

Лабораторная работа №5

Статическая маршрутизация и протоколы динамической маршрутизации

Основной целью данной работы является развитие в Cisco Packet Tracer-е практических навыков статической и динамической настройки таблиц маршрутизации на маршрутизаторах в сетях.

Цели:

- Объяснить понятие маршрутизации и таблицы маршрутизации на роутере.
- Настроить статическую маршрутизацию на роутерах некоторой сети.
- Настроить протоколы динамической маршрутизации RIP, EIGRP и OSPF.
- Настроить протокол OSPF на нескольких доменах
- Объяснить понятие перераспределения маршрутов между автономными системами.
- Настройка протокола динамической маршрутизации BGP между автономными системами.

Методические указания по выполнению работы

Маршрутизация это процесс, с помощью которого маршрутизатор автоматически определяет на основе своей таблицы маршрутизации маршрут, по которому полученный пакет данных должен быть передан для достижения пункта назначения.

Таблица маршрутизации включает определенные маршруты к подсетям исходной сети. Каждый маршрут (в дополнение к IP-адресу и маске сети назначения) определяет интерфейс маршрутизатора, через который обеспечивается вход в сеть назначения.

Первоначально, когда маршрутизатор подключается в сеть, адреса подсетей, напрямую подключенных к нему, записываются в его таблицу маршрутизации. Чтобы иметь возможность передавать данные в другие сети, в таблице маршрутизации необходимо определить соответствующие маршруты до них. Определение маршрутов может выполняться вручную или автоматически. Процесс, с помощью которого маршруты определяются вручную на каждом маршрутизаторе в сети, называется статической маршрутизацией, а автоматизированный процесс настройки выполняется с помощью протокола динамической маршрутизации.

Статическая маршрутизация

Сначала мы проиллюстрируем, как вручную настроить статический маршрут (называемый рекурсивным) и статические маршруты по умолчанию (которые определяют IP-адрес интерфейса маршрутизатора, на который будет передаваться пакет данных, когда таблица маршрутизации текущего маршрутизатора не включает маршрут до сети назначения).

Синтаксис, применяемый при определении рекурсивного статического маршрута:

```
Router(config)# ip route network-address subnet-mask ip-address
```

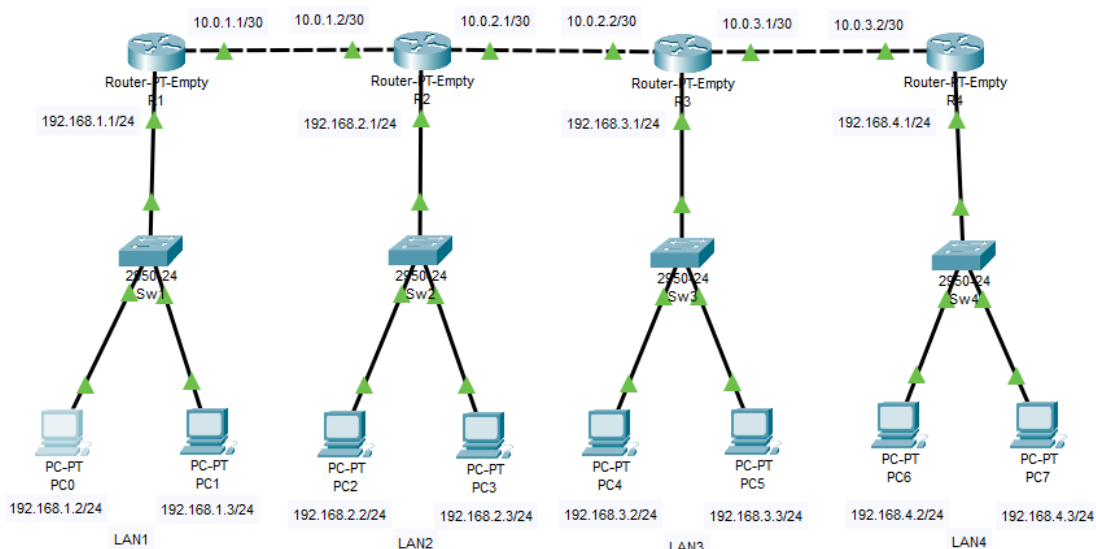
где network-address и subnet-mask - это адрес и маска подсети назначения, а ip-address - это IP-адрес входного интерфейса следующего маршрутизатора на пути к подсети назначения.

Синтаксис, применяемый для определения статического маршрута по умолчанию:

```
Router(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 {ip-address}
```

где 0.0.0.0 0.0.0.0 - IP-адрес и маска назначения, а ip-address - IP-адрес входного интерфейса следующего маршрутизатора на пути к подсети назначения.

Рассмотрим сеть, состоящую из 4 подсетей (по отношению к коммутаторам).



Если мы пропингуем с PC0 комп PC6, то маршрутизатор R1 сообщит нам, что «Destination host unreachable».

```
C:\>ping 192.168.4.2

Pinging 192.168.4.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.4.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
```

Маршрутизатор R0 не знает как передавать пакет в подсеть LAN4 => мы должны указать этому маршрутизатору, как попасть в подсеть LAN4, т.е. указать маршрут!

В этом смысле, чтобы получить доступ к подсети LAN4, пакет будет отправлен на маршрутизатор R2, а маршрутизатору R2 укажем, что для достижения LAN4 он должен отправить пакет на R3.

Точно так же мы укажем R3, что для достижения LAN4 он должен передать пакет к R4, а последний уже «знает, что делать» в подсети (широковещательном домене), которая подключена напрямую к нему.

В Cisco Packet Tracer-е мы будем использовать команду *ip route*

На роутере R1:
Router>en
Router#conf ter
Router(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 10.0.1.2
На роутере R2:
Router>en
Router#conf ter
Router(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 10.0.2.2
На роутере R3:
Router>en
Router#conf ter
Router(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 10.0.3.2

Однако, если мы попробуем снова пропинговать с PC0 комп PC6, нам будет отказано. Почему? В режиме моделирования мы видим, что пакет доходит до адресата, но когда он возвращается, то блокируется на маршрутизаторе R4. Это означает, что также необходимо указать обратный путь от пункта назначения к источнику:

На роутере R4:
Router>en
Router#conf ter
Router(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.3.1
На роутере R3:
Router#conf ter

```
Router(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.2.1
На роутере R2:
Router>en
Router#conf ter
Router(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.1.1
```

После этого уже пинг на ПК6 проходит успешно:

```
C:\>ping 192.168.4.2

Pinging 192.168.4.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.4.2: bytes=32 time<1ms TTL=124
Reply from 192.168.4.2: bytes=32 time<1ms TTL=124
Reply from 192.168.4.2: bytes=32 time=6ms TTL=124
Reply from 192.168.4.2: bytes=32 time=1ms TTL=124

Ping statistics for 192.168.4.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 6ms, Average = 1ms
```

Мы настроили маршрут от первой до четвертой подсети.

Но аналогично нужно настроить маршруты между любыми двумя подсетями.

Необходимо настроить маршруты между подсетями: 1-2, 1-3, 2-3, 3-2, 4-3, 4-2.

Таким образом, чтобы обеспечить доступ к этим подсетям, нам пришлось написать указанные маршруты.

Если доступ к истории команд, введенных в командной строке маршрутизатора, был закрыт, то можно задать следующие две команды, чтобы впредь избегать такой ситуации:

```
Router(config)#line console 0
Router(config-line)#exec-timeout ?
<0-35791> Timeout in minutes
Router(config-line)#exec-timeout 0 0
```

Как мы можем посмотреть прописанные нами маршруты? В таблице маршрутизации! Последнюю можно посмотреть на каждом маршрутизаторе (таблица маршрутизации этого маршрутизатора!), используя команду *show ip route* в привилегированном режиме или команду *do show ip route* в режиме глобальной конфигурации:

Например, на роутере R2 имеем:

```
Router>en
Router#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

10.0.0.0/30 is subnetted, 2 subnets
C 10.0.1.0 is directly connected, FastEthernet9/0
C 10.0.2.0 is directly connected, FastEthernet8/0
S 192.168.1.0/24 [1/0] via 10.0.1.1
C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet7/0
S 192.168.4.0/24 [1/0] via 10.0.2.2

Router#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#do 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
```

```
10.0.0.0/30 is subnetted, 2 subnets
C    10.0.1.0 is directly connected, FastEthernet9/0
C    10.0.2.0 is directly connected, FastEthernet8/0
S    192.168.1.0/24 [1/0] via 10.0.1.1
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet7/0
S    192.168.4.0/24 [1/0] via 10.0.2.2
```

Маршруты, помеченные буквой S, являются статическими, т. е. настроенные вручную на соответствующем маршрутизаторе.

