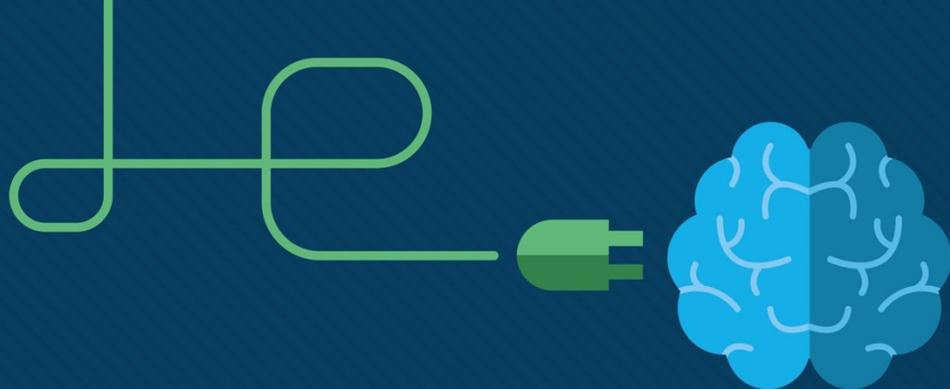




Модуль 8: Сетевой уровень

Введение в сетевые
технологии v7.0 (ITN)



Модуль 8: Темы

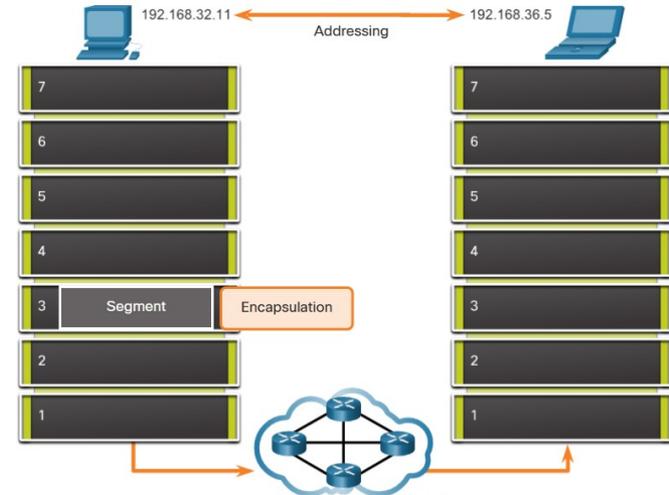
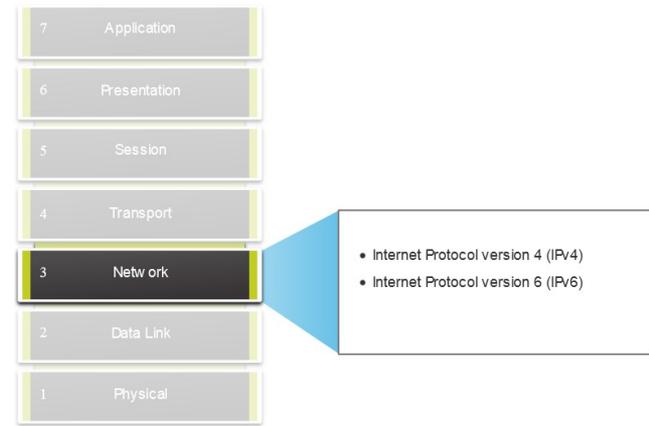
Что я буду изучать в этом модуле?

Заголовок темы	Цель темы
Характеристики сетевого уровня	Объяснить, как IP-протоколы сетевого уровня обеспечивают надежную передачу данных.
Пакет IPv4	Объяснить, для чего нужны основные поля заголовков в пакете IPv4.
Пакет IPv6	Объяснить, для чего нужны основные поля заголовков в пакете IPv6.
Методы маршрутизации на хостах	Объяснить, как сетевые устройства используют таблицы маршрутизации для пересылки пакетов в сеть назначения.
Таблицы маршрутизации на маршрутизаторах	Объяснить, за что отвечают поля в таблице маршрутизации на маршрутизаторе.

8.1 Характеристики сетевого уровня

Сетевой уровень

- Предоставляет услуги, позволяющие конечным устройствам обмениваться данными
- IP версии 4 (IPv4) и IP версии 6 (IPv6) являются протоколами связи основного сетевого уровня.
- Сетевой слой выполняет четыре основные операции:
 - Адресация конечных устройств
 - Инкапсуляция
 - Маршрутизация
 - Деинкапсуляция

