

Лабораторная работа №7

Статическая маршрутизация

Теоретическая часть

ARP (Address Resolution Protocol)

Когда отправитель определил IP адрес приёмника, он смотрит в свою ARP таблицу чтобы узнать MAC адрес приёмника. Если источник обнаруживает, что MAC и IP адреса приёмника присутствуют в ARP таблице, он устанавливает между ними соответствие и использует его в ходе инкапсуляции IP пакетов во фреймы канального уровня. MAC адреса фреймов канального уровня берутся из ARP таблиц. После этого фрейм по физическому каналу отправляется от отправителя к адресату.

Если отправитель имеет IP пакет для получателя с IP-адресом АДР и этот адрес отсутствует в ARP таблице, то отправитель отправляет по сети широковещательный ARP запрос следующего содержания: сообщите MAC адрес сетевого интерфейса с IP-адресом АДР. Запрос принимают все сетевые устройства в сегменте сети, и только устройство, имеющее IP-адрес АДР, реагирует на него, посылая отправителю информацию о MAC адресе своего сетевого интерфейса с IP адресом АДР. Отправитель записывает пару <MAC адрес, IP-адрес АДР > в свою ARP таблицу.

Маршрутизация

Протоколы маршрутизации - это правила, по которым осуществляется обмен информации о путях передачи пакетов между маршрутизаторами. Протоколы характеризуются временем сходимости, потерями и масштабируемостью. В настоящее время используется несколько протоколов маршрутизации. Каждый протокол имеет сильные и слабые стороны.

Одна из главных задач маршрутизатора состоит в определении наилучшего пути к заданному адресату. Маршрутизатор определяет пути (маршруты) к адресатам или из статической конфигурации, введённой администратором, или динамически на основании маршрутной информации, полученной от других маршрутизаторов. Маршрутизаторы обмениваются маршрутной информацией с помощью протоколов маршрутизации. Маршрутизатор хранит таблицы маршрутов в оперативной памяти. Таблица маршрутов это список наилучших известных доступных маршрутов. Маршрутизатор использует эту таблицу для принятия решения куда направлять пакет. Для просмотра таблицы маршрутов следует использовать команду `show ip route`. Даже, если на некотором маршрутизаторе X не задавались никакие команды маршрутизации, тогда он всё равно строит таблицу маршрутов для непосредственно подсоединённых к нему сетей, например:

```
. . .  
C192.168.4.0/24 is directly connected, Ethernet0  
  10.0.0.0/16 is subnetted, 3 subnets  
C10.3.0.0 is directly connected, Serial0  
C10.4.0.0 is directly connected, Serial1
```

C10.5.0.0 is directly connected, Ethernet1

Маршрут на непосредственно подсоединённые сети отображается на интерфейс маршрутизатора, к которому они присоединены. Здесь /24 обозначает маску 255.255.255.0, а /16 - 255.255.0.0.

Таблица маршрутов отображает сетевые префиксы (адреса сетей) на выходные интерфейсы. Когда X получает пакет, предназначенный для 192.168.4.46, он ищет префикс 192.168.4.0/24 в таблице маршрутов. Согласно таблице пакет будет направлен на интерфейс Ethernet0. Если X получит пакет для 10.3.21.5, он направит его на Serial0.

Эта таблица показывает четыре маршрута для непосредственно подсоединённых сетей. Они имеют метку C. Маршрутизатор X отбрасывает все пакеты, направляемые к сетям, не указанным в таблице маршрутов. Для направления пакетам к другим адресатам необходимо в таблицу включить дополнительные маршруты. Новые маршруты могут быть добавлены двумя методами:

- статическая маршрутизация – администратор вручную определяет маршруты к сетям назначения.
- динамическая маршрутизация – маршрутизаторы следуют правилам, определяемым протоколами маршрутизации для обмена информацией о маршрутах и выбора лучшего пути.

Статические маршруты не меняются самим маршрутизатором. Динамические маршруты изменяются самим маршрутизатором автоматически при получении информации о смене маршрутов от соседних маршрутизаторов. Статическая маршрутизация потребляет мало вычислительных ресурсов и полезна в сетях, которые не имеют нескольких путей к адресату назначения. Если от маршрутизатора к маршрутизатору есть только один путь, то часто используют статическую маршрутизацию.