Маршруты, отмеченные буквой C, подключены напрямую к текущему маршрутизатору.

Аналогично можно просматривать маршруты и на других роутерах.

То, что мы сделали сейчас, называется статической маршрутизацией!

Но в сетях организаций с более чем 5 маршрутизаторами используется динамическая маршрутизация!

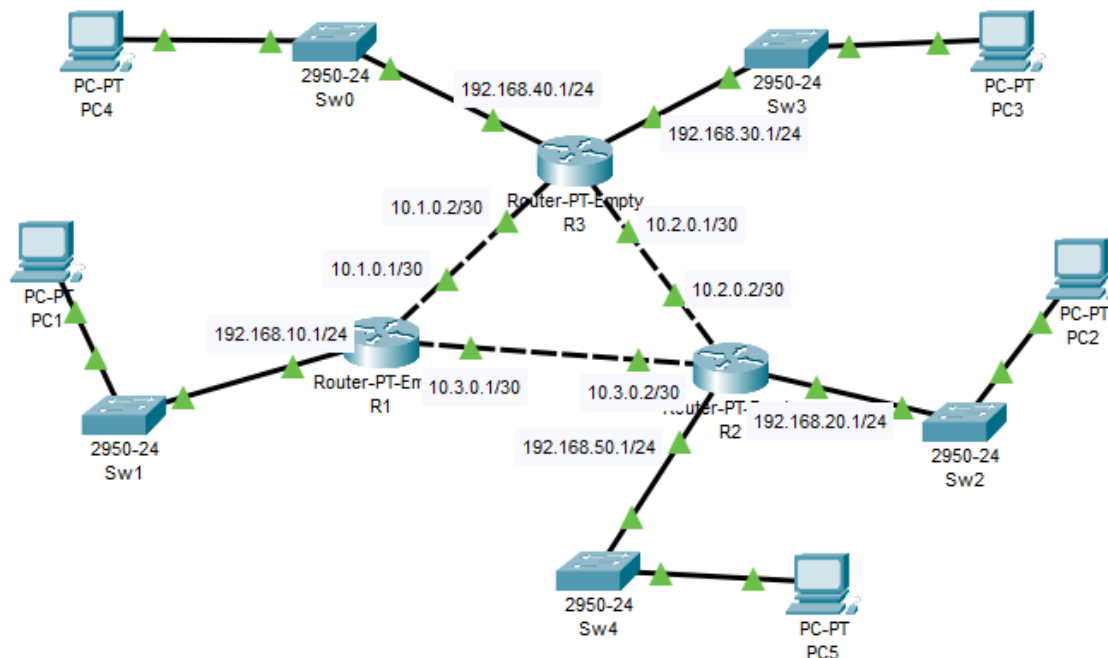
Динамическая маршрутизация

Протоколы динамической маршрутизации бывают трех типов:

- Протоколы на основе векторов расстояний
Стоимость маршрутов рассчитывается итеративно, если полная информация о сети недоступна. Таблица маршрутизации строится итеративно в несколько этапов.
Мы рассмотрим два таких протокола: RIP (протокол маршрутной информации) и EIGRP.
- Протоколы, основанные на анализе состояния канала
Маршрутизаторы сначала исследуют всю сеть, после чего, после получения полной информации о сети, рассчитываются стоимости маршрутов.
Мы рассмотрим один протокол этого типа - OSPF.
- Протоколы иерархической маршрутизации (также называемые протоколами на основе расстояния между автономными системами) - мы рассмотрим один протокол этого типа - BGP.

Настройка протокола RIP с помощью Cisco Packet Tracer

Рассмотрим следующую сеть



Настроим протокол динамической маршрутизации RIP на маршрутизаторах R1, R2 и R3:

```
R1(config)#router rip
R1(config-router)#version 2
R1(config-router)#network 10.1.0.0
R1(config-router)#network 192.168.10.0
R1(config-router)#network 10.3.0.0
R1(config-router)#no auto-summary
R1(config-router)#exit
```

```

R1(config)#do wr
R2(config)#router rip
R2(config-router)#version 2
R2(config-router)#network 192.168.20.0
R2(config-router)#network 192.168.50.0
R2(config-router)#network 10.3.0.0
R2(config-router)#network 10.2.0.0
R2(config-router)#no auto-summary
R2(config-router)#exit
R2(config)#do wr
R3(config)#router rip
R3(config-router)#version 2
R3(config-router)#network 10.1.0.0
R3(config-router)#network 10.2.0.0
R3(config-router)#network 192.168.30.0
R3(config-router)#network 192.168.40.0
R3(config-router)#no auto-summary
R3(config-router)#exit
R3(config)#do wr

```

В результате на каждом маршрутизаторе были установлены RIP-маршруты ко всем подсетям исходной сети. Например, в таблице маршрутизации R1 мы имеем:

```

10.0.0.0/30 is subnetted, 3 subnets
C    10.1.0.0 is directly connected, GigabitEthernet9/0
R    10.2.0.0 [120/1] via 10.3.0.2, 00:00:03, GigabitEthernet8/0
      [120/1] via 10.1.0.2, 00:00:28, GigabitEthernet9/0
C    10.3.0.0 is directly connected, GigabitEthernet8/0
C    192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet7/0
R    192.168.20.0/24 [120/1] via 10.3.0.2, 00:00:03, GigabitEthernet8/0
R    192.168.30.0/24 [120/1] via 10.1.0.2, 00:00:28, GigabitEthernet9/0
R    192.168.40.0/24 [120/1] via 10.1.0.2, 00:00:28, GigabitEthernet9/0
R    192.168.50.0/24 [120/1] via 10.3.0.2, 00:00:03, GigabitEthernet8/0

```

Если мы задаем пинг между любыми двумя хостами в сети, то удостоверимся, что между ними есть соединение. Точно так же, с помощью команды `tracert` мы можем просмотреть маршрут до пункта назначения. Например:

```

C:\>tracert 192.168.20.10
Tracing route to 192.168.20.10 over a maximum of 30 hops:
  1  1 ms      11 ms      0 ms      192.168.10.1
  2  0 ms      0 ms       4 ms      10.3.0.2
  3  0 ms      0 ms       0 ms      192.168.20.10
Trace complete.

```

Агрегация маршрутов уменьшает количество информации в таблицах маршрутизации. Если вы используете RIP версии 2, вы можете отключить автоматическое агрегирование, указав команду `no auto-summary` в режиме конфигурации маршрутизатора. Отключите автоматическое агрегирование, если вам нужно выполнить маршрутизацию между подсетями, которые не связаны напрямую. Если автоматическое агрегирование отключено, тогда также отображаются подсети.

Настройка протокола EIGRP с помощью Cisco Packet Tracer

На примере этой же сети мы покажем, как настроить протокол EIGRP:

```

R1(config)#router eigrp 1
R1(config-router)#network 10.1.0.0 0.0.0.3
R1(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.255
R1(config-router)#network 10.3.0.0 0.0.0.3
R1(config-router)#no auto-summary
R1(config-router)#exit
R1(config)#do wr
R2(config)#router eigrp 1
R2(config-router)#network 10.2.0.0 0.0.0.3
R2(config-router)#network 10.3.0.0 0.0.0.3
R2(config-router)#network 192.168.50.0 0.0.0.255
R2(config-router)#network 192.168.20.0 0.0.0.255
R2(config-router)#no auto-summary
R2(config-router)#exit

```

```

R2(config)#do wr
R3(config)#router eigrp 1
R3(config-router)#network 10.1.0.0 0.0.0.3
R3(config-router)#network 10.2.0.0 0.0.0.3
R3(config-router)#network 192.168.30.0 0.0.0.255
R3(config-router)#network 192.168.40.0 0.0.0.255
R3(config-router)#no auto-summary
R3(config-router)#exit
R3(config)#do wr

```

Помимо адресов сетей, напрямую подключенных к роутеру, также указываются их обратные маски.