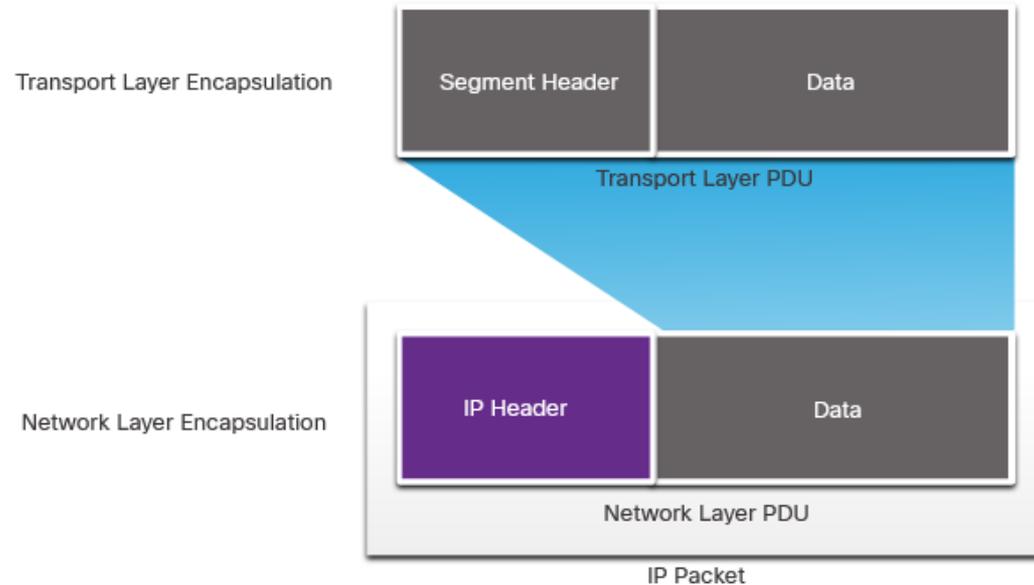


Network layer protocols forward transport layer PDUs between hosts.
конфиденциальная информация Cisco

IP инкапсуляция

- Протокол IP инкапсулирует сегмент транспортного уровня.
- IP может использовать пакет IPv4 или IPv6 и не влияет на сегмент уровня 4.
- IP-пакет будет проверяться всеми устройствами уровня 3 по мере прохождения сети.
- IP-адресация не изменяется от источника к адресату.

Примечание: NAT изменит адресацию, но это подробнее еще будет обсуждаться в другом модуле.



Характеристики протокола IP

IP предназначен для того, чтобы иметь низкие накладные расходы и может быть описан как:

- Без установления соединения
- Негарантированная доставка
- Независимость от среды

Без установления соединения.

Протокол IP. Без установления соединения.

- IP не устанавливает соединение с пунктом назначения до отправки пакета.
- Управляющая информация не требуется (синхронизация, подтверждения и т.д.).
- Пункт назначения получит пакет, когда он прибывает, но предварительные уведомления по IP не отправляются.
- Если существует потребность в трафике, ориентированном на соединение, то другой протокол будет обрабатывать это (обычно TCP на транспортном уровне).

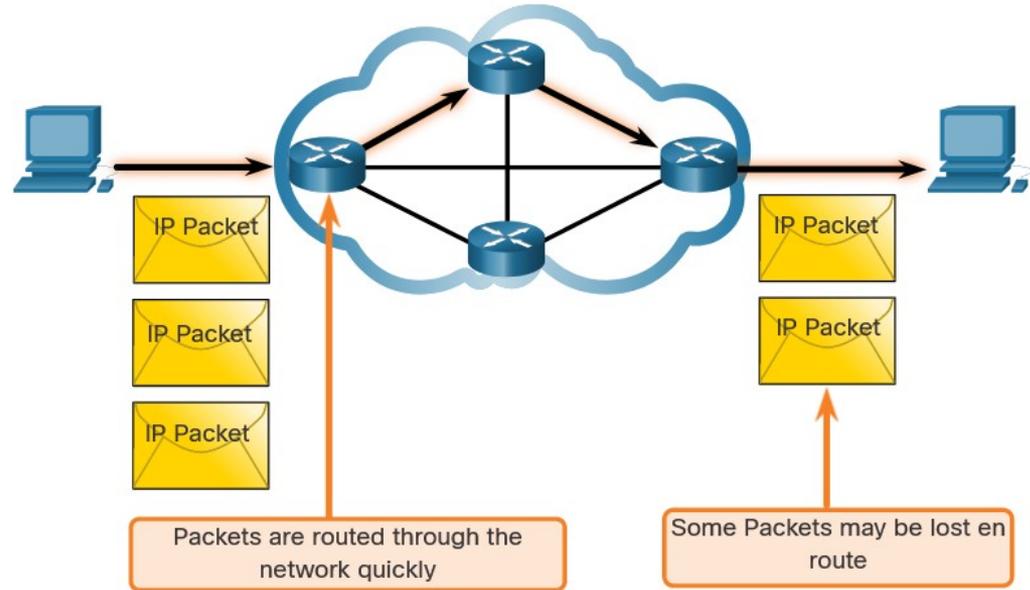


A letter is sent.

Негарантированная доставка

IP - негарантированная доставка

- IP не гарантирует доставку пакета.
- Таким образом, IP сокращает накладные расходы, поскольку отсутствует механизм для повторной отправки данных, которые не получены.
- IP не ожидает подтверждения.
- IP не знает, работает ли другое устройство или получило ли другое устройство пакет.