Для конфигурации статической маршрутизации в маршрутизаторах Cisco используют две версии команды ip route

Первая версия

ip route АдресСетиНазначения МаскаСетиНазначения Интерфейс

Команда указывает маршрутизатору, что все пакеты, предназначенные для АдресСетиНазначения-МаскаСетиНазначения следует направлять на свой интерфейс Интерфейс. Если интерфейс Интерфейс - типа Ethernet, то физические (MAC) адреса исходящих пакетов будут широковещательными.

Вторая версия

ip route АдресСетиНазначения МаскаСетиНазначения Адрес

Команда указывает маршрутизатору, что все пакеты, предназначенные для АдресСетиНазначения-МаскаСетиНазначения, следует направлять на тот свой интерфейс, из которого достижим IP адрес Адрес. Как правило, Адрес это адрес следующего хопа по пути к АдресСетиНазначения. Выходной интерфейс и физические адреса исходящих пакетов определяются маршрутизатором по своим ARP таблицам на основании IP адреса Адрес. Например

```
ip route 10.6.0.0 255.255.0.0 Serial1          (1)
ip route 10.7.0.0 255.255.0.0 10.4.0.2        (2)
```

Первый пример отображает сетевой префикс 10.6.0.0/16 на локальный интерфейс маршрутизатора Serial1. Следующий пример отображает сетевой префикс 10.7.0.0/16 на IP адрес 10.4.0.2 следующего хопа по пути к 10.7.0.0/16. Обе эти команды добавят статические маршруты в таблицу маршрутизации (метка S):

```
S 10.6.0.0 via Serial1
S 10.7.0.0 [1/0] via 10.4.0.2
```

Когда интерфейс отключается, все статические маршруты, отображаемые на этот интерфейс, удаляются из таблицы маршрутов. Если маршрутизатор не может больше найти адрес следующего хопа по пути к адресу, указанному в статическом маршруте, то маршрут исключается из таблицы.

Заметим, что для сетей типа Ethernet рекомендуется всегда использовать форму (2) команды `ip route`. Ethernet интерфейс на маршрутизаторе, как правило, соединён с несколькими Ethernet интерфейсами других устройств в сети. Указание в команде `ip route` IP адреса позволит маршрутизатору правильно сформировать физический адрес выходного пакета по своим ARP таблицам.

Маршрутизация по умолчанию

Совсем не обязательно, чтобы каждый маршрутизатор обслуживал маршруты ко всем возможным сетям назначения. Вместо этого маршрутизатор хранит маршрут по умолчанию (last resort). Маршруты по умолчанию используются, когда маршрутизатор не может поставить в соответствие сети назначения строку в таблице маршрутов. Маршрутизатор должен использовать маршрут по умолчанию для отсылки пакетов другому маршрутизатору. Следующий маршрутизатор будет иметь маршрут к этой сети назначения или иметь свой маршрут по умолчанию к третьему маршрутизатору и т.д. В конечном счёте, пакет будет маршрутизирован на маршрутизатор, имеющий маршрут к сети назначения.

Маршрут по умолчанию может быть статически введен администратором или динамически получен из протокола маршрутизации.

Так как все IP адреса принадлежат сети 0.0.0.0 с маской 0.0.0.0, то в простейшем случае надо использовать команду

```
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 [адрес следующего хопа | выходной
                           интерфейс]
```

Ручное задание маршрута по умолчанию на каждом маршрутизаторе подходит для простых сетей. В сложных сетях необходимо организовать динамический обмен маршрутами по умолчанию.