Настройка протокола OSPF с помощью Cisco Packet Tracer

На примере этой же сети мы покажем, как настроить протокол OSPF:

```

R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#network 10.1.0.0 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)#network 10.3.0.0 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)#exit
R1(config)#do wr

R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#network 10.3.0.0 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)#network 10.2.0.0 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)#network 192.168.50.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#network 192.168.20.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#exit
R2(config)#do wr

R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#network 192.168.40.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 10.1.0.0 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#network 10.2.0.0 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#exit
R3(config)#do wr

```

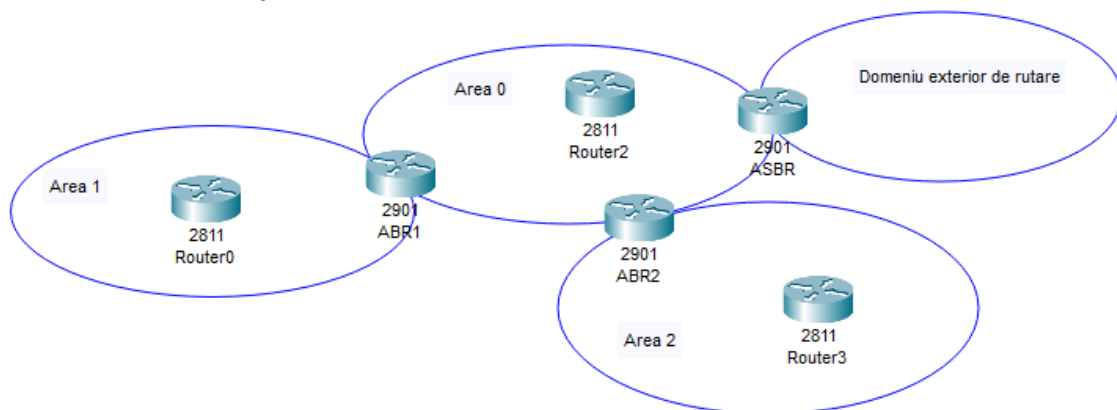
Помимо адресов сетей, напрямую подключенных к маршрутизатору, указываются их обратные маски и домен, к которому они принадлежат.

Использование доменов в OSPF

Протокол OSPF требует существенных ресурсов процессора и рабочей памяти.

Для решения этой проблемы перерасхода ресурсов маршрутизатора (процессор и оперативная память) было предложено использование разделения на домены, в которые входит меньшее количество маршрутизаторов. Маршрутизаторы находящиеся в одном домене определяют там маршруты, после чего они передают эти маршруты маршрутизаторам находящимся в других доменах, точнее, маршрутизаторам ABR (на границе каждого домена), которые распределяют их внутри домена.

Если доменов несколько, тогда обязательно должен быть домен Area0, так чтобы другие домены передавали данные именно через Area 0 => это процедура необходима, чтобы не образовывать циклы между доменами.



В OSPF рассматриваются следующие типы маршрутизаторов:

Маршрутизатор ABR - маршрутизатор, расположенный на границе между двумя доменами, так что один его интерфейс подключен к Area 0, а другие - к другим доменам.

Внутренний маршрутизатор - все интерфейсы подключены к устройствам в одном домене.

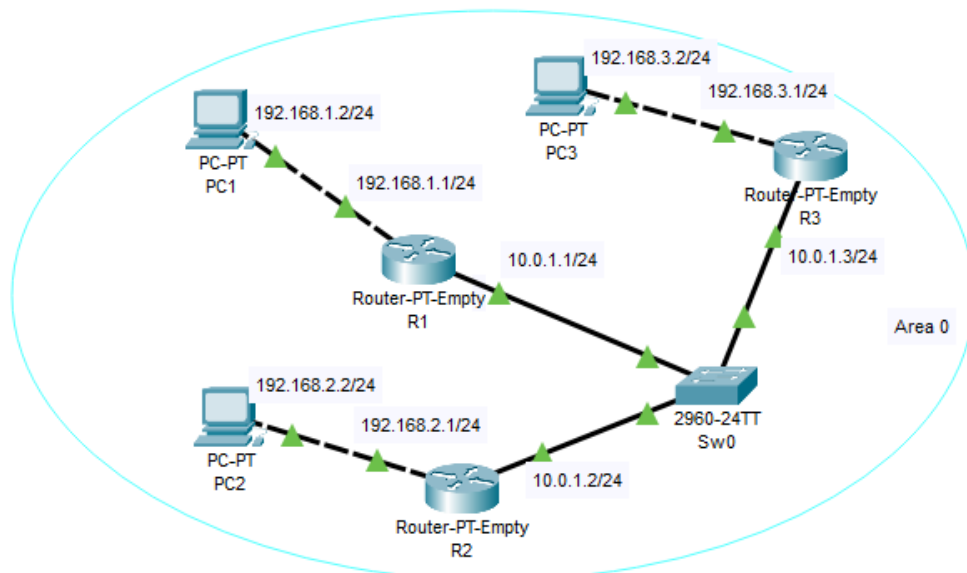
Магистральный маршрутизатор (backbone) - все интерфейсы маршрутизатора подключены к устройствам домена Area 0.

Маршрутизатор ASBR - маршрутизатор, расположенный на границе двух автономных систем.

Построим сеть, состоящую из трех доменов OSPF, используя Cisco Packet Tracer.

Каждый маршрутизатор находящийся в одном домене должен «знать», как передавать пакеты данных маршрутизаторам в других доменах.

Сначала мы построим первый домен (см. Рисунок ниже):



Настроим IP-адреса, указанные на рисунке, на интерфейсах каждого роутера. Также мы настроим на хостах указанные IP-адреса и маску / 24.

На каждом маршрутизаторе в Area 0 настроим протокол динамической маршрутизации OSPF:

На роутере R1:

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)#network 10.0.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)#exit
R1(config)#do wr
```

На роутере R2:

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#network 10.0.1.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#exit
R2(config)#do wr
```

На роутере R3:

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 10.0.1.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#exit
R3(config)#do wr
```

Чтобы увидеть маршруты, созданные OSPF на маршрутизаторе R2, мы воспользуемся командой *do show ip route*:

```
R2(config)#do 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

10.0.0.0/28 is subnetted, 1 subnets

C 10.0.1.0 is directly connected, GigabitEthernet9/0

O 192.168.1.0/24 [110/2] via 10.0.1.1, 00:05:23, GigabitEthernet9/0

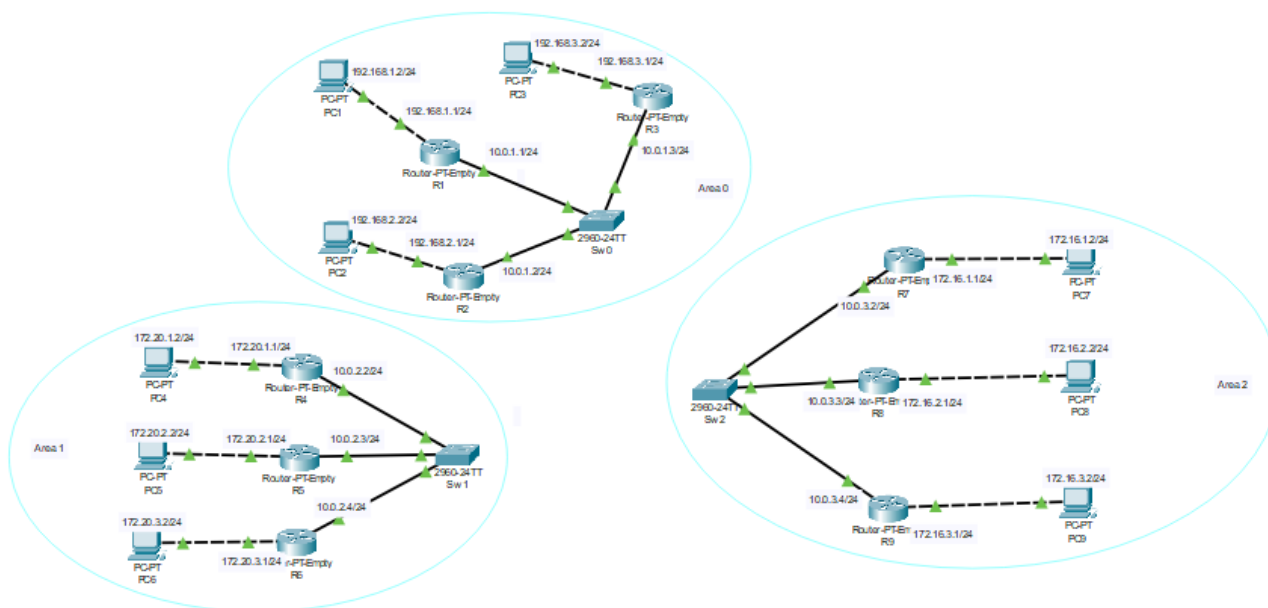
C 192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0

O 192.168.3.0/24 [110/2] via 10.0.1.3, 00:02:22, GigabitEthernet9/0

Мы видим в таблице маршрутизации роутера R2 два маршрута, сгенерированные OSPF, которые обозначаются буквой O.

Аналогично мы видим таблицы маршрутизации для маршрутизаторов R1 и R3.

Создадим еще два домена, Area 1 и Area 2, и настраиваем соответствующие устройства (см. Рисунок ниже). IP-адреса, необходимые для настройки, показаны на рисунке. Также мы настраиваем протокол динамической маршрутизации на маршрутизаторах в каждом домене - Area 1 и Area 2.