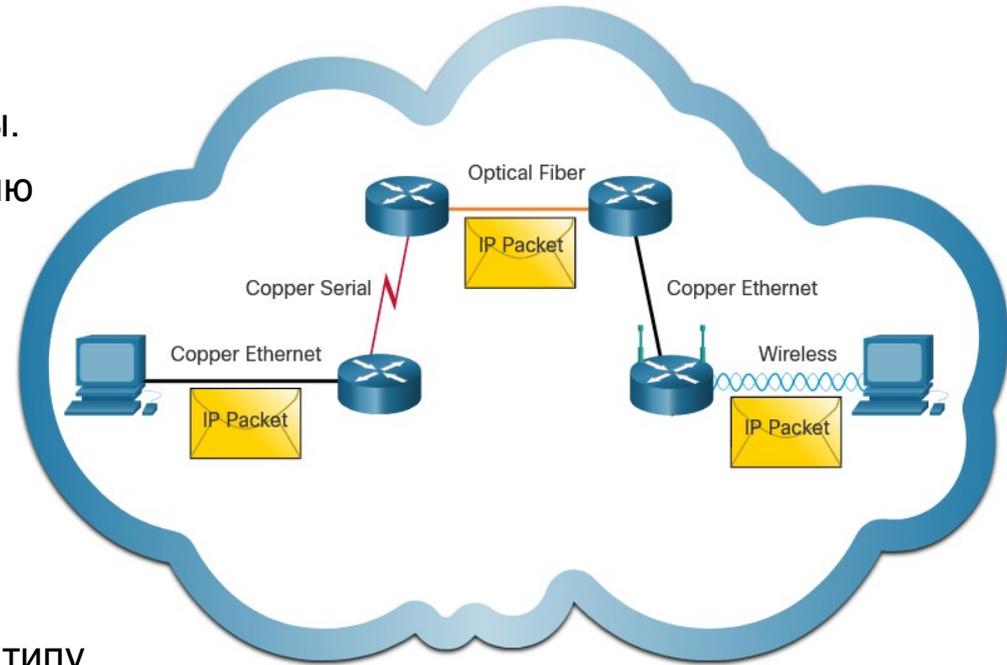
Независимость от среды

IP ненадежен:

- Он не может управлять или исправлять недоставленные или поврежденные пакеты.
- IP не может повторно передать информацию после ошибки.
- IP не может восстановить последовательность пакетов.
- IP должен полагаться на другие протоколы для этих функций.

IP независим от среды.

- IP не имеет отношения к типу кадра, необходимому на канальном уровне, или к типу носителя на физическом уровне.
- IP может передаваться по любому типу носителя: медь, оптоволокно или беспроводные каналы.



Независимость от среды (продолжение)

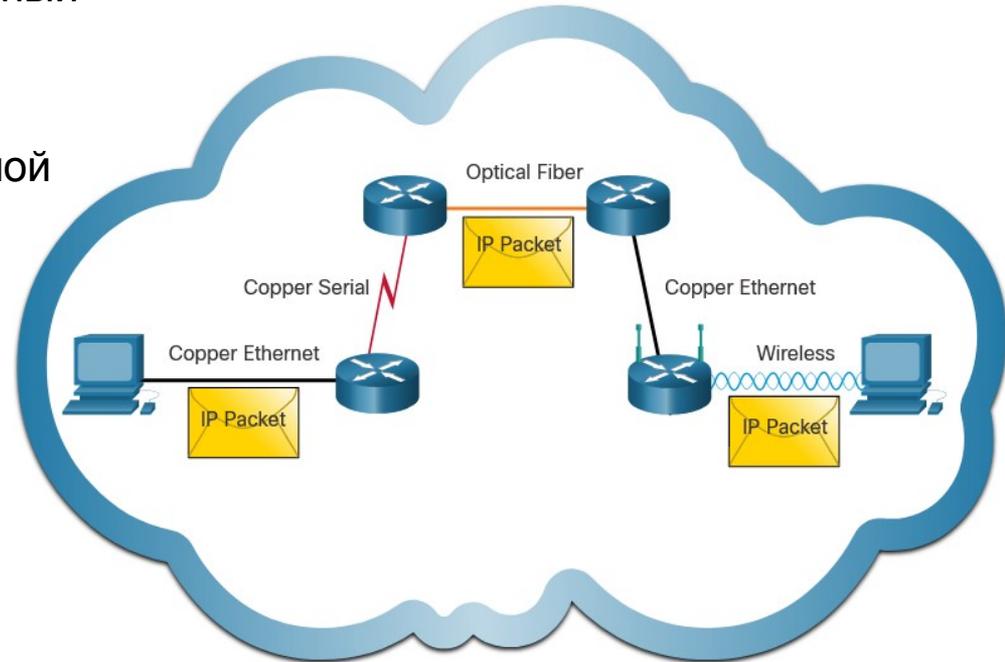
Сетевой уровень устанавливает максимальный блок передачи данных (MTU).

- Сетевой уровень получает это из управляющей информации, отправленной канальным уровнем.
- Затем сеть устанавливает размер MTU.

Фрагментация — это когда уровень 3 разбивает пакет IPv4 на более мелкие единицы.

- Фрагментация вызывает задержку.
- IPv6 не фрагментирует пакеты.
- Пример. Маршрутизатор переходит от Ethernet к медленной глобальной сети с

меньшим MTU



8.2 Пакет IPv4

Заголовок пакета IPv4

IPv4 является одним из основных протоколов связи сетевого уровня.

Сетевой заголовок имеет много целей:

- Он гарантирует, что пакет отправляется в правильном направлении (к месту назначения).
- Он содержит информацию для обработки сетевого уровня в различных полях.
- Информация в заголовке используется всеми устройствами уровня 3, которые обрабатывают пакет

Заголовок пакета IPv4

Характеристики сетевого заголовка IPv4:

- Он показан в двоичном формате.
- Содержит несколько полей информации
- Диаграмма читается слева направо, 4 байта на строку
- Двамя наиболее важными полями являются источник и пункт назначения.