Интерфейс петля

На сетевых устройствах можно создавать сетевые интерфейсы не связанные с реальными каналами для передачи данных и назначать на них IP адреса с масками. Такие интерфейсы называют петлями (loopback). Петли полезны при поэтапном проектировании сетей. Если к какому-то реальному сетевому интерфейсу маршрутизатора в дальнейшем

будет подсоединена подсеть, то в начале на маршрутизаторе создаётся loopback, настраивается в плане взаимодействия с остальными участками сети и лишь затем заменяется на реальный интерфейс. Интерфейс петля появляется после команды `interface loopbackN` или сокращённо `int 1N`, где N целое неотрицательное число – номер петли. Например

```
Router(conf)>int 10 1.1.1.1 255.0.0.0
```

Команда trace

Команда `trace` является идеальным способом для выяснения того, куда отправляются данные в сети. Эта команда использует ту же технологию протокола ICMP, что и команда `ping`, только вместо проверки сквозной связи между отправителем и получателем, она проверяет каждый шаг на пути. Команда `trace` использует способность маршрутизаторов генерировать сообщения об ошибке при превышении пакетом своего установленного времени жизни (Time To Live, TTL). Эта команда посылает несколько пакетов и выводит на экран данные про время прохождения туда и назад для каждого из них. Преимущество команды `trace` заключается в том, что она показывает очередной достигнутый маршрутизатор на пути к пункту назначения. Это очень мощное средство для локализации отказов на пути от отправителя к получателю. Варианты ответов утилиты `trace`

Таблица 1

Символ	Значение
!H	Зондирующий пакет был принят маршрутизатором, но не переадресован, что обычно бывает из-за списка доступа
P	Протокол недостижим
N	Сеть недостижима
U	Порт недостижим
*	Превышение границы ожидания

Практическая часть

Загрузите топологию и конфигурацию из практической части предыдущей работы.

ARP

1. Подключитесь к маршрутизатору Router1 с и посмотрите его ARP таблицу

```
Router1#show arp
```

```
Protocol  Address          Age (min)  Hardware Addr  Type   Interface
Internet  10.1.1.1          -          00D0.58B7.80A1  ARPA   FastEthernet0/0
```

Она содержит только одну строку о MAC адресе своего Ethernet интерфейса с IP адресом 10.1.1.1.

2. Подключитесь к маршрутизатору Router2 и посмотрите его ARP таблицу. Она содержит только одну строку о MAC адресе своего Ethernet интерфейса с IP адресом 10.1.1.2

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	10.1.1.2	-	00D0.BA88.005C	ARPA	FastEthernet0/0

3. Переключитесь в режим Simulation. Пропингуйте Ethernet интерфейс маршрутизатора Router1

Router2#ping 10.1.1.1

Перейдите к основной рабочей области Cisco PT. В окне будет показано, что первый icmp пакет будет уничтожен (маршрутизатору неизвестен мас-адрес назначения), но будет сформирован широковещательный arp-запрос (рисунок 1).

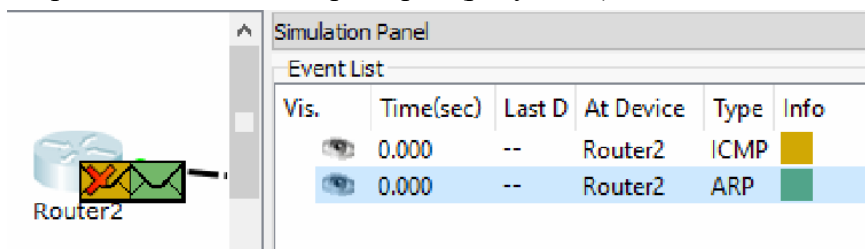


Рисунок 1

Нажмите на изображение arp-пакета и просмотрите его содержимое (рисунок 2).

ARP

0	8	16	31
HARDWARE TYPE: 0x1		PROTOCOL TYPE: 0x800	
HLEN: 0x6		OPCODE: 0x1	
SOURCE MAC: 000D.BD65.5BE0 (48 bits)		SOURCE IP (32 bits) ==>	
10.1.1.2			
TARGET MAC: 0000.0000.0000 (48 bits)			
TARGET IP: 10.1.1.1 (32 bits)			

Рисунок 2

Закройте окно. Нажимая кнопки Capture/Forward просмотрите содержимое пакетов arp-запроса и arp-ответа. После получения arp-ответа последующие icmp-запросы будут переданы.

Переключитесь в режим Realtime.

4. Снова посмотрите ARP таблицу Router2. Она содержит уже две строки. Появилась запись о MAC адресе Ethernet интерфейса Router1 с IP адресом 10.1.1.1.