Например, на маршрутизаторе R4 (в Area 1) мы настроим протокол OSPF следующим образом:

На роутере R4:

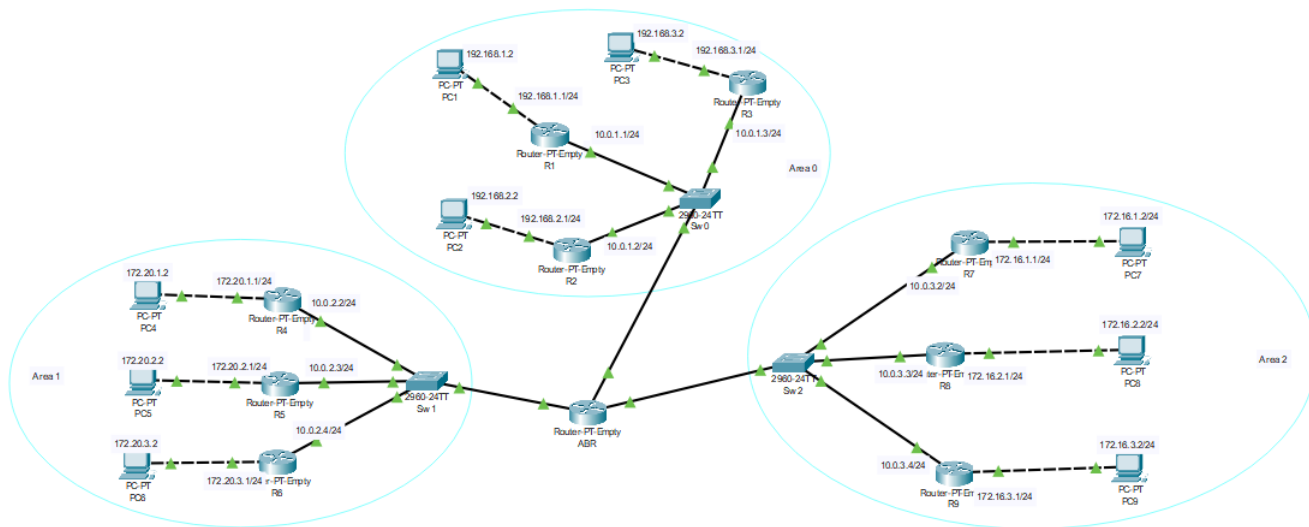
```
R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#network 172.20.1.0 0.0.0.255 area 1
R4(config-router)#network 10.0.2.0 0.0.0.255 area 1
R4(config-router)#exit
R4(config)#do wr
```

а на маршрутизаторе R8 (из Area 2) следующим образом:

На роутере R8:

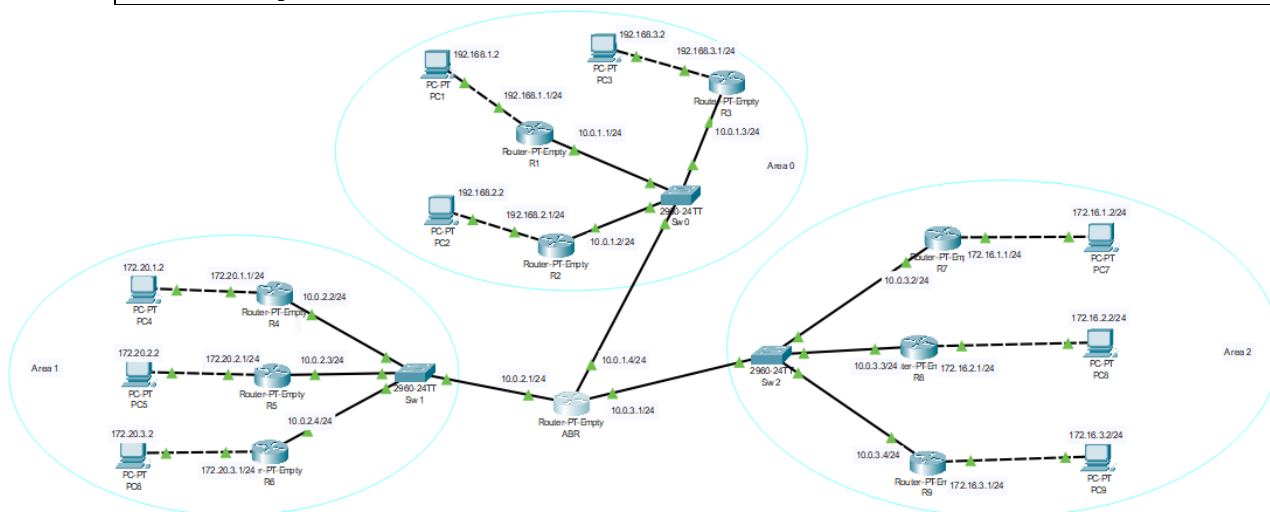
```
R8(config)#router ospf 1
R8(config-router)#network 10.0.3.0 0.0.0.255 area 2
R8(config-router)#network 172.16.2.0 0.0.0.255 area 2
R8(config-router)#exit
R8(config)#do wr
```

Для соединения трех доменов требуется маршрутизатор ABR с тремя интерфейсами. Мы вставим маршрутизатор PT Empty, к которому добавим три интерфейсных модуля.



Настраиваем маршрутизатор ABR (смотрим на рисунке IP адреса, соответствующие его интерфейсам), после чего настраиваем на нем протокол динамической маршрутизации OSPF:

```
ABR(config)#router ospf 1
ABR(config-router)#network 10.0.1.0 0.0.0.255 area 0
ABR(config-router)#network 10.0.2.0 0.0.0.255 area 1
ABR(config-router)#network 10.0.3.0 0.0.0.255 area 2
ABR(config-router)#exit
ABR(config)#do wr
```



Роль маршрутизаторов DR, BDR и DROTHER

Теперь все маршруты в сети записаны в таблицу маршрутизации маршрутизатора ABR:

```
ABR(config)#do 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, 3 subnets
C 10.0.1.0 is directly connected, GigabitEthernet8/0
C 10.0.2.0 is directly connected, GigabitEthernet7/0
C 10.0.3.0 is directly connected, GigabitEthernet9/0
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
O 172.16.1.0 [110/2] via 10.0.3.2, 00:01:31, GigabitEthernet9/0
O 172.16.2.0 [110/2] via 10.0.3.3, 00:01:31, GigabitEthernet9/0
O 172.16.3.0 [110/2] via 10.0.3.4, 00:01:31, GigabitEthernet9/0
172.20.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
```

```

O 172.20.1.0 [110/2] via 10.0.2.2, 00:01:01, GigabitEthernet7/0
O 172.20.2.0 [110/2] via 10.0.2.3, 00:01:01, GigabitEthernet7/0
O 172.20.3.0 [110/2] via 10.0.2.4, 00:01:01, GigabitEthernet7/0
O 192.168.1.0/24 [110/2] via 10.0.1.1, 00:01:15, GigabitEthernet8/0
O 192.168.2.0/24 [110/2] via 10.0.1.2, 00:01:15, GigabitEthernet8/0
O 192.168.3.0/24 [110/2] via 10.0.1.3, 00:01:15, GigabitEthernet8/0

```

Посмотрим, были ли переданы маршруты из доменов Area 1 и Area 2 в таблицу маршрутизации маршрутизатора R2 из Area 0:

```

R2(config)#do 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, 2 subnets
C       10.0.1.0 is directly connected, GigabitEthernet9/0
O IA    10.0.3.0 [110/2] via 10.0.1.4, 00:06:41, GigabitEthernet9/0
O       192.168.1.0/24 [110/2] via 10.0.1.1, 00:45:57, GigabitEthernet9/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0
O       192.168.3.0/24 [110/2] via 10.0.1.3, 00:46:07, GigabitEthernet9/0

```

Ответ - нет! Это связано с тем, что между маршрутизаторами построено неправильно иерархическое отношение (какой роутер является центральным!).

Маршрутизатор ABR принадлежит (через соответствующие интерфейсы) к 3 доменам Area 0, Area 1 и Area 2.

Маршрутизаторы в одном домене обмениваются сообщениями LSA друг с другом через маршрутизатор, называемый центральным маршрутизатором или маршрутизатором DR.

При подключении маршрутизаторы участвуют в процессе выбора маршрутизатора DR и его заместителя, называемого BDR.

После того, как центральный маршрутизатор DR выбран, другие маршрутизаторы в границах одного широковещательного домена отправляют ему сообщения LSA, а маршрутизатор DR, после сбора этой информации, отправляет ее обратно каждому маршрутизатору в широковещательном домене, а также маршрутизаторам в остальных широковещательных доменах сети.