Протоколы могут иметь одну или несколько функций.



Заголовок пакета IPv4

Среди наиболее важных полей в заголовке IPv4 можно выделить следующие.

Функция	Описание
Версия	Это для v4, в отличие от v6, 4-битное поле = 0100
Дифференцированные услуги	Используется для QoS: DiffServ — поле DS или старый IntServ — ToS или тип обслуживания
Контрольная сумма заголовка	Обнаружение повреждения в заголовке IPv4
Время существования (TTL)	Количество прыжков 3-го уровня. Когда он становится нулевым, маршрутизатор отбрасывает пакет.
Протокол	I.D.s протокол следующего уровня: ICMP, TCP, UDP и т.д.
IPv4-адрес источника	32-битный адрес источника
IP-адрес назначения	32-битный адрес назначения

Видео. Пример заголовков IPv4 в программе Wireshark

Это видео будет охватывать следующее:

- Пакеты Ethernet IPv4 в Wireshark
- Управление информацией сети.
- Разница между пакетами

8.3 Пакеты IPv6

Ограничения пакетов IPv4

IPv4 имеет три основных ограничения:

- Истощение адресов IPv4 — в настоящее время исчерпали возможности IPv4 адресации.
- Отсутствие сквозного подключения - чтобы IPv4 существовал так долго, были созданы частная адресация и NAT. Это положило конец прямой связи с публичной адресацией.
- Повышенная сложность сети — NAT была задумана как временное решение, она создает такие проблемы в сети как побочный эффект манипулирования адресацией сетевых заголовков. NAT вызывает проблемы с задержкой и устранением неполадок.

Пакеты IPv6

Обзор IPv6

- Рабочая группа инженеров по интернет-технологиям (Internet Engineering Task Force)
- IPv6 преодолевает ограничения IPv4.
- Преимущества, которые обеспечивает IPv6:
 - **Увеличено адресное пространство** — на основе 128-битного адреса, а не 32 битного
 - **Улучшенная обработка пакетов.** Структура заголовка IPv6 была упрощена благодаря уменьшению количества полей.
 - **Устраняет необходимость в NAT** — поскольку существует огромное количество адресации, нет необходимости использовать частную адресацию внутри и сопоставляться с общим публичным адресом

IPv4 and IPv6 Address Space Comparison

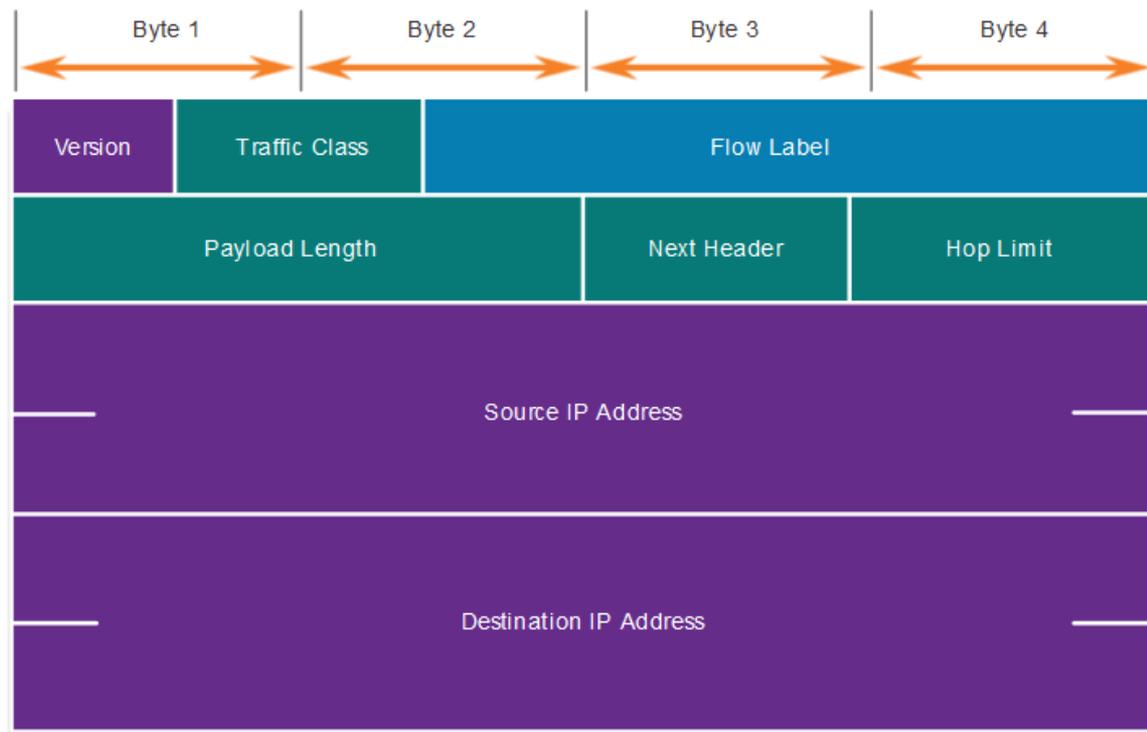
Number Name	Scientific Notation	Number of Zeros
1 Thousand	10^3	1,000
1 Million	10^6	1,000,000
1 Billion	10^9	1,000,000,000
1 Trillion	10^{12}	1,000,000,000,000
1 Quadrillion	10^{15}	1,000,000,000,000,000
1 Quintillion	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000
1 Sextillion	10^{21}	1,000,000,000,000,000,000,000
1 Septillion	10^{24}	1,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Octillion	10^{27}	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Nonillion	10^{30}	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Decillion	10^{33}	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Undecillion	10^{36}	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000