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	10.1.1.1	0	00D0.58B7.80A1	ARPA	FastEthernet0/0
Internet	10.1.1.2	-	00D0.BA88.005C	ARPA	FastEthernet0/0

5. Подключитесь к маршрутизатору Router1 и посмотрите его ARP таблицу. Она содержит уже две строки

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	10.1.1.1	-	00D0.58B7.80A1	ARPA	FastEthernet0/0
Internet	10.1.1.2	2	00D0.BA88.005C	ARPA	FastEthernet0/0

Появилась запись о MAC адресе Ethernet интерфейса маршрутизатора Router2 с IP адресом 10.1.1.2.

Статические маршруты

В прошлой работе с маршрутизаторов Router2 и Router4 были недоступны некоторые интерфейсы из-за отсутствия маршрутизации. Добавим маршруты.

1. Подключитесь к маршрутизатору router2. Были недоступны адреса 172.16.10.1 и 172.16.10.2. Посмотрите таблицу маршрутов

Router2# **show ip route**

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

Видим непосредственно присоединённые сети. Нет маршрута к сети 172.16.10.0/24. Добавим маршрут к сети 172.16.10.0/24 через адрес ближайшего хоста 10.1.1.1 на пути к этой сети:

Router2(config)#**ip route 172.16.10.0 255.255.255.0 10.1.1.1**

Здесь и далее 172.16.10.0/24 – это сокращённая запись - определение подсети 172.16.10.0 с маской 255.255.255.0. В маске 255.255.255.0 содержится 24 единицы, что и обозначается /24.

2. Успешно пропингуем serial интерфейс Router1

Router2#**ping 172.16.10.1**

Снова посмотрите таблицу маршрутов

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S      172.16.10.0 [1/0] via 10.1.1.1
```

3. Но serial интерфейс Router4 недоступен.

Router2#**ping 172.16.10.2**

Переключитесь в режим Simulation. Проследите маршрут передачи icmp-запроса. Запрос достигает serial интерфейса Router4 с ip адресом 172.16.10.2 (рисунок 3), но уничтожается.



Рисунок 3

Нажмите на изображение пакета и на вкладке OSI Model нажимая кнопки Previous Layer и Next Layer просмотрите процесс обработки кадра в устройстве. Из описания видно, что істр-запрос принят, обработан, сформирован отклик, инкапсулирован в ір-пакет, но при отправке возникает проблема

```
7. The routing table does not have a route to the destination IP address. The device drops the packet.
```

В описании сказано, что в таблице маршрутизации нет маршрута для ір-адреса назначения и пакет уничтожен.

4. Переключитесь в режим Realtime. Подключитесь к маршрутизатору router4. Посмотрите таблицу маршрутов

```
Router4# show ip route
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    172.16.10.0 is directly connected, Serial2/0
```

В ней нет маршрута к сети 10.1.1.0/24. Добавим маршрут к сети 10.1.1.0/24 через адрес 172.16.10.1 ближайшего хопа на пути к этой сети:

```
Router4(config)#ip route 10.1.1.0 255.255.255.0 172.16.10.1
```

Снова посмотрите таблицу маршрутов.

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    10.1.1.0 [1/0] via 172.16.10.1
172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    172.16.10.0 is directly connected, Serial2/0
```

5. Теперь все сетевые интерфейсы в сети доступны с каждого сетевого устройства. Проверьте это.

Маршрутизация по умолчанию.

Сетевые устройства Router2 и Router4 имеют только по одному выходу во внешний мир: через интерфейсы с адресами 10.1.1.1 и 172.16.10.1, соответственно. Поэтому, можно не определять на какие подсети мы маршрутизируем пакеты и использовать маршрутизацию по умолчанию.

1. Вначале удалим старые маршруты.

```
Router2(config)#no ip route 172.16.10.0 255.255.255.0 10.1.1.1
```

```
Router4(config)#no ip route 10.1.1.0 255.255.255.0 172.16.10.1
```

2. И назначим маршруты по умолчанию.

```
Router2(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.1.1
```

```
Router4(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.10.1
```

3. Посмотрите таблицу маршрутов на всех устройствах.

```
Router2#sh ip route
```

```
Gateway of last resort is 10.1.1.1 to network 0.0.0.0
```

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 10.1.1.1
```

```
Router4#sh ip route
```

Gateway of last resort is 172.16.10.1 to network 0.0.0.0

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      172.16.10.0 is directly connected, Serial2/0
S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 172.16.10.1
```

4. Все сетевые интерфейсы в сети пингуются из каждого сетевого устройства. Проверьте это.