В исследуемой сети в качестве маршрутизатора DR должен был быть выбран маршрутизатор ABR, но на самом деле он не был выбран. Мы можем увидеть это с помощью команды *show ip ospf neighbour* на маршрутизаторе R2:

```
R2(config)#do show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address
Interface				
192.168.1.1	1	FULL/BDR	00:00:37	10.0.1.1
GigabitEthernet9/0				
192.168.3.1	1	FULL/DR	00:00:37	10.0.1.3
GigabitEthernet9/0				
10.0.3.1	1	2WAY/DROTHER	00:00:32	10.0.1.4
GigabitEthernet9/0				

R3 был выбран в качестве маршрутизатора DR (через его интерфейс 10.0.1.3), а его заместитель BDR (он становится DR, если исходный маршрутизатор DR выходит из строя) - R1.

Маршрутизатор DR должен быть ABR через его интерфейс 10.0.1.4, и это можно сделать, если сделать его свойство *priority* больше, чем для других маршрутизаторов в этом широковещательном домене (R1, R2, R3).

По определению приоритеты всех маршрутизаторов равны 1. Если мы сделаем приоритет маршрутизатора ABR 100 (например!), то он будет переизбран в качестве маршрутизатора DR.

Маршрутизатор ABR находится на границе домена Area 0. Свойство priority устанавливается по отношению к домену Area 0, и для этого необходимо установить приоритет (с помощью команды `ip ospf priority 100`) относительно интерфейса ABR, соответствующей домену Area 0. Аналогично, должен быть установлен приоритет 100 по отношению к интерфейсам ABR общими с доменами Area 1 и Area2, соответственно. В командной строке для роутера ABR пишем:

```
ABR(config)#int gig 8/0
ABR(config-if)#ip ospf priority 100
ABR(config-if)#int gig 7/0
ABR(config-if)#ip ospf priority 100
ABR(config-if)#int gig 9/0
ABR(config-if)#ip ospf priority 100
ABR(config-if)#exit
ABR(config)#do clear ip ospf process
Reset ALL OSPF processes? [no]: y
```

Команда `clear ip ospf process` сбрасывает и начинает сначала процесс выбора маршрутизатора DR. Для инициализации процесса необходимо подтвердить „yes”.

После выполнения ряда действий мы снова можем увидеть на маршрутизаторе R2, кто является новым маршрутизатором DR:

```
R2(config)#do show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.1.1	1	FULL/BDR	00:00:31	10.0.1.1	GigabitEthernet9/0
192.168.3.1	1	2WAY/DROTHER	00:00:31	10.0.1.3	GigabitEthernet9/0
10.0.3.1	100	FULL/DR	00:00:36	10.0.1.4	GigabitEthernet9/0

Также, например, на роутере R5 в Area 1 имеем:

```
R5(config)#do show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address
Interface				
172.20.1.1	1	FULL/DROTHER	00:00:36	10.0.2.2
GigabitEthernet8/0				
172.20.3.1	1	FULL/DROTHER	00:00:36	10.0.2.4
GigabitEthernet8/0				
10.0.3.1	100	FULL/DR	00:00:39	10.0.2.1
GigabitEthernet8/0				

а на маршрутизаторе R7 в Area 2 соответственно:

```
R7(config)#do show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address
Interface				
172.16.2.1	1	FULL/BDR	00:00:36	10.0.3.3
GigabitEthernet8/0				
172.16.3.1	1	2WAY/DROTHER	00:00:33	10.0.3.4
GigabitEthernet8/0				
10.0.3.1	100	FULL/DR	00:00:32	10.0.3.1
GigabitEthernet8/0				

Таким образом, для каждого из трех доменов маршрутизатор ABR стал маршрутизатором DR. Посмотрим, что случилось с таблицей маршрутизации на R2:

```
R2(config)#do 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, 3 subnets
C 10.0.1.0 is directly connected, GigabitEthernet9/0
```

```

O IA 10.0.2.0 [110/2] via 10.0.1.4, 00:00:45, GigabitEthernet9/0
O IA 10.0.3.0 [110/2] via 10.0.1.4, 00:00:45, GigabitEthernet9/0
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
O IA 172.16.1.0 [110/3] via 10.0.1.4, 00:00:45, GigabitEthernet9/0
O IA 172.16.2.0 [110/3] via 10.0.1.4, 00:00:45, GigabitEthernet9/0
O IA 172.16.3.0 [110/3] via 10.0.1.4, 00:00:45, GigabitEthernet9/0
172.20.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
O IA 172.20.1.0 [110/3] via 10.0.1.4, 00:00:35, GigabitEthernet9/0
O IA 172.20.2.0 [110/3] via 10.0.1.4, 00:00:35, GigabitEthernet9/0
O IA 172.20.3.0 [110/3] via 10.0.1.4, 00:00:45, GigabitEthernet9/0
O 192.168.1.0/24 [110/2] via 10.0.1.1, 00:00:45, GigabitEthernet9/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0
O 192.168.3.0/24 [110/2] via 10.0.1.3, 00:00:45, GigabitEthernet9/0

```

Символ IA (Inter Area) указывает маршруты из других доменов, которые были получены через маршрутизатор ABR.

Проверяем связь между хостами в разных доменах:

Пингуем с хоста PC2 комп PC5 в Area 1 и комп PC9 в Area 2:

```

C:\>ping 172.20.2.2

Pinging 172.20.2.2 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 172.20.2.2: bytes=32 time<1ms TTL=125
Reply from 172.20.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=125
Reply from 172.20.2.2: bytes=32 time<1ms TTL=125

Ping statistics for 172.20.2.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

C:\>ping 172.16.3.2

Pinging 172.16.3.2 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 172.16.3.2: bytes=32 time<1ms TTL=125
Reply from 172.16.3.2: bytes=32 time<1ms TTL=125
Reply from 172.16.3.2: bytes=32 time<1ms TTL=125

Ping statistics for 172.16.3.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

```

Вывод: есть соединение между хостами из разных доменов через маршруты, генерируемые протоколом OSPF.

Экономия ресурсов была достигнута за счет того, что маршрутизаторы R1, R2 и R3 не знают о существующих маршрутах на маршрутизаторах в двух других доменах (и наоборот), но они передают данные через маршрутизатор ABR, который знает все маршруты генерируемые маршрутизаторами сети.

Напомним, что в дополнение к маршрутизатору DR в широковещательном домене находится и маршрутизатор BDR, а также маршрутизаторы DROTHER. Маршрутизатор BDR станет маршрутизатором DR, если текущий маршрутизатор DR не работает. Маршрутизатор DROTHER - это тот маршрутизатор, который не является ни DR, ни BDR. Если и DR, и BDR вышли из строя, то маршрутизаторы DROTHER организуют переизбрание новых маршрутизаторов DR и BDR.

Перераспределение маршрутов между протоколами динамической маршрутизации

Часто в разных автономных системах (доменах маршрутизации) работают разные протоколы динамической маршрутизации. Даже внутри составной сети на определенных сегментах могут быть настроены разные протоколы маршрутизации.

В этом случае, чтобы обеспечить передачу пакетов данных между любыми двумя устройствами в сети, применяется процедура перераспределения маршрутов, которая позволяет передавать

маршруты, созданные одним протоколом, для использования в другой протокол маршрутизации (обеспечивается связь между протоколами маршрутизации). Протокол маршрутизации, получивший перераспределенные маршруты, помечает последние как внешние маршруты.

Между двумя доменами маршрутизации должна быть как минимум одна точка перераспределения - маршрутизатор, на котором будут работать оба протокола маршрутизации в этих двух доменах.

Можно перераспределить маршруты протокола в тот же протокол, работающий в другом домене маршрутизации. Точно так же статические маршруты могут быть перераспределены в протокол динамической маршрутизации.

