещательный домен

Когда узел отправляет широковещательное сообщение, концентраторы и коммутаторы его передают всем подключенным к одной локальной сети узлам. Из-за этого локальная сеть иначе называется **домен широковещательной рассылки**.

Если к одному и тому же домену подключается слишком много узлов, объем широковещательного трафика становится недопустимо большим.

Для повышения эффективности часто приходится делить одну локальную сеть, или широковещательный домен, на несколько сетей.



Address Resolution Protocol (ARP)

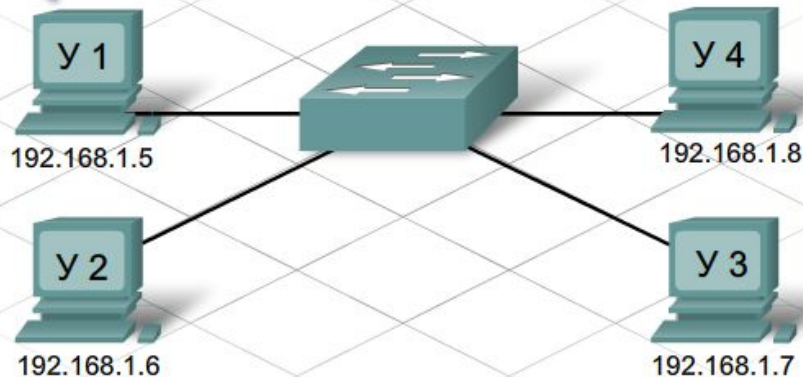
В локальной сети Ethernet узел принимает кадр только в том случае, если он отправлен на MAC-адрес широковещательной рассылки или MAC-адрес сетевого адаптера.

При этом большинство сетевых приложений находят серверы и клиенты только по логическому IP-адресу.

Что, если у отправляющего узла есть только логический IP-адрес узла назначения? Как узел-отправитель определяет MAC-адрес, который нужно поместить в кадр?

С помощью IP-протокола, который называется Address Resolution Protocol (ARP) можно определить MAC-адрес любого узла из той же локальной сети.

Мне нужно отправить информацию на адрес 192.168.1.7, но у меня есть только IP-адрес. Я не знаю, какое устройство имеет данный IP-адрес.





Функции ARP-протокола

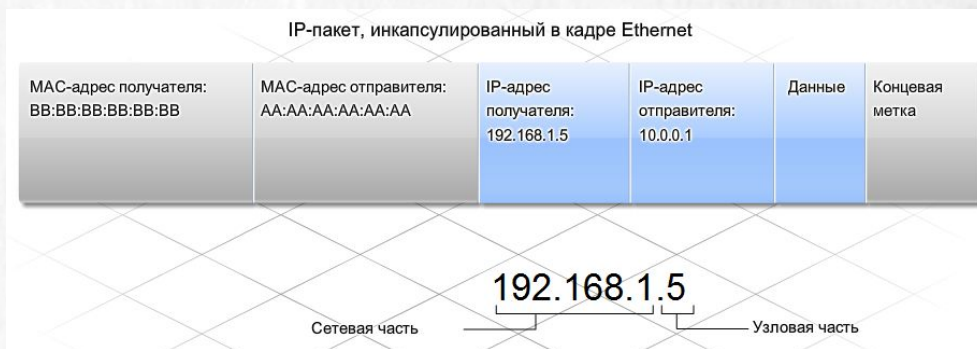
При наличии IP-адреса узла ARP определяет и сохраняет MAC-адрес узла в локальной сети в три этапа.

- Отправляющий узел создает и отправляет кадр по MAC-адресу широковещательной рассылки. В кадре находится сообщение с IP-адресом узла назначения.
- Каждый сетевой узел получает этот кадр и сравнивает IP-адрес из сообщения со своим. Узел с соответствующим IP-адресом посылает отправителю свой MAC-адрес.
- Отправитель получает сообщение и сохраняет MAC-адрес и IP-адрес в таблице ARP. Когда MAC-адрес получателя оказывается в таблице ARP отправителя, появляется возможность отправлять кадры напрямую, минуя запрос ARP.

Маршрутизатор

Маршрутизатор – это сетевое устройство, связывающее локальные сети. На уровне распределения они направляют трафик и выполняют другие важные для эффективной работы сети функции. Как и коммутаторы, маршрутизаторы могут декодировать и читать полученные сообщения. В отличие от коммутаторов, которые декодируют только кадры с MAC-адресом, маршрутизаторы декодируют пакеты, находящиеся внутри кадра.

В пакете содержатся IP-адреса отправителя и получателя и данные пересылаемого сообщения. Маршрутизатор считывает сетевую часть IP-адреса получателя и с ее помощью определяет, по какой из подключенных сетей необходимо переслать сообщение адресату.