Legend

-  There are 4 billion IPv4 addresses
-  There are 340 undecillion IPv6 addresses

IPv6 Поля заголовков пакетов IPv4 в заголовке пакетов IPv6

- Заголовок IPv6 упрощен, но не меньше по размеру.
- Заголовок фиксируется с длиной 40 байт или октетов.
- Несколько полей IPv4 были удалены для повышения производительности.
- Некоторые поля IPv4 были удалены для повышения производительности:
 - Флаг
 - Смещение фрагмента
 - Контрольная сумма заголовка



Заголовок пакета IPv6

Среди наиболее важных полей в заголовке IPv4 можно выделить следующие.

Функция	Описание
Версия	Это для IPv6, в отличие от v4, 4-битное поле = 0110
Класс трафика	Используется для QoS: эквивалентно поле DiffServ — DS
Метка потока	Сообщает устройству обрабатывать идентичные метки потока таким же образом, 20-битное поле
Длина полезной нагрузки	Это 16-битное поле указывает длину блока данных или полезной нагрузки пакета IPv6.
Следующий заголовок	I.D.s протокол следующего уровня: ICMP, TCP, UDP и т.д.
Предел переходов	Заменяет поле TTL Счетчик переходов уровня 3
IPv4-адрес источника	128-битный адрес источника
IP-адрес назначения	128-битный адрес назначения

Заголовок пакета IPv6 (продолжение)

IPv6 пакет также может содержать заголовки расширений (EH).

Характеристики заголовков EH:

- предоставляют дополнительную информацию о сетевом уровне
- являются необязательными
- помещаются между заголовком IPv6 и полезной нагрузкой
- используются для фрагментации, обеспечения безопасности, поддержки мобильности и многого другого.

Примечание: В отличие от IPv4, маршрутизаторы не делят на части направленные IPv6-пакеты.

Видео. Пример заголовков IPv6 в программе Wireshark

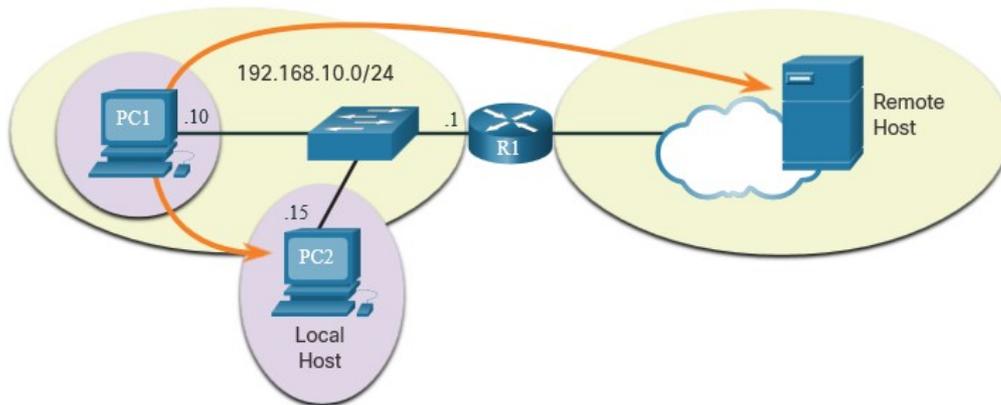
Это видео будет охватывать следующее:

- Пакеты Ethernet IPv6 в Wireshark
- Управление информацией сети.
- Разница между пакетами

Методы маршрутизации на хостах

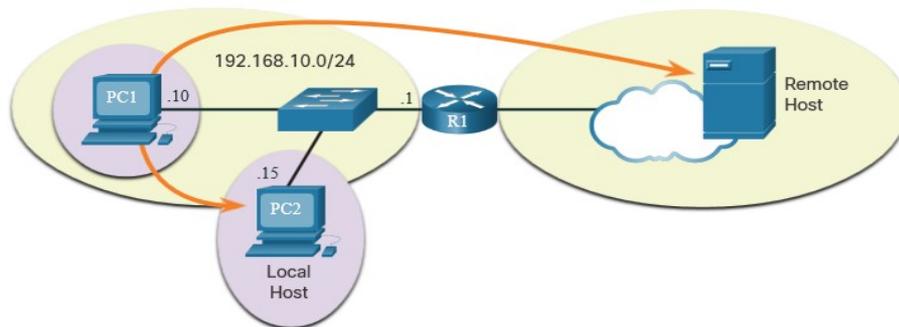
Решение о переадресации пакетов узлом

- Пакеты всегда создаются в источнике.
- Каждое хост-устройство создает свою собственную таблицу маршрутизации.
- Хост может отправлять пакеты следующим образом:
 - Сам — 127.0.0.1 (IPv4), ::1 (IPv6)
 - Локальные узлы — место назначения находится в одной локальной сети
 - Удаленные хосты — устройства не находятся в одной локальной сети



Решение о переадресации пакетов узлом (Продолжение)

- Исходное устройство определяет, является ли место назначения локальным или удаленным
- Метод определения:
 - IPv4 — Источник использует свой собственный IP-адрес и маску подсети, а также IP-адрес назначения
 - IPv6 — Источник использует сетевой адрес и префикс, объявленные локальным маршрутизатором
- Локальный трафик сбрасывается из интерфейса хоста для обработки промежуточным устройством.
- Удаленный трафик перенаправляется непосредственно на шлюз по умолчанию в локальной сети.