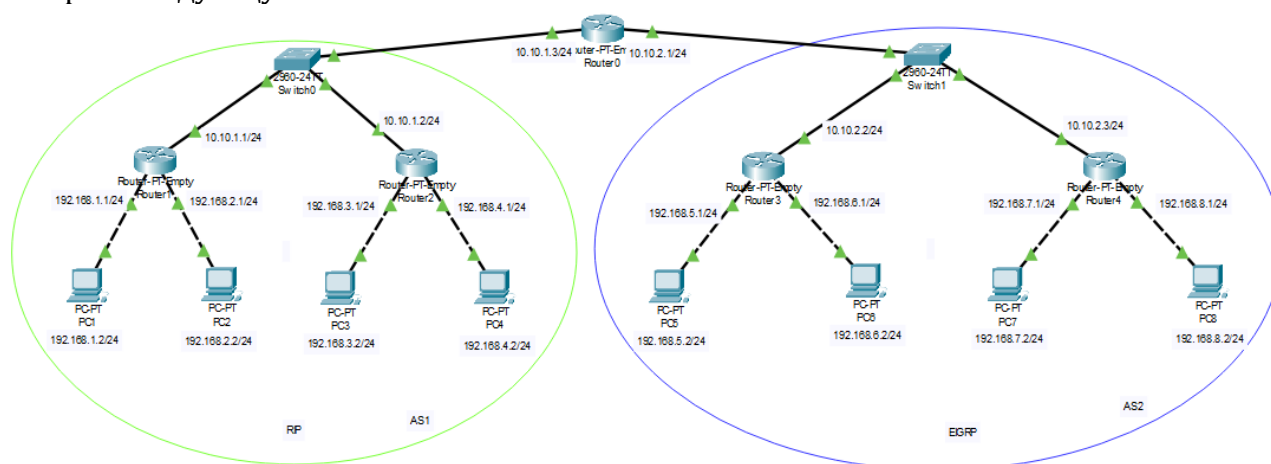
Те маршруты, которые содержатся в таблице маршрутизации маршрутизатора, могут быть перераспределены.

Метрика маршрутизации является основным компонентом перераспределения маршрутов. За исключением EIGRP, другие протоколы используют уникальную метрику. Перераспределенным маршрутам нужно назначать вручную метрику, которую "понимает" протокол, получающий эти маршруты.

Перераспределение маршрутов между RIP и EIGRP

Напомним, что RIP и EIGRP - это протоколы, основанные на векторах расстояния, которые используют в качестве метрики количество промежуточных переходов (маршрутизаторов) к сети назначения.

Рассмотрим следующую сеть:



В 5 подсетях AS1 настроен протокол динамической маршрутизации RIP, а в AS2 - протокол EIGRP.

Мы перераспределим маршруты между AS1 и AS2 через маршрутизатор Router0. В этом смысле, мы сначала настроим на Router0 как протокол RIP, так и EIGRP, объявив для RIP сеть 10.10.1.0/24, а для EIGRP - сеть 10.10.2.0/24:

```
Router(config)#router rip
Router(config-router)#version 2
Router(config-router)#network 10.10.1.0
Router(config-router)#no auto-summary
Router(config-router)#exit
Router(config)#router eigrp 1
Router(config-router)#network 10.10.2.0 0.0.0.255
Router(config-router)#no auto-summary
Router(config-router)#do wr
```

На Router0 маршруты RIP перераспределяются в EIGRP и наоборот:

```
Router(config)#router eigrp 1
Router(config-router)#redistribute rip metric 10000 100 255 1 1500
Router(config-router)#exit
```

```
Router(config)#router rip
Router(config-router)#redistribute eigrp 1 metric 1
Router(config-router)#exit
Router(config)#do wr
```

EIGRP включает пять значений при перераспределении маршрутов из других протоколов (вместо redistribute rip может быть redistribute ospf, redistribute static и т. д.): пропускная способность (bandwidth), задержка (delay), надежность (reliability), загрузка (load) и MTU, соответственно.

В результате выполнения вышеуказанных команд, таблицы маршрутизации для Router1 и Router2 будут включать все маршруты сети:

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C    10.10.1.0 is directly connected, GigabitEthernet7/0
R    10.10.2.0 [120/1] via 10.10.1.3, 00:00:08, GigabitEthernet7/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet9/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0
R    192.168.3.0/24 [120/1] via 10.10.1.2, 00:00:14,
GigabitEthernet7/0
R    192.168.4.0/24 [120/1] via 10.10.1.2, 00:00:14,
GigabitEthernet7/0
R    192.168.5.0/24 [120/1] via 10.10.1.3, 00:00:08,
GigabitEthernet7/0
R    192.168.6.0/24 [120/1] via 10.10.1.3, 00:00:08,
GigabitEthernet7/0
R    192.168.7.0/24 [120/1] via 10.10.1.3, 00:00:08,
GigabitEthernet7/0
R    192.168.8.0/24 [120/1] via 10.10.1.3, 00:00:08,
GigabitEthernet7/0
```

Аналогично, таблицы маршрутизации для Router3 и Router 4:

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
D EX 10.10.1.0 [170/258560] via 10.10.2.1, 00:08:15,
GigabitEthernet9/0
C    10.10.2.0 is directly connected, GigabitEthernet9/0
D EX 192.168.1.0/24 [170/258560] via 10.10.2.1, 00:08:14,
GigabitEthernet9/0
D EX 192.168.2.0/24 [170/258560] via 10.10.2.1, 00:08:14,
GigabitEthernet9/0
D EX 192.168.3.0/24 [170/258560] via 10.10.2.1, 00:08:14,
GigabitEthernet9/0
D EX 192.168.4.0/24 [170/258560] via 10.10.2.1, 00:08:14,
GigabitEthernet9/0
C    192.168.5.0/24 is directly connected, GigabitEthernet7/0
C    192.168.6.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0
D    192.168.7.0/24 [90/7680] via 10.10.2.3, 00:08:14,
GigabitEthernet9/0
D    192.168.8.0/24 [90/7680] via 10.10.2.3, 00:08:14,
GigabitEthernet9/0
```

Если мы пингуем между любыми двумя хостами в сети, то увидим, что между ними есть соединение.

Распределение EIGRP в другой процесс EIGRP не требует преобразования метрик, поэтому нет необходимости определять какие-либо метрики (например, предопределенные) во время распределения.

Для перераспределения в EIGRP из других протоколов будет использоваться один из следующих вариантов:

```
router eigrp 1
 redistribute static
 redistribute ospf 1
 redistribute rip
 default-metric 10000 100 255 1 1500
```

Для перераспределения в RIP из других протоколов будет использоваться один из следующих вариантов:

```
router rip
 redistribute static
 redistribute eigrp 1
 redistribute ospf 1
 default-metric 1
```

Перераспределение между EIGRP и OSPF

В 5 подсетях AS1 настроен протокол динамической маршрутизации EIGRP, а в AS2 - протокол

OSPF.

Мы перераспределим маршруты между AS1 и AS2 через маршрутизатор Router0. В этом смысле, сначала настроим на Router0 протоколы EIGRP и OSPF, объявив для EIGRP сеть 10.10.1.0/24, а для OSPF - сеть 10.10.2.0/24:

```
Router(config)#router eigrp 1
Router(config-router)#network 10.10.1.0 0.0.0.255
Router(config-router)#no auto-summary
Router(config-router)#exit
Router(config)#do wr
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#network 10.10.2.0 0.0.0.255 area 0
Router(config-router)#exit
Router(config)#do wr
```

На Router0 маршруты EIGRP перераспределяются в OSPF и наоборот:

```
Router(config)#router eigrp 1
Router(config-router)#redistribute ospf 1 metric 10000 100 255 1 1500
Router(config-router)#exit

Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#redistribute eigrp 1 metric 100 subnets
Router(config-router)#exit
Router(config)#do wr
```

В результате выполнения вышеуказанных команд таблицы маршрутизации для Router1 и Router2 будут включать все маршруты сети:

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C    10.10.1.0 is directly connected, GigabitEthernet7/0
D EX  10.10.2.0 [170/284160] via 10.10.1.3, 05:28:14,
GigabitEthernet7/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet9/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0
D    192.168.3.0/24 [90/7680] via 10.10.1.2, 06:05:02,
GigabitEthernet7/0
D    192.168.4.0/24 [90/7680] via 10.10.1.2, 06:05:02,
GigabitEthernet7/0
D EX 192.168.5.0/24 [170/284160] via 10.10.1.3, 05:28:14,
GigabitEthernet7/0
D EX 192.168.6.0/24 [170/284160] via 10.10.1.3, 05:28:14,
GigabitEthernet7/0
D EX 192.168.7.0/24 [170/284160] via 10.10.1.3, 05:28:14,
GigabitEthernet7/0
D EX 192.168.8.0/24 [170/284160] via 10.10.1.3, 05:28:14,
GigabitEthernet7/0
```

Аналогично, таблицы маршрутизации для Router3 и Router 4:

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O E2  10.10.1.0 [110/100] via 10.10.2.1, 05:27:19,
GigabitEthernet9/0
C    10.10.2.0 is directly connected, GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.1.0/24 [110/100] via 10.10.2.1, 05:27:19,
GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.2.0/24 [110/100] via 10.10.2.1, 05:27:19,
GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.3.0/24 [110/100] via 10.10.2.1, 05:27:19,
GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.4.0/24 [110/100] via 10.10.2.1, 05:27:19,
GigabitEthernet9/0
O    192.168.5.0/24 [110/2] via 10.10.2.2, 05:55:46,
GigabitEthernet9/0
O    192.168.6.0/24 [110/2] via 10.10.2.2, 05:55:46,
GigabitEthernet9/0
C    192.168.7.0/24 is directly connected, GigabitEthernet7/0
C    192.168.8.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0
```

Если мы пингуем между любыми двумя хостами в сети, то увидим, что между ними есть соединение.

