

## Лабораторная работа №4

# Статическая маршрутизация в компьютерных сетях

## Оглавление

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Введение.....                                                             | 1  |
| 2. Статическая маршрутизация .....                                           | 2  |
| 3. Статическая маршрутизация сети в пакете Cisco Packet Tracer .....         | 3  |
| 3.1 Создание модели сети в пакете Cisco Packet Tracer .....                  | 3  |
| 3.2 Расчет подсетей .....                                                    | 3  |
| 3.3 Начальная настройка маршрутизаторов .....                                | 4  |
| 3.3.1 Базовая настройка .....                                                | 4  |
| 3.3.2 Настройка интерфейсов Fast Ethernet .....                              | 4  |
| 3.3.3 Настройка интерфейсов Serial .....                                     | 4  |
| 3.4 Настройка компьютеров .....                                              | 5  |
| 3.5 Настройка статической маршрутизации .....                                | 5  |
| 3.6 Исследование отказоустойчивости сети со статической маршрутизацией ..... | 7  |
| 3.7 Создание альтернативных маршрутов .....                                  | 7  |
| 3.8 Проверка отказоустойчивости сети с альтернативными маршрутами .....      | 8  |
| 3.9 Формирование маршрута «по умолчанию» .....                               | 8  |
| 4. Статическая маршрутизация на реальном оборудовании .....                  | 10 |
| 4.1 Организация работы .....                                                 | 10 |
| 4.2 Подключение сетевых устройств .....                                      | 10 |
| 4.3 Удаление предыдущей конфигурации .....                                   | 10 |
| 4.4 Конфигурация маршрутизаторов и настройка статической маршрутизации ..... | 10 |
| 5. Задание для самостоятельной работы .....                                  | 11 |
| 6. Рекомендуемые материалы .....                                             | 11 |

## 1. Введение

Транспортировка пакетов в IP-сетях осуществляется на основе информации о текущей конфигурации сети, имеющейся у маршрутизаторов и конечных станций.

Рациональный маршрут следования пакета выбирается путем анализа данных, содержащихся в **таблицах маршрутизации**. По результатам анализа IP-пакет, принятый маршрутизатором или сформированный в компьютере пользователя, продвигается в направлении узла-получателя сообщения.

Таблицы маршрутизации могут различаться в зависимости от фирмы-производителя и принятой операционной системы, однако, в любом случае должны содержать следующую информацию:

- адрес сети назначения с указанием маски;
- сетевой адрес следующего маршрутизатора;
- выходной порт маршрутизатора, на который должен быть направлен пакет;
- метрика маршрута, характеризующая меру предпочтения данного маршрута в соответствии с заданным критерием<sup>1</sup>.

В зависимости от способа ввода информации в таблицу маршрутизации различают статическую или динамическую маршрутизацию.

При **статической** маршрутизации все записи в таблице имеют неизменный, статический характер и вносятся администратором сети.

<sup>1</sup> Наиболее часто применяется критерий, учитывающий количество промежуточных маршрутизаторов (хопов) в данном маршруте. Кроме того, используются метрики, соответствующие признакам D, T и R в поле сервиса IP-пакета (T – пропускная способность, T – вносимая задержка, R – надежность маршрута).

При **динамической** маршрутизации все данные вносятся в таблицы маршрутизации с помощью специальных сетевых протоколов. Протоколы маршрутизации позволяют собирать информацию о топологии связей в сети и оперативно вносить в таблицы данные об изменениях связей, возникающих в сети. Результатом работы протоколов является согласование содержания таблиц маршрутизации у взаимодействующих маршрутизаторов.

## 2. Статическая маршрутизация

Статическая маршрутизация – вид маршрутизации, при котором записи в таблице маршрутизации создаются и удаляются вручную сетевым администратором.

Содержание записей таблиц маршрутизации различается в зависимости от размещения сети назначения и требований конкретных пользователей. Так, в маршрутах к сетям, непосредственно подключенным к портам данного маршрутизатора, указывается адрес выходного порта и отсутствуют ссылки на какой-либо другой маршрутизатор.

Для отдельного пользователя возможно назначение специфического маршрута, отличающегося от типового маршрута к данной сети; при этом в таблицу заносится полный IP-адрес узла назначения.

Пакеты, адресованные пользователям сетей, данные о которых отсутствуют в графе «сеть назначения», направляются к одному из соседних маршрутизаторов, через который обеспечивается доступ к этим сетям. Такой маршрутизатор называется **маршрутизатором по умолчанию**.