Шлюз по умолчанию

Маршрутизатор или коммутатор уровня 3 может быть шлюзом по умолчанию.

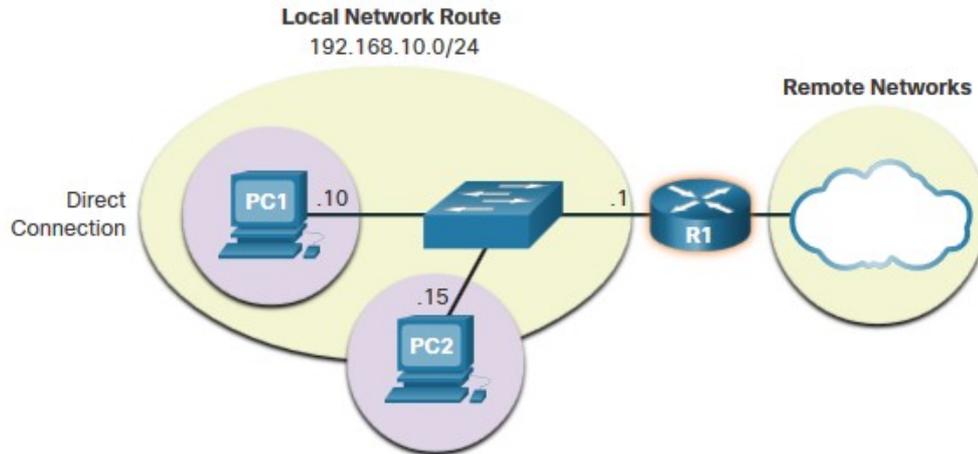
Особенности шлюза по умолчанию (DGW):

- Он должен иметь IP-адрес в том же диапазоне, что и остальная часть локальной сети.
- Он может принимать данные из локальной сети и способен перенаправлять трафик из локальной сети.
- Он может маршрутизировать в другие сети.

Если устройство не имеет шлюза по умолчанию или плохого шлюза по умолчанию, его трафик не сможет покинуть локальную сеть.

Использование шлюза по умолчанию

- Хост будет знать шлюз по умолчанию (DGW) либо статически, либо через DHCP в IPv4.
- IPv6 отправляет DGW через маршрутизатор запроса (RS) или может быть настроен вручную.
- DGW — это статический маршрут, который будет маршрутом последней надежды в таблице маршрутизации.
- Все устройства в локальной сети будут нуждаться в DGW маршрутизаторе, если они намерены отправлять трафик удаленно.



Таблицы маршрутизации хоста

- В Windows печать маршрута или `netstat -r` для отображения таблицы маршрутизации ПК



Три раздела, отображаемые этими двумя командами:

- Список интерфейсов — все потенциальные интерфейсы и MAC-адресация
- Таблица маршрутизации IPv4
- Таблица маршрутизации IPv6

IPv4 Routing Table for PC1

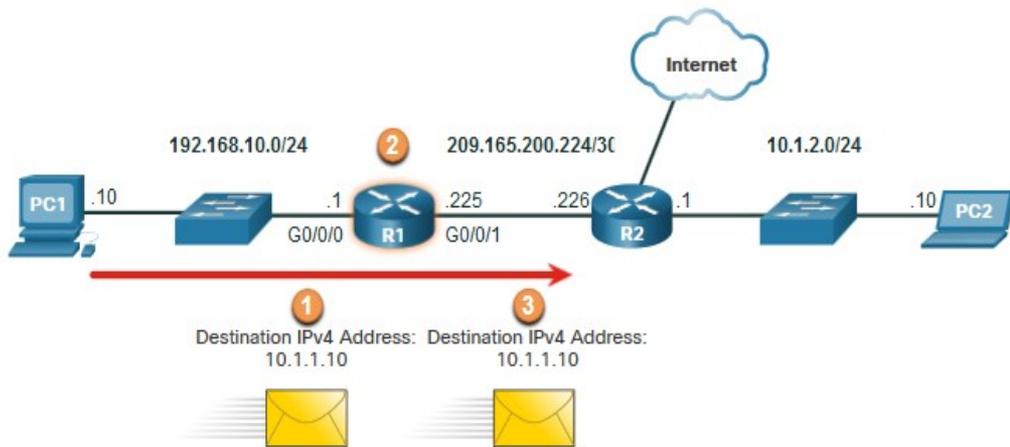
```
C:\Users\PC1> netstat -r

IPv4 Route Table
=====
Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway          Interface        Metric
-----
0.0.0.0                    0.0.0.0          192.168.10.1    192.168.10.10    25
127.0.0.0                  255.0.0.0        On-link         127.0.0.1        306
127.0.0.1                  255.255.255.255  On-link         127.0.0.1        306
127.255.255.255           255.255.255.255  On-link         127.0.0.1        306
192.168.10.0               255.255.255.0    On-link         192.168.10.10    281
192.168.10.10              255.255.255.255  On-link         192.168.10.10    281
192.168.10.255            255.255.255.255  On-link         192.168.10.10    281
224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link         127.0.0.1        306
224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link         192.168.10.10    281
255.255.255.255           255.255.255.255  On-link         127.0.0.1        306
255.255.255.255           255.255.255.255  On-link         192.168.10.10    281
```

8.5 Введение в маршрутизацию

Решение о переадресации пакетов маршрутизатора

Что происходит, когда маршрутизатор получает кадр от хост-устройства?