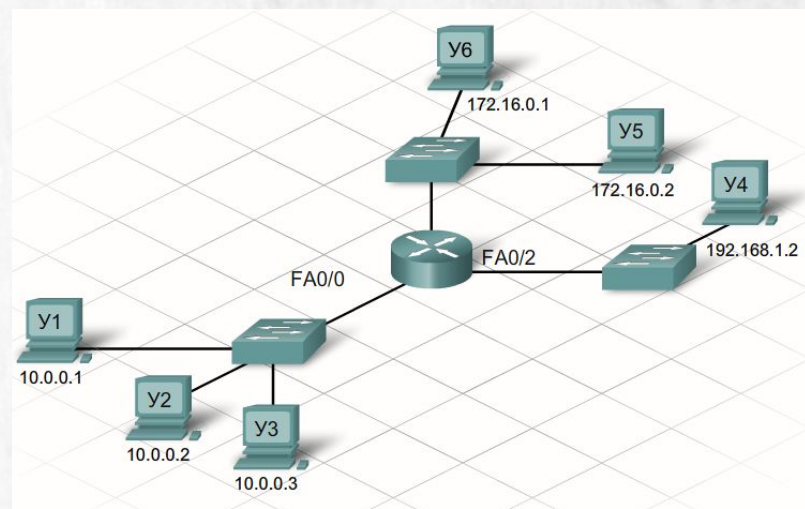


Функции маршрутизаторов

Каждый порт, или интерфейс, маршрутизатора связан со своей локальной сетью. У каждого маршрутизатора есть таблица локально подключенных сетей и их интерфейсов. Кроме того, в этих таблицах маршрутизации бывает информация о маршрутах, или путях для подключения к другим локально подключенным удаленным сетям.

Приняв кадр, маршрутизатор декодирует его и получает пакет с IP-адресом получателя. Этот адрес он сравнивает с данными всех сетей из таблицы маршрутизации. Если адрес сети получателя есть в таблице, маршрутизатор инкапсулирует пакет в новый кадр и отправляет.

Этот новый кадр направляется в сеть получателя через интерфейс, относящийся к выбранному пути. Процесс перенаправления пакетов в сеть получателя называется маршрутизацией.



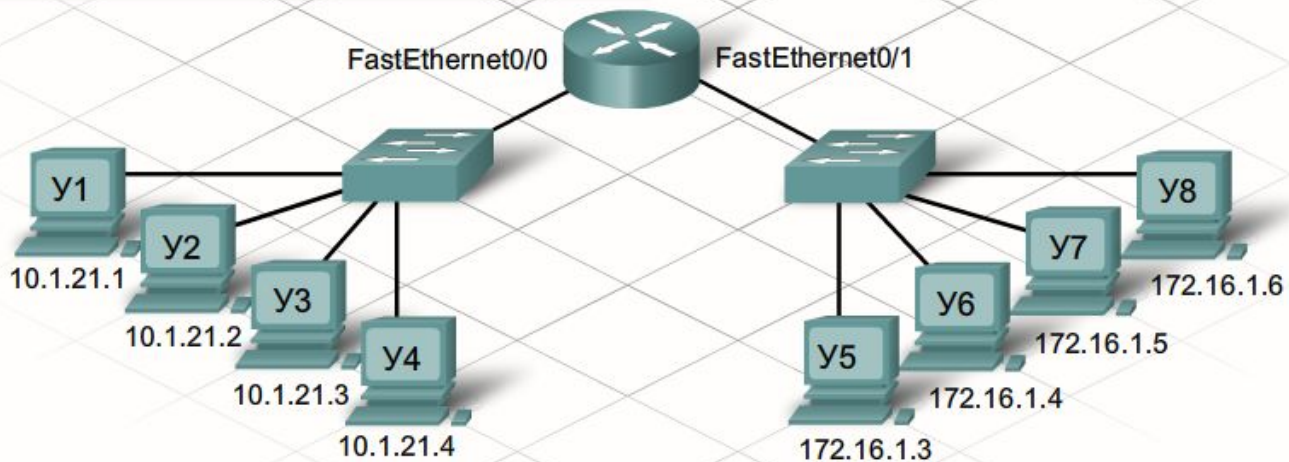
Таблицы маршрутизаторов

ARP-таблица

Адрес	Аппаратный адрес	Интерфейс
10.1.21.1	0002.a5ec.c7f9	FastEthernet0/0
10.1.21.2	0012.3fec.fb0d	FastEthernet0/0
10.1.21.3	0014.220e.dac5	FastEthernet0/0
10.1.21.4	00c0.9f4b.8b76	FastEthernet0/0
172.16.1.3	0ac3.a56c.d7f5	FastEthernet0/1
172.16.1.4	0a2f.4fed.dd0d	FastEthernet0/1
172.16.1.5	0b03.3002.ea2d	FastEthernet0/1
172.16.1.6	0d00.a94b.8caa	FastEthernet0/1