Loopback

1. Определим интерфейс-петлю на устройстве Router4

```
Router4(config)#int loopback 0
```

```
Router4(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.0
```

2. Пропишем на устройстве Router1 маршрут на сеть петли

```
Router1(conf)# ip route 1.1.1.0 255.255.255.0 172.16.10.2
```

3. Присоединимся к устройству Router2 и пропингуем созданную петлю

```
Router2#ping 1.1.1.1
```

Сохраните проект в целом и конфигурацию каждого маршрутизатора в отдельный файл.

Задание для самостоятельной работы

1. Построить в Packet Tracer топологию, представленную на рисунке.

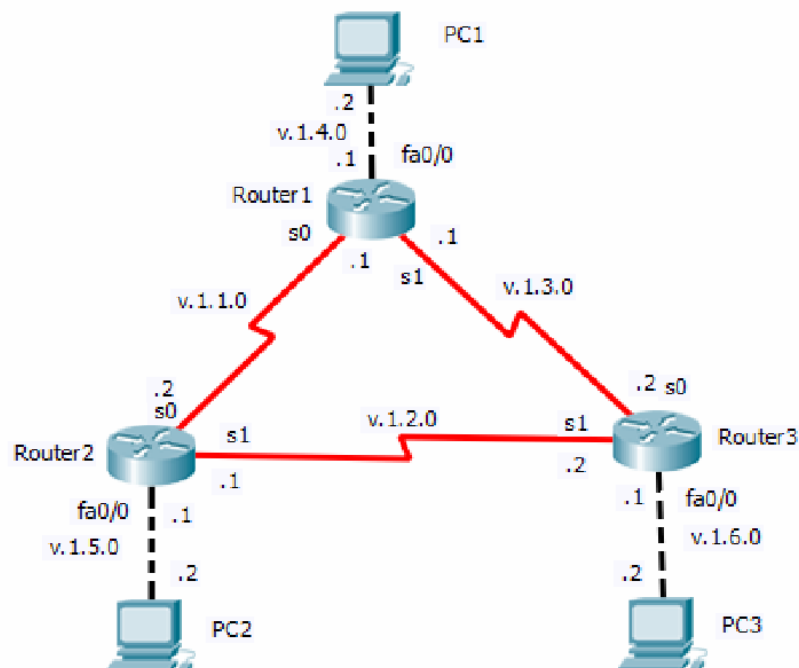


Рисунок 4

В сети шесть подсетей. Каждый маршрутизатор подключён к трём подсетям.

2. На каждом маршрутизаторе включить используемые интерфейсы и посмотреть соседей командой `show cdp neighbors`. Привести результат выполнения.

3. Назначить интерфейсам сети адреса согласно рисунку 4 и таблице 1 в которых v – это номер варианта. Все маски 255.255.255.0. Укажите шлюзы по умолчанию для компьютеров согласно таблице 2.

Таблица 2

	v.1.1.0	v.1.2.0	v.1.3.0	v.1.4.0	v.1.5.0	v.1.6.0
Router1	S0:v.1.1.1		S1:v.1.3.1	fa0/0:v.1.4.1		
Router2	S0:v.1.1.2	S1:v.1.2.1			fa0/0:v.1.5.1	
Router3		S0:v.1.2.2	S1:v.1.3.2			fa0/0:v.1.6.1
PC1				fa0:v.1.4.2		
PC2					fa0:v.1.5.2	
PC3						fa0:v.1.6.2

4. Проверьте назначение адресов путём выполнения на каждом маршрутизаторе команд `show running-config` и `show ip interface brief`. Для компьютеров используйте команду `ipconfig`.