R1 Routing Table

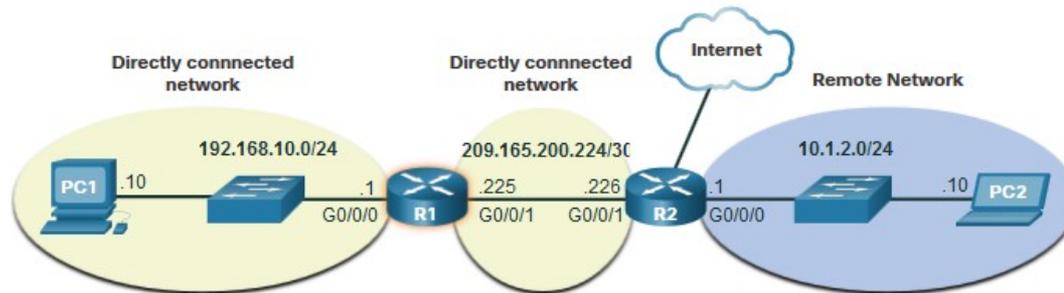
Route	Next Hop or Exit Interface
192.168.10.0 /24	G0/0/0
209.165.200.224/30	G0/0/1
10.1.1.0/24	via R2
Default Route 0.0.0.0/0	via R2

1. Packet arrives on the Gigabit Ethernet 0/0/0 interface of router R1. R1 de-encapsulates the Layer 2 Ethernet header and trailer.
2. Router R1 examines the destination IPv4 address of the packet and searches for the best match in its IPv4 routing table. The route entry indicates that this packet is to be forwarded to router R2.
3. Router R1 encapsulates the packet into a new Ethernet header and trailer, and forwards the packet to the next hop router R2.

Таблица маршрутизации IP-маршрутизатора

В таблице маршрутизации маршрутизатора есть три типа маршрутов:

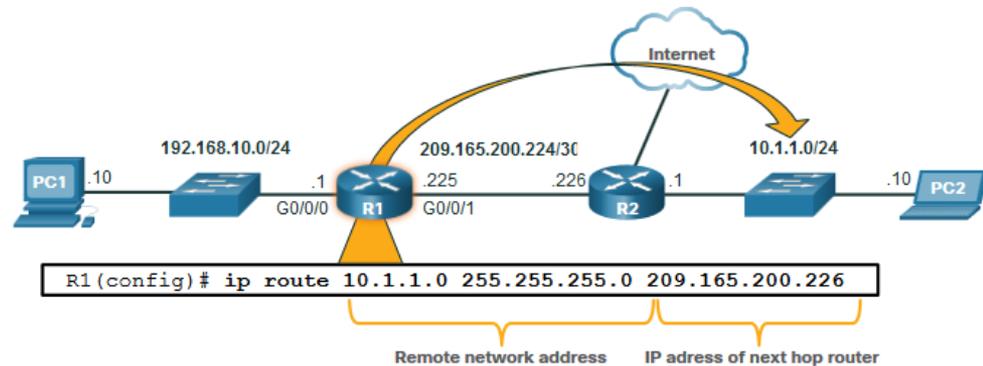
- **Прямое подключение** — эти маршруты автоматически добавляются маршрутизатором при условии, что интерфейс активен и имеет адресации.
- **Удаленные маршруты** — эти маршруты не имеют прямого подключения, они могут быть изучены:
 - Вручную — со статическим маршрутом
 - Динамически — используя протокол маршрутизации, чтобы маршрутизаторы делились информацией друг с другом
- **Маршрут по умолчанию** — это перенаправляет весь трафик в определенное направление, если в таблице маршрутизации нет совпадения



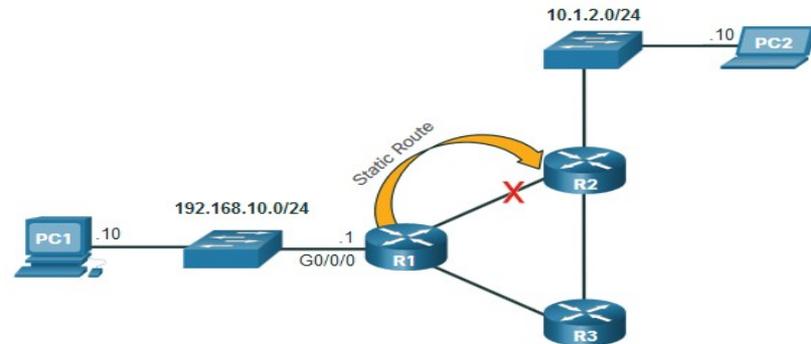
Статическая маршрутизация

Характеристики статического маршрута:

- Настраивается вручную.
- Необходимо настроить администратором вручную при изменении топологии
- Подходит для небольших сетей без резервирования
- Часто используется в сочетании с протоколом динамической маршрутизации для настройки маршрута по умолчанию



R1 is manually configured with a static route to reach the 10.1.1.0/24 network. If this path changes, R1 will require a new static route.