Таблица маршрутизации

Тип	Сеть	Порт
C	10.0.0.0/8	FastEthernet0/0
C	172.16.0.0/16	FastEthernet0/1





Таблицы маршрутизаторов

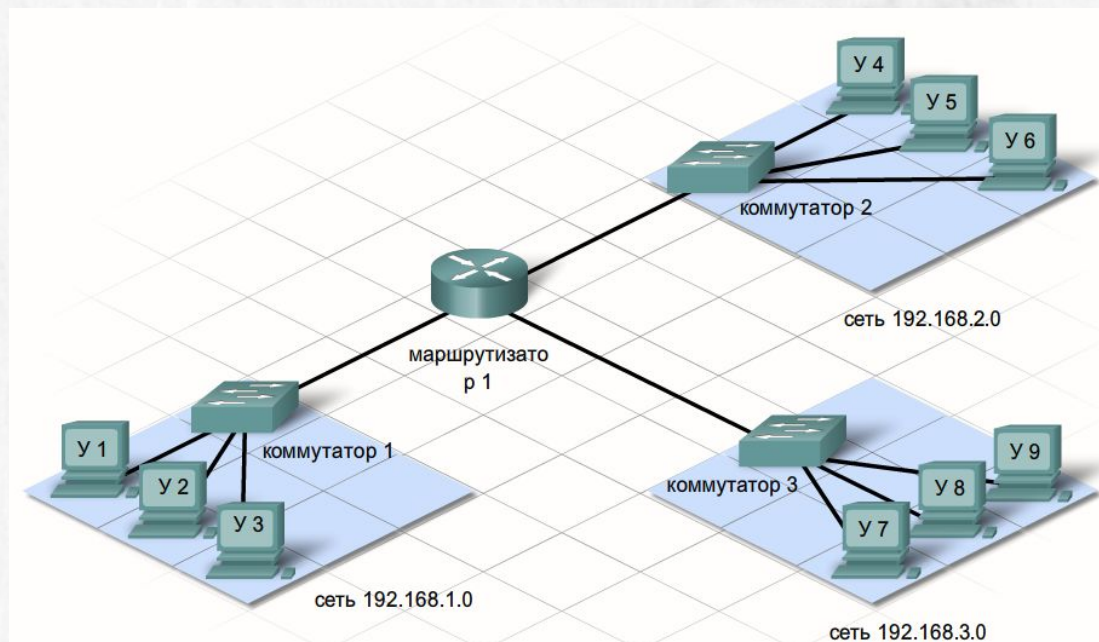
В таблицы маршрутизации вносятся IP-адреса сетей двумя способами: динамическое обновление данных, полученных от других сетевых маршрутизаторов, или ручной ввод, выполняемый сетевым администратором. С помощью таблиц маршрутизаторы определяют интерфейс, который следует использовать для передачи сообщения по назначению.

Маршрутизатор перенаправляет кадр в одно из двух мест: либо в непосредственно подключенную сеть, где находится узел назначения, либо другому маршрутизатору, который находится на пути к нужному узлу. Инкапсулируя кадр для отправки через интерфейс Ethernet, маршрутизатор должен добавить MAC-адрес получателя.

Если узел входит в локально подключенную к маршрутизатору сеть, это будет MAC-адрес узла назначения. Если пакет нужно передать другому маршрутизатору, будет использован MAC-адрес этого маршрутизатора. Маршрутизаторы берут MAC-адреса из таблиц ARP.

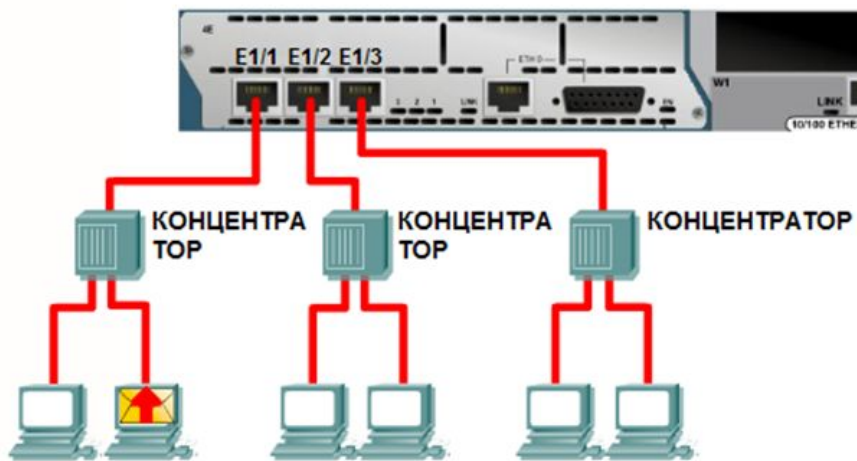
Таблицы маршрутизаторов

Каждый интерфейс маршрутизатора является частью локальной сети, к которой он подключен, и ведет свои таблицы ARP по данной сети. В таблицах ARP содержатся MAC-адреса и IP-адреса всех отдельных сетевых узлов.