Все записи в таблице имеют статус «статических» с условно бесконечным сроком действия. При возникновении изменений в сети администратор должен оперативно скорректировать таблицы маршрутизации для тех маршрутизаторов, у которых произошедшие изменения требуют смены маршрутов следования пакетов.

Статическая маршрутизация осуществляется администратором сети без участия каких-либо протоколов маршрутизации и обычно применяется в сетях с простой топологией, объединяющих небольшое (1-3) число подсетей, и имеющих доступ к сети Интернет через шлюз, являющийся шлюзом по умолчанию.

Статическая маршрутизируемая среда может применяться для:

- сети малого предприятия;
- сети домашнего офиса;
- филиала с одной сетью.

Достоинства статической маршрутизации:

- простота отладки и конфигурирования в малых компьютерных сетях;
- экономия аппаратных ресурсов маршрутизатора;
- отсутствие динамической нагрузки на сеть.

Основным **недостатком** статической маршрутизации является чувствительность к повреждениям линий связи. Если маршрутизатор выходит из строя или канал связи становится недоступным, маршрутизатор не реагирует на неисправность, статический маршрут остается активным, при этом другие маршрутизаторы в сети будут продолжать передавать данные по недоступному маршруту.

В малых сетях (например, с тремя локальными сетями, соединенными между собой маршрутизаторами) подобные ситуации могут оперативно решаться администратором. Однако при масштабировании сети существенно возрастает трудоемкость коррекции таблиц маршрутизации. Поэтому в крупных сетях более предпочтительным оказывается использование специальных протоколов маршрутизации.

Маршруты статической маршрутизации вводятся командой **ip route**.

Задание порта по умолчанию производится командой **ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 interface/next hop ip address**.

Просмотр текущего состояния таблицы маршрутизации осуществляется при помощи команды **show ip route**.

Данные таблиц статической и динамической маршрутизации объединяются в одной таблице, в которую попадают лучшие из сформированных маршрутов.

В данной лабораторной работе изучаются методы организации составной сети на основе статической маршрутизации. Выполнение работы позволяет студентам детально ознакомиться с общими процедурами маршрутизации пакетов в IP-сетях.  
 Статическая маршрутизации сети практически выполняется в работе на маршрутизаторах фирмы Cisco.

### 3. Статическая маршрутизация в пакете Cisco Packet Tracer

#### 3.1 Создание модели сети в программе Cisco Packet Tracer

Откройте программу Cisco Packet Tracer и создайте сеть, аналогичную показанной на рис. 1. Используйте типы и названия устройств, указанные в таблице 1.

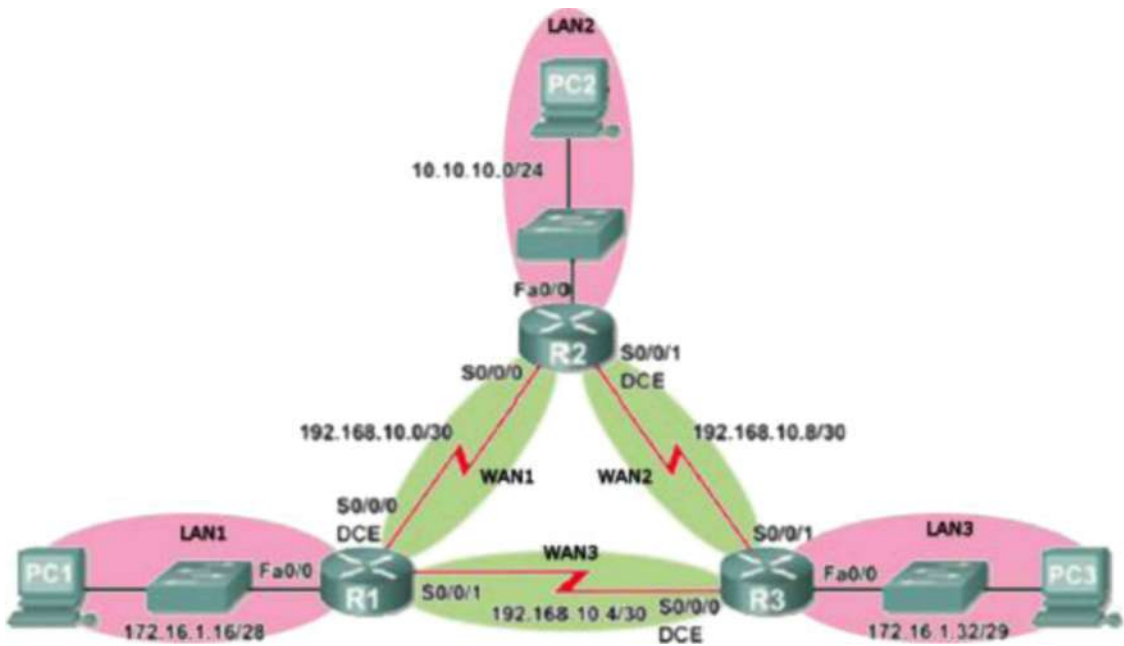


Рис 1. Сетевая структура с тремя локальными сетями, объединенными маршрутизаторами