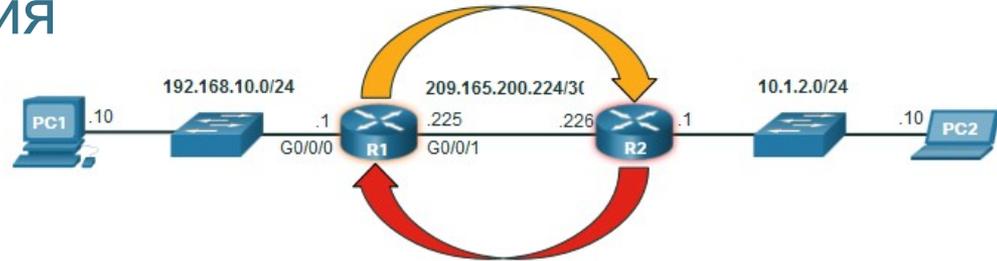
If the route from R1 via R2 is no longer available, a new static route via R3 would need to be configured. A static route does not automatically adjust for topology changes.

Динамическая маршрутизация

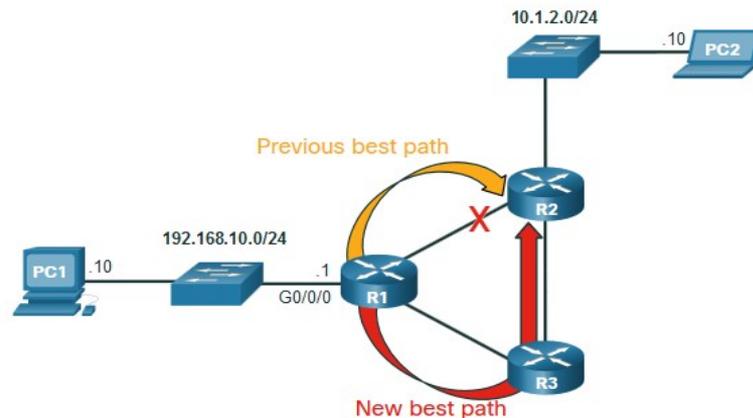
Динамические маршруты автоматически обеспечивают:

- Обнаружение удаленных сетей
- Обновление данных маршрутизации
- Выбор оптимального пути к сетям назначения.
- Поиск новых наилучших путей при изменении топологии

Динамическая маршрутизация также может совместно использовать статические маршруты по умолчанию с другими маршрутизаторами.



- R1 is using the routing protocol OSPF to let R2 know about the 192.168.10.0/24 network.
- R2 is using the routing protocol OSPF to let R1 know about the 10.1.1.0/24 network.



R1, R2, and R3 are using the dynamic routing protocol OSPF. If there is a network topology change, they can automatically adjust to find a new best path.

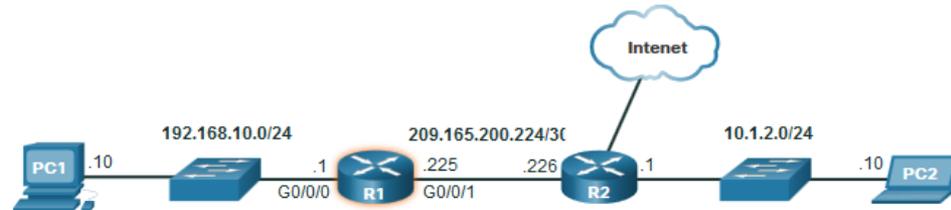
Видео — Таблицы IPv4 маршрутизации маршрутизаторов IPv4

В этом видео будет объяснена информация в таблице маршрутизации маршрутизатора IPv4.

Введение в таблицу маршрутизации IPv4

Команда **show ip route** показывает следующие источники маршрутов:

- **L** - IP-адрес локального интерфейса с прямым подключением
- **C** – Присоединенная напрямую сеть
- **S** — Статический маршрут был вручную настроен администратором
- **O** – OSPF
- **D** – EIGRP



Эта команда показывает типы маршрутов:

- Присоединенная напрямую сеть – C и L
- Ротемаршруты до удаленных сетей – O, D, и пр.
- Маршруты по умолчанию – S*

```
R1# show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PBR

Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.226, GigabitEthernet0/0/1
     10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O    10.1.1.0 [110/2] via 209.165.200.226, 00:02:45, GigabitEthernet0/0/1
     192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L    192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
     209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    209.165.200.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L    209.165.200.225/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
R1#
```

8.6 Практика и контрольная работа модуля

Что я изучил в этом модуле?

- Характеристики IP: без установления соединения, негарантированная доставка и независимость от среды.
- Доставка пакета не гарантируется.
- Заголовок пакета IPv4 состоит из нескольких полей, включающих информацию о пакете.
- IPv6 преодолевает недостаток сквозного подключения IPv4 и повышенную сложность сети.
- Устройство определит, является ли место назначения самим, другим локальным узлом и удаленным узлом.
- Шлюз по умолчанию — это маршрутизатор, который является частью локальной сети и будет использоваться как вход в другие сети.
- Таблица маршрутизации содержит список всех известных сетевых адресов (префиксов) и куда пересылать пакет.
- Маршрутизатор использует самую длинную маску подсети или совпадение префиксов.
- Таблица маршрутизации содержит три типа записей маршрутов: напрямую подключенные сети, удаленные сети и маршрут по умолчанию.