Чтобы перераспределить статические маршруты, маршруты RIP или EIGRP на маршрутизаторе, на котором настроен протокол OSPF, используйте следующие команды

```

router ospf 1
 redistribute static metric 200 subnets
 redistribute rip metric 200 subnets
 redistribute eigrp 1 metric 100 subnets

```

Метрика OSPF - это стоимость, определяемая как 10^8 / пропускная способность канала в битах / сек. Например, стоимость OSPF для Ethernet составляет $10: 10^8 / 10^7 = 10$.

Если метрика не указана, OSPF назначает значение по умолчанию 20 при перераспределении маршрутов во всех протоколах, кроме маршрутов протокола BGP (Border Gateway Protocol), которые получают метрику 1.

Нам не нужно определять метрику или использовать метрику по умолчанию при перераспределении процесса OSPF в другой процесс OSPF (например, `redistribute ospf 2 subnets`).

Перераспределение статических маршрутов между маршрутами протоколов динамической маршрутизации

В 5 подсетях в AS1 настроена статическая маршрутизация, а в AS2 - протокол OSPF.

Мы перераспределим маршруты между AS1 и AS2 через маршрутизатор Router0.

Мы не можем перераспределить маршруты протокола динамической маршрутизации в статические маршруты. Для этого на каждом маршрутизаторе в AS1 (где маршруты настроены статически!) определим как статические, маршруты заданные в AS2, все с IP-адресом входного интерфейса 10.10.1.3 маршрутизатора Router0 (со стороны AS1!).

На Router0 настроим как статические маршруты, так и маршруты OSPF:

```

Router(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.10.1.1
Router(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 10.10.1.1
Router(config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 10.10.1.2
Router(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 10.10.1.2
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#network 10.10.2.0 0.0.0.255 area 0

```

На маршрутизаторе Router0 перераспределяются статические маршруты в OSPF:

```

Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#redistribute static metric 200 subnets
Router(config-router)#exit

```

В результате выполнения вышеуказанных команд, таблицы маршрутизации на Router1 и Router2 будут включать все существующие в сети маршруты:

```

10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C    10.10.1.0 is directly connected, GigabitEthernet7/0
S    10.10.2.0 [1/0] via 10.10.1.3
C    192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet9/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0
S    192.168.3.0/24 [1/0] via 10.10.1.2
S    192.168.4.0/24 [1/0] via 10.10.1.2
S    192.168.5.0/24 [1/0] via 10.10.1.3
S    192.168.6.0/24 [1/0] via 10.10.1.3
S    192.168.7.0/24 [1/0] via 10.10.1.3
S    192.168.8.0/24 [1/0] via 10.10.1.3

```

Аналогично, таблицы маршрутизации для Router3 и Router 4:

```

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    10.10.2.0 is directly connected, GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.1.0/24 [110/200] via 10.10.2.1, 00:13:54,
GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.2.0/24 [110/200] via 10.10.2.1, 00:13:54,
GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.3.0/24 [110/200] via 10.10.2.1, 00:13:54,
GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.4.0/24 [110/200] via 10.10.2.1, 00:13:54,
GigabitEthernet9/0
C    192.168.5.0/24 is directly connected, GigabitEthernet7/0
C    192.168.6.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0
O    192.168.7.0/24 [110/2] via 10.10.2.3, 00:48:17,
GigabitEthernet9/0
O    192.168.8.0/24 [110/2] via 10.10.2.3, 00:48:04,
GigabitEthernet9/0

```

Если мы пропиnguем любые два хоста в сети, то увидим, что между ними есть соединение.

Перераспределение маршрутов между двумя автономными системами с одним и тем же протоколом маршрутизации

Проиллюстрируем на примере, как происходит перераспределение динамических маршрутов между двумя процессами OSPF (из двух автономных систем).

Мы перераспределим маршруты между AS1 и AS2 через маршрутизатор Router0. В связи с этим мы сначала настроим на Router0 два процесса OSPF (1 и 2):

```
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#network 10.10.1.0 0.0.0.255 area 0
Router(config-router)#exit
Router(config)#router ospf 2
Router(config-router)#network 10.10.2.0 0.0.0.255 area 0
Router(config-router)#exit
```

На Router0 маршруты OSPF 1 перераспределяются в OSPF 2 и наоборот:

```
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#redistribute ospf 2 subnets
Router(config-router)#exit
```

```
Router(config)#router ospf 2
Router(config-router)#redistribute ospf 1 subnets
Router(config-router)#exit
```

В результате выполнения вышеуказанных команд, таблицы маршрутизации на Router1 и Router2 будут включать все маршруты в сети:

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C    10.10.1.0 is directly connected, GigabitEthernet7/0
O E2  10.10.2.0 [110/20] via 10.10.1.3, 00:04:27,
GigabitEthernet7/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet9/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0
O    192.168.3.0/24 [110/2] via 10.10.1.2, 00:15:17,
GigabitEthernet7/0
O    192.168.4.0/24 [110/2] via 10.10.1.2, 00:15:17,
GigabitEthernet7/0
O E2 192.168.5.0/24 [110/20] via 10.10.1.3, 00:04:16,
GigabitEthernet7/0
O E2 192.168.6.0/24 [110/20] via 10.10.1.3, 00:04:16,
GigabitEthernet7/0
O E2 192.168.7.0/24 [110/20] via 10.10.1.3, 00:04:16,
GigabitEthernet7/0
O E2 192.168.8.0/24 [110/20] via 10.10.1.3, 00:04:16,
GigabitEthernet7/0
```

Аналогично, таблицы маршрутизации для Router3 и Router 4:

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O E2  10.10.1.0 [110/20] via 10.10.2.1, 00:02:46,
GigabitEthernet9/0
C    10.10.2.0 is directly connected, GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.1.0/24 [110/20] via 10.10.2.1, 00:02:46,
GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.2.0/24 [110/20] via 10.10.2.1, 00:02:46,
GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.3.0/24 [110/20] via 10.10.2.1, 00:02:46,
GigabitEthernet9/0
O E2 192.168.4.0/24 [110/20] via 10.10.2.1, 00:02:46,
GigabitEthernet9/0
C    192.168.5.0/24 is directly connected, GigabitEthernet7/0
C    192.168.6.0/24 is directly connected, GigabitEthernet8/0
O    192.168.7.0/24 [110/2] via 10.10.2.3, 00:10:02,
GigabitEthernet9/0
O    192.168.8.0/24 [110/2] via 10.10.2.3, 00:09:52,
GigabitEthernet9/0
```

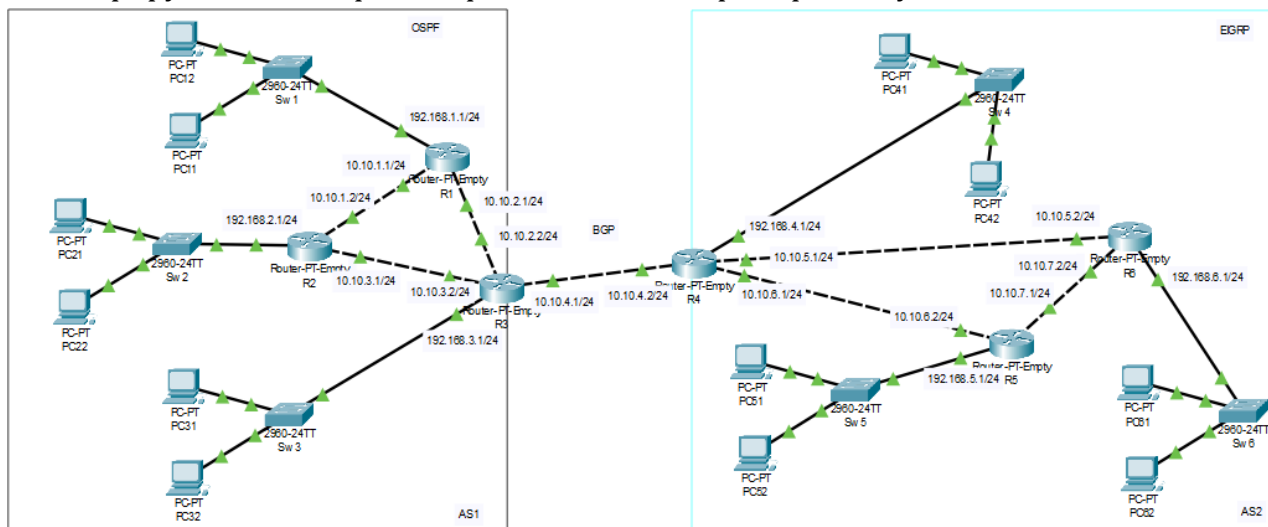
Протокол динамической маршрутизации BGP

BGP (Border Gateway Protocol) - это протокол маршрутизации между автономными системами, который предназначен для обеспечения маршрутизации между организациями (см. Рисунок ниже). Ниже объясняется реализация Cisco IOS конфигурации протокола BGP.