5. Проверьте правильность назначения адресов путём выполнения на каждом маршрутизаторе команд `ping` к непосредственным соседям. Например, на маршрутизаторе Router1 выполните

Router1#ping v.1.1.2

Router1#ping v.1.3.2

Router1#ping v.1.4.2

6. Осуществите на маршрутизаторах настройку статической маршрутизации. В каждом маршрутизаторе пропишите маршруты на удалённые подсети. Для решения поставленной задачи маршрутизировать пакеты на удалённые сети последовательных соединений не надо.

У каждого маршрутизатора есть по две удалённые под сети. Всего надо прописать шесть статических маршрутов.

Чтобы из маршрутизатора Router1 достичь удалённую сеть v.1.5.0/24, пакеты можно направить на IP адрес 1.1.1.2 ближайшего внешнего интерфейса на пути в эту сеть командой

Router1(config)#ip route 1.1.5.0 255.255.255.0 1.1.1.2

Задайте остальные пять команд маршрутизации.

7. На каждом маршрутизаторе посмотреть таблицу маршрутизации командой `show ip route`. Приведите результаты выполнения.

8. На каждом маршрутизаторе сделайте расширенные пинги:

а) на маршрутизаторе Router1 от PC2 к PC3

б) на маршрутизаторе Router2 от PC1 к PC3

в) на маршрутизаторе Router3 от PC1 к PC2

Приведите результаты выполнения.

Например, результат расширенного пинга на маршрутизаторе router1 от PC2 к PC3 для для варианта 1 (v=1) имеет вид

```

router1#ping
Protocol [ip]:
Target IP address: 1.1.6.2
Repeat count [5]:
Datagram size [100]:
Timeout in seconds [2]:
Extended commands [n]:y
Source address or interface:1.1.5.2
Type of service [0]:
Set DF bit in IP header? [no]:
Validate reply data? [no]:
Data pattern [0xABCD]:
Loose, Strict, Record, Timestamp, Verbose[none]:
Sweep range of sizes [n]:

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 1.1.6.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/4 ms

```

9. На каждом компьютере выполните команды трассировки других компьютеров. Приведите результаты выполнения. Например, трассировка из PC1 на PC2 для варианта 1 (v=1)

```

PC1:#tracert 1.1.5.2

"Type escape sequence to abort."
Tracing the route to 1.1.5.2

 0 1.1.4.1 0 msec 16 msec 0 msec
 1 1.1.1.2 20 msec 16 msec 16 msec
 2 1.1.5.2 20 msec 16 msec *

```

10. Сохраните проект.

Содержание отчёта

- 1 Снимок экрана топологии из рисунка 4 с адресами своего варианта
2. Таблицу 2 с адресами своего варианта.
3. Результаты выполнения пунктов задания для самостоятельной работы.
4. Конфигурации трёх маршрутизаторов из .txt файлов, созданных при выполнении задания для самостоятельной работы.

Контрольные вопросы

1. Как отправитель узнаёт MAC адрес получателя?
2. Как посмотреть ARP таблицу?
3. Когда в ARP таблице появляются новые строки?
4. Что такое таблица маршрутов?
5. Если администратор не настраивал никаких маршрутов, то что она будет содержать?
6. Чем статическая маршрутизация отличается от динамической?
7. Какие две формы задания статической маршрутизации вы знаете?
8. Как в команде маршрутизации определяется сеть назначения?
9. Почему для сетей типа Ethernet рекомендуется всегда использовать форму (2) команды маршрутизации?
10. Объясните значения полей в командах маршрутизации.
11. Почему в качестве поля **Адрес** рекомендуют использовать адрес следующего хоста по пути к сети назначения.
12. Когда используется маршрутизация по умолчанию?
13. Когда используют интерфейс петля?
14. Как работает команда трассировки?

Порядок выполнения и сдачи работы

1. Изучить теоретическую и практическую часть.
2. Сдать преподавателю теорию работы путём ответа на контрольные вопросы.
3. Выполнить в Packet Tracer практическую часть.
4. Получите вариант и выполните в Packet Tracer задание для самостоятельной работы.
5. Предъявите преподавателю результат выполнения пунктов 8 и 9 задания для самостоятельной работы.
6. Оформите отчёт. Содержание отчёта смотри ниже.
7. Защитите отчёт .