Таблица 1

| Группа устройств    | Название устройства | Кол-во | Дополнительные модули |
|---------------------|---------------------|--------|-----------------------|
| Маршрутизатор       | 1841                | 3      | WIC-2T                |
| Коммутаторы         | 2950-24             | 3      | -                     |
| Конечные устройства | PC-PT (компьютер)   | 3      | -                     |

#### 3.2 Расчет подсетей

На основе рис. 1 определите ip-адреса и маски для всех устройств. Для всех подсетей определите диапазон адресов, доступных для использования и широковещательный адрес. Портam маршрутизатора присвойте первые адреса, а портam сетевых карт компьютеров – последние адреса подсетей. Результаты расчетов занесите в таблицу 2.

Таблица 2

| Название устройства | Интерфейс | Подсеть | IP | Маска | Шлюз |
|---------------------|-----------|---------|----|-------|------|
| R1                  | Fa0/0     | LAN 1   |    |       | -    |
| R1                  | S0/0/0    | WAN 1   |    |       | -    |
| R1                  | S0/0/1    | WAN 3   |    |       | -    |
| R2                  | Fa0/0     | LAN 2   |    |       | -    |
| R2                  | S0/0/0    | WAN 1   |    |       | -    |

|     |        |       |  |  |   |
|-----|--------|-------|--|--|---|
| R2  | S0/0/1 | WAN 2 |  |  | - |
| R3  | Fa0/0  | LAN 3 |  |  | - |
| R3  | S0/0/0 | WAN 3 |  |  | - |
| R3  | S0/0/1 | WAN 2 |  |  | - |
| PC1 | Eth0   | LAN 1 |  |  |   |
| PC2 | Eth0   | LAN 2 |  |  |   |
| PC3 | Eth0   | LAN 3 |  |  |   |

### 3.3 Начальная настройка маршрутизаторов

#### 3.3.1 Базовая настройка

Удалите старую конфигурацию и произведите базовую настройку маршрутизаторов (подробно базовая настройка маршрутизатора рассматривалась в лабораторной работе №2).

```
Router >enable
Router #configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#hostname R1
R1(config)#enable secret class
R1(config)#line console 0
R1(config-line)#password cisco
R1(config-line)#login
R1(config-line)#line vty 0 15
R1(config-line)#password cisco
R1(config-line)#login
R1(config-line)#exit
```

**Важное замечание.** Не забудьте задать маршрутизаторам разные имена.

#### 3.3.2 Настройка интерфейсов Fast Ethernet

При настройке интерфейсов используйте рассчитанные ранее адреса и маски (таблица 2). Ниже приведен пример настройки для интерфейса FastEthernet 0/0 на маршрутизаторе R1:

```
R1(config)# interface fa0/0
R1(config-if)# description connection to PC1
R1(config-if)# ip address 172.16.1.17 255.255.255.240
R1(config-if)# no shutdown
```

#### 3.3.3 Настройка интерфейсов Serial

Для соединения маршрутизаторов между собой используются серийные порты (см. рис.1), в настройке которых имеются отличия от FastEthernet: на интерфейсе необходимо задать скорость канала в битах. Скорость задается на интерфейсе только с одной стороны канала связи, на DCE устройстве (Data Circuit-terminating Equipment – Аппаратура Передачи Данных). DCE устройство конвертирует сигналы от DTE (Data Terminal Equipment – Оконечное Оборудование Данных) и преобразует их в форму, приемлемую для передачи по линии WAN-служб. Поэтому, чтобы произвести настройку серийного интерфейса, необходимо узнать тип устройства на каждой стороне. Эту информацию можно получить при помощи команды **show controllers serial**. В примере ниже вывод команды сильно сокращен. Интересующая нас информация находится в начале и выделена красным:

```
R1#show controllers serial 0/0/0
Interface Serial0/0/0
Hardware is PowerQUICC MPC860
DCE V.35, clock rate 2000000
idb at 0x81081AC4, driver data structure at 0x81084AC0
SOC Registers:
```