Маршрутизатор

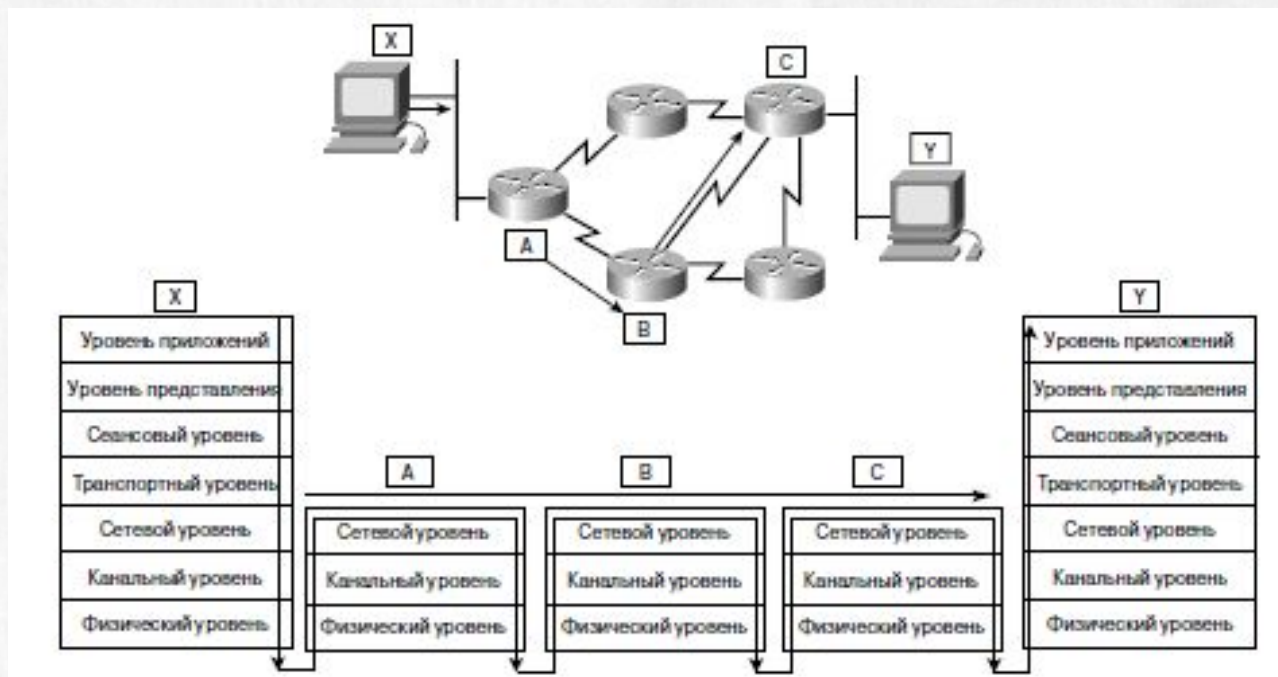
Таблица маршрутизации				
Тип	Сеть	Порт	Следующий	Метрика
C	192.168.3.0/24	Ethernet1/1	---	0/0
C	172.16.1.0/24	Ethernet1/2	---	0/0
C	10.5.5.0/24	Ethernet1/3	---	0/0



Кадр			
Метка	IP-адрес	IP-адрес	Инкапсулированные данные
	10.5.5.8	192.168.3.6	

Маршрутизация

Прохождение потока данных по маршрутизируемой сети.





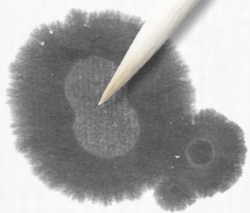
Программы и команды

Программа:

- PuTTY — популярная программа для работы с сетевыми протоколами SSH и Telnet, SCP и SFTP, утилита для генерации RSA и DSA ключей, и многое другое. PuTTY работает как под Windows, так и под Linux. PuTTY является бесплатным приложением с открытым исходным кодом.

Команды:

- ping, telnet, ifconfig, ipconfig, tracert, ssh;
- и другие программы, команды и протоколы



Спасибо за внимание

■ Холопов В.А.