General [GSMR]=0x2:0x00000000, Protocol-specific [PSMR]=0x8  
Events [SCCE]=0x0000, Mask [SCCM]=0x0000, Status [SCCS]=0x00  
Transmit on Demand [TODR]=0x0, Data Sync [DSR]=0x7E7E  
——< вывод команды сокращен >——

Следующим шагом является настройка интерфейса на маршрутизаторах (предполагается что, R1 – DCE, R2 – DTE):

```
R1(config)#interface serial 0/0/0
R1(config-if)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.252
R1(config-if)#clock rate 2000000
R1(config-if)#no shutdown
```

```
R2(config)#interface serial 0/0/0
R2 (config-if)#ip address 192.168.10.2 255.255.255.252
R2 (config-if)#no shutdown
```

Аналогичным образом настройте другие интерфейсы Serial на всех маршрутизаторах в соответствии с обозначениями рисунка 1..

**Важно! clock rate** устанавливается только со стороны DCE устройства, задающего тактовую частоту работы приемопередатчиков на линии связи между маршрутизаторами.

После этого проверьте доступность соседних маршрутизаторов (имеющих непосредственное подключение друг к другу) при помощи команды ping:

```
R2 #ping 192.168.10.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.10.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 21/21/22 ms
```

### 3.4 Настройка компьютеров

Настройте компьютеры PC1, PC2, PC3, указав IP-адрес, маску и шлюз из таблицы 2 (настройка IP-адресов в Cisco Packet Tracer была описана в методических указаниях к лабораторной работе №1). При помощи команды ping проверьте доступность узлов сети: внутренние и внешние интерфейсы ближайших маршрутизаторов, дальних маршрутизаторов и компьютеров. Объясните полученные результаты

### 3.5 Настройка статической маршрутизации

Для продвижения пакетов из одной сети в другую маршрутизаторам необходимо знать, куда направлять входящие пакеты. Одним из вариантов сделать это – статическая маршрутизация. В оборудовании компании cisco добавление статических маршрутов осуществляется в режиме глобальной конфигурации при помощи команды “**ip route**”. Команда имеет следующий синтаксис:

**ip route (destination ip network address) (mask) (interface/next hop ip address)(metric)**

где

**destination ip network address** - ip-адрес сети назначения

**mask** - маска сети назначения,

**interface/next hop ip address** – выходной интерфейс текущего маршрутизатора или ip-адрес следующего маршрутизатора, соответственно;

**metric** – метрика или приоритет маршрута (при существовании одинаковых маршрутов до одной и той же сети выбирается маршрут с меньшей метрикой). По умолчанию используется значение метрики равное 1.

Так, для того чтобы на маршрутизаторе R1 добавить маршрут до локальной сети LAN\_2, в режиме глобальной конфигурации выполните команду:

**R1(config)#ip route 10.10.10.0 255.255.255.0 192.168.10.2**

Чтобы просмотреть текущую таблицу маршрутизации, выполните в привилегированном режиме команду **show ip route**:

R1#sh 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
S    10.10.10.0 [1/0] via 172.16.1.17
172.16.0.0/28 is subnetted, 1 subnets
C    172.16.1.16 is directly connected, FastEthernet0/0
192.168.10.0/30 is subnetted, 2 subnets
C    192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1
```

В выводе команды символом С отмечены сети, непосредственно подключенные к маршрутизатору, символ S используется для обозначения статических маршрутов. Расшифровка символов приводится в самом начале вывода команды.

Обратите внимание, что интерфейс fa 0/0 маршрутизатора R1 имеет адрес, принадлежащий сети LAN1, интерфейс Se 0/0/0 относится сети WAN1, а Se 0/0/1 – к сети WAN3. Поэтому маршрутизатор изначально знает о существовании этих сетей, что в таблице маршрутизации отмечено символом С. Эти сети (LAN1, WAN1, WAN3) прописывать на R1 не нужно.

На маршрутизаторе R1 добавьте статические маршруты до всех сетей, к которым маршрутизатор не подключен (LAN2, WAN2). Затем проверьте правильность указания статических маршрутов, изучив вывод команды show ip route.

С компьютера PC1 проверьте доступность интерфейсов маршрутизаторов и компьютеров в других локальных сетях. Как изменилась доступность узлов по сравнению с проверкой, выполнявшейся в п.3.3 настоящей работы? Как объяснить подобное поведение устройств в сети?

Изучите таблицу маршрутизации на остальных маршрутизаторах (R2, R3). Добавьте необходимые статические маршруты, чтобы обеспечить полносвязность сети. Для проверки изучите таблицы маршрутизации на маршрутизаторах R2 и R3.

**Важно!** Маршруты должны быть прописаны в двух направлениях. Это необходимо для того, чтобы передаваемые пакеты достигали узла назначения, а пакеты от узла назначения могли вернуться к узлу-источнику.

С компьютера PC1 проверьте доступность интерфейсов маршрутизаторов и компьютеров в других локальных сетях. Как изменилась доступность узлов по сравнению с предыдущей проверкой?

### 3.6 Исследование отказоустойчивости сети со статической маршрутизацией

Статическая маршрутизация помимо своих преимуществ – простоты настройки и отсутствия вычислительной нагрузки на ЦП, имеет один очень важный недостаток – неспособность автоматически реагировать на изменения топологии, происходящих в результате сбоев или модернизации сети.

В Cisco Packet Tracer удалите линию связи между маршрутизаторами R1 и R3. Затем с компьютера PC1 проверьте доступность интерфейсов маршрутизаторов и компьютеров в других локальных сетях.

С чем связано потеря полносвязности в сети?

Восстановите работоспособность сети, изменив статические маршруты таким образом, чтобы сети LAN1 и LAN3 были снова доступны друг для друга. Для удаления старых статических маршрутов используйте команду **no ip route**:

```
R1(config)#no ip route 172.16.1.32 255.255.255.248 192.168.10.6
```

### 3.7 Создание альтернативных маршрутов

Одним из способов повышения отказоустойчивости сети является задание альтернативных маршрутов. В основе этого метода лежит использование параметра **metric** в команде **ip route static**. На каждом маршрутизаторе продублируйте все существующие маршруты, заменив на них next hop ip-адресом интерфейса другого маршрутизатора и указав metric равный двум. Ниже приведен пример для R1 для сети LAN\_2 (10.10.10.0/24):

```
R1#show running-config
Building configuration...
——< вывод команды сокращен >——
!
ip classless
ip route 10.10.10.0 255.255.255.0 192.168.10.2
——< вывод команды сокращен >——
```

```
R1(config)#ip route 10.10.10.0 255.255.255.0 192.168.10.6 2
```

При помощи команды show ip route просмотрите таблицу маршрутизации:

```
R1#sh ip route
——< вывод команды сокращен >——
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    10.10.10.0 [1/0] via 192.168.10.2
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C    172.16.1.16/28 is directly connected, FastEthernet0/0
S    172.16.1.32/28 [1/0] via 192.168.10.6
S    172.16.1.32/29 [1/0] via 192.168.10.6
192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets
C    192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1
S    192.168.10.8 [1/0] via 192.168.10.2
```

Обратите внимание, что в таблице маршрутизации новые маршруты отсутствуют, т.к. их метрика меньше маршрутов созданных раньше.

### 3.8 Проверка отказоустойчивости сети с альтернативными маршрутами

Снова удалите линию связи между маршрутизаторами R1 и R3.

При помощи команды `show ip route` просмотрите таблицу маршрутизации. В таблице маршрутизации появились маршруты с метрикой 2.

```
R1#sh ip route
```

```
R1#sh ip route
```

```
——< вывод команды сокращен >——
```

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S   10.10.10.0 [2/0] via 192.168.10.6
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C   172.16.1.16/28 is directly connected, FastEthernet0/0
S   172.16.1.32/28 [1/0] via 192.168.10.6
S   172.16.1.32/29 [1/0] via 192.168.10.6
192.168.10.0/30 is subnetted, 1 subnets
C   192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1
```

С компьютера PC1 проверьте доступность интерфейсов маршрутизаторов и компьютеров в других локальных сетях.

### 3.9 Формирование маршрута «по умолчанию»

Часто возникают ситуации, когда указанный в пакете адрес сети назначения отсутствует в зафиксированных маршрутах. В этом случае пакеты направляются на интерфейс соседнего маршрутизатора, имеющего выходы в общую сеть. Для этого формируется так называемый маршрут «по умолчанию». Синтаксис такой команды:

**`ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 (interface/ next hop ip address)`**

В маршруте «по умолчанию» ip-адрес сети назначения указан как 0.0.0.0 и маска сети назначения как 0.0.0.0.

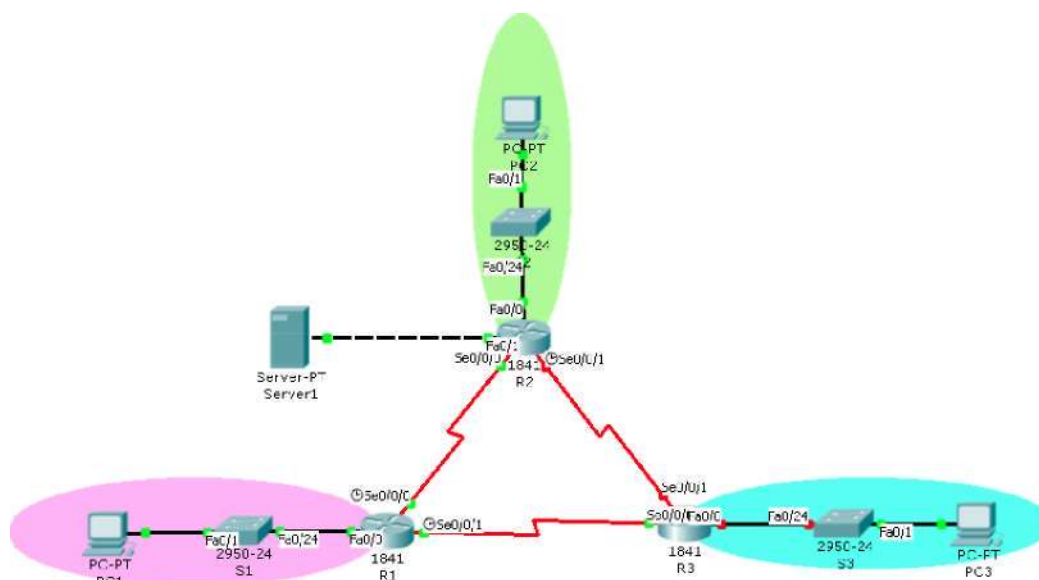
Пример команды: **`ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.10.1`**

Команда означает, что все пакеты, имеющие неизвестные адреса назначения, следует отправлять на адрес 192.168.10.1.

**Важно!** В случае наличия нескольких маршрутов со статической маршрутизацией выбирается более специфичный, т.е. тот, в котором указана более точно сеть назначения. Таким образом, получается, что маршрут по умолчанию имеет самый низкий приоритет. Это удобно, т.к. позволяет значительно сократить количество записей в таблице маршрутизации: можно создавать только те маршруты, у которых next-hop отличается от маршрута «по умолчанию».

В Cisco Packet Tracer создайте устройство Generic Server-PT и подключите его к порту FastEthernet 0/1 маршрутизатора R2, как показано на рис.2





*Рис.2. Добавление сервера к исходной сети*

Настройте интерфейсы сервера и маршрутизатора, используя данные из таблицы 3.

Таблица 3

| Название устройства | Интерфейс | Подсеть       | IP         | Маска           | Шлюз       |
|---------------------|-----------|---------------|------------|-----------------|------------|
| R2                  | Fa0/1     | 10.10.11.0/30 | 10.10.11.1 | 255.255.255.252 | -          |
| Server1             | Fa        | 10.10.11.0/30 | 10.10.11.2 | 255.255.255.252 | 10.10.11.1 |

На маршрутизаторах R1 и R3 пропишите маршрут «по умолчанию» на маршрутизатор R2:

R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.10.2

R3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.10.9

Просмотрите таблицу маршрутизации:

```

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S   10.10.10.0 [1/0] via 192.168.10.2
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C   172.16.1.16/28 is directly connected, FastEthernet0/0
S   172.16.1.32/28 [1/0] via 192.168.10.6
S   172.16.1.32/29 [1/0] via 192.168.10.6
192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets
C   192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0
C   192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1
S   192.168.10.8 [1/0] via 192.168.10.2
S*  0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.10.2

```

Проверьте доступность интерфейса Fa0/1 маршрутизатора R2 и сервера Server1 с компьютеров локальных сетей при помощи команды ping:

PC>ping 10.10.11.2

Pinging 10.10.11.2 with 32 bytes of data:

```

Reply from 10.10.11.2: bytes=32 time=130ms TTL=126
Reply from 10.10.11.2: bytes=32 time=115ms TTL=126
Reply from 10.10.11.2: bytes=32 time=104ms TTL=126
Reply from 10.10.11.2: bytes=32 time=104ms TTL=126

```