Обычно BGP используется для подключения локальной сети к внешней сети, чтобы получить

доступ к Интернету или подключиться к другим организациям. При подключении к внешней организации создаются внешние пиринговые сеансы BGP (eBGP). Хотя BGP называется протоколом внешнего шлюза (EGP), многие сети внутри организаций стали настолько сложными, что BGP можно использовать для упрощения внутренней сети, используемой в организации. Обмен информацией о маршрутизации осуществляется внутри одной организации через внутренние пиринговые сеансы BGP (iBGP).

Проиллюстрируем, как настроить протокол BGP на примере следующей сети:



В AS1 протокол OSPF настроен на маршрутизаторах R1, R2 и R3. На маршрутизаторе R3 при настройке протокола OSPF указываются только сети, относящиеся к AS1 (сеть 10.10.4.0 обеспечивает соединение между AS1 и AS2!):

```
router ospf 1
 network 10.10.3.0 0.0.0.255 area 0
 network 10.10.2.0 0.0.0.255 area 0
 network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0
 exit
```

Протокол BGP настроен на маршрутизаторе R3:

```
router bgp 1 (Маршрутизатор R3 находится в AS1)
 neighbor 10.10.4.2 remote-as 2 (маршрутизатор R4 находится в AS2)
 (Ниже приведены адреса и маски сетей в AS1:)
 network 192.168.1.0 mask 255.255.255.0
 network 192.168.2.0 mask 255.255.255.0
 network 192.168.3.0 mask 255.255.255.0
 network 10.10.1.0 mask 255.255.255.0
 network 10.10.2.0 mask 255.255.255.0
 network 10.10.3.0 mask 255.255.255.0
 exit
```

В AS2 на маршрутизаторах R4, R5 и R6 настроен протокол EIGRP. На маршрутизаторе R4 при настройке протокола EIGRP указываются только сети, относящиеся к AS2 (сеть 10.10.4.0 обеспечивает соединение между AS1 и AS2!):

```
router eigrp 1
 network 192.168.4.0
 network 10.10.5.0 0.0.0.255
 network 10.10.6.0 0.0.0.255
 no auto-summary
 exit
```

Протокол BGP настроен на маршрутизаторе R4:

```
router bgp 2 (Маршрутизатор R4 находится в AS2)
 neighbor 10.10.4.1 remote-as 1 (маршрутизатор R3 находится в AS1)
 (Ниже приведены адреса и маски сетей в AS2:)
 network 192.168.4.0 mask 255.255.255.0
 network 192.168.5.0 mask 255.255.255.0
 network 192.168.6.0 mask 255.255.255.0
 network 10.10.5.0 mask 255.255.255.0
 network 10.10.6.0 mask 255.255.255.0
```

```
network 10.10.7.0 mask 255.255.255.0
exit
```

На данный момент, в таблице маршрутизации роутера R3 за счет протокола BGP присутствуют все маршруты в сети:

```
R3(config)#do 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, 7 subnets
O       10.10.1.0 [110/2] via 10.10.3.1, 01:50:23, GigabitEthernet7/0
        [110/2] via 10.10.2.1, 01:50:23, GigabitEthernet8/0
C       10.10.2.0 is directly connected, GigabitEthernet8/0
C       10.10.3.0 is directly connected, GigabitEthernet7/0
C       10.10.4.0 is directly connected, GigabitEthernet6/0
B       10.10.5.0 [20/0] via 10.10.4.2, 00:00:00
B       10.10.6.0 [20/0] via 10.10.4.2, 00:00:00
B       10.10.7.0 [20/0] via 10.10.4.2, 00:00:00
O      192.168.1.0/24 [110/2] via 10.10.2.1, 01:50:23, GigabitEthernet8/0
O      192.168.2.0/24 [110/2] via 10.10.3.1, 01:50:23, GigabitEthernet7/0
C      192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet9/0
B      192.168.4.0/24 [20/0] via 10.10.4.2, 00:00:00
B      192.168.5.0/24 [20/0] via 10.10.4.2, 00:00:00
B      192.168.6.0/24 [20/0] via 10.10.4.2, 00:00:00
```

Также в таблице маршрутизации роутера R4 за счет протокола BGP присутствуют все маршруты в сети:

```
R4(config)#do 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, 7 subnets
B       10.10.1.0 [20/0] via 10.10.4.1, 00:00:00
B       10.10.2.0 [20/0] via 10.10.4.1, 00:00:00
B       10.10.3.0 [20/0] via 10.10.4.1, 00:00:00
C       10.10.4.0 is directly connected, GigabitEthernet6/0
C       10.10.5.0 is directly connected, GigabitEthernet7/0
C       10.10.6.0 is directly connected, GigabitEthernet8/0
D       10.10.7.0 [90/3072] via 10.10.5.2, 01:55:17, GigabitEthernet7/0
        [90/3072] via 10.10.6.2, 01:55:17, GigabitEthernet8/0
B      192.168.1.0/24 [20/0] via 10.10.4.1, 00:00:00
B      192.168.2.0/24 [20/0] via 10.10.4.1, 00:00:00
B      192.168.3.0/24 [20/0] via 10.10.4.1, 00:00:00
C      192.168.4.0/24 is directly connected, GigabitEthernet9/0
D      192.168.5.0/24 [90/5376] via 10.10.6.2, 01:55:17, GigabitEthernet8/0
D      192.168.6.0/24 [90/5376] via 10.10.5.2, 01:55:17, GigabitEthernet7/0
```

На маршрутизаторе R3 перераспределяются маршруты BGP1 в OSPF:

```
router ospf 1
 redistribute bgp 1 subnets
exit
```

На маршрутизаторе R4 перераспределяются маршруты BGP2 в EIGRP:

```
router eigrp 1
```

```
redistribute bgp 2 metric 10000 100 255 1 1500
exit
```

В результате все маршруты в сети доступны на каждом маршрутизаторе. Например, на роутере R2 имеем:

```
R2(config)#do 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, 6 subnets
C       10.10.1.0 is directly connected, GigabitEthernet8/0
O       10.10.2.0 [110/2] via 10.10.1.1, 02:29:49, GigabitEthernet8/0
          [110/2] via 10.10.3.2, 02:29:49, GigabitEthernet7/0
C       10.10.3.0 is directly connected, GigabitEthernet7/0
O E2    10.10.5.0 [110/20] via 10.10.3.2, 01:27:33, GigabitEthernet7/0
O E2    10.10.6.0 [110/20] via 10.10.3.2, 01:27:33, GigabitEthernet7/0
O E2    10.10.7.0 [110/20] via 10.10.3.2, 01:27:33, GigabitEthernet7/0
O       192.168.1.0/24 [110/2] via 10.10.1.1, 02:29:49, GigabitEthernet8/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet9/0
O       192.168.3.0/24 [110/2] via 10.10.3.2, 02:29:49, GigabitEthernet7/0
O E2    192.168.4.0/24 [110/20] via 10.10.3.2, 01:27:33, GigabitEthernet7/0
O E2    192.168.5.0/24 [110/20] via 10.10.3.2, 01:27:33, GigabitEthernet7/0
O E2    192.168.6.0/24 [110/20] via 10.10.3.2, 01:27:33, GigabitEthernet7/0
```

Можно проверить связь между любыми двумя хостами в сети. Также можно увидеть маршрут от источника к месту назначения, используя команду traceroute, например, на PC21 получаем:

```
C:\>tracert 192.168.6.2

Tracing route to 192.168.6.2 over a maximum of 30 hops:

  1    0 ms      0 ms      3 ms      192.168.2.1
  2    0 ms      0 ms      0 ms      10.10.3.2
  3    0 ms      0 ms      0 ms      10.10.4.2
  4    0 ms      0 ms      0 ms      10.10.5.2
  5    0 ms      0 ms      0 ms      192.168.6.2

Trace complete.
```

Задания для выполнения лабораторной работы №5

Рассмотрим конфигурацию сети, показанную на рисунке 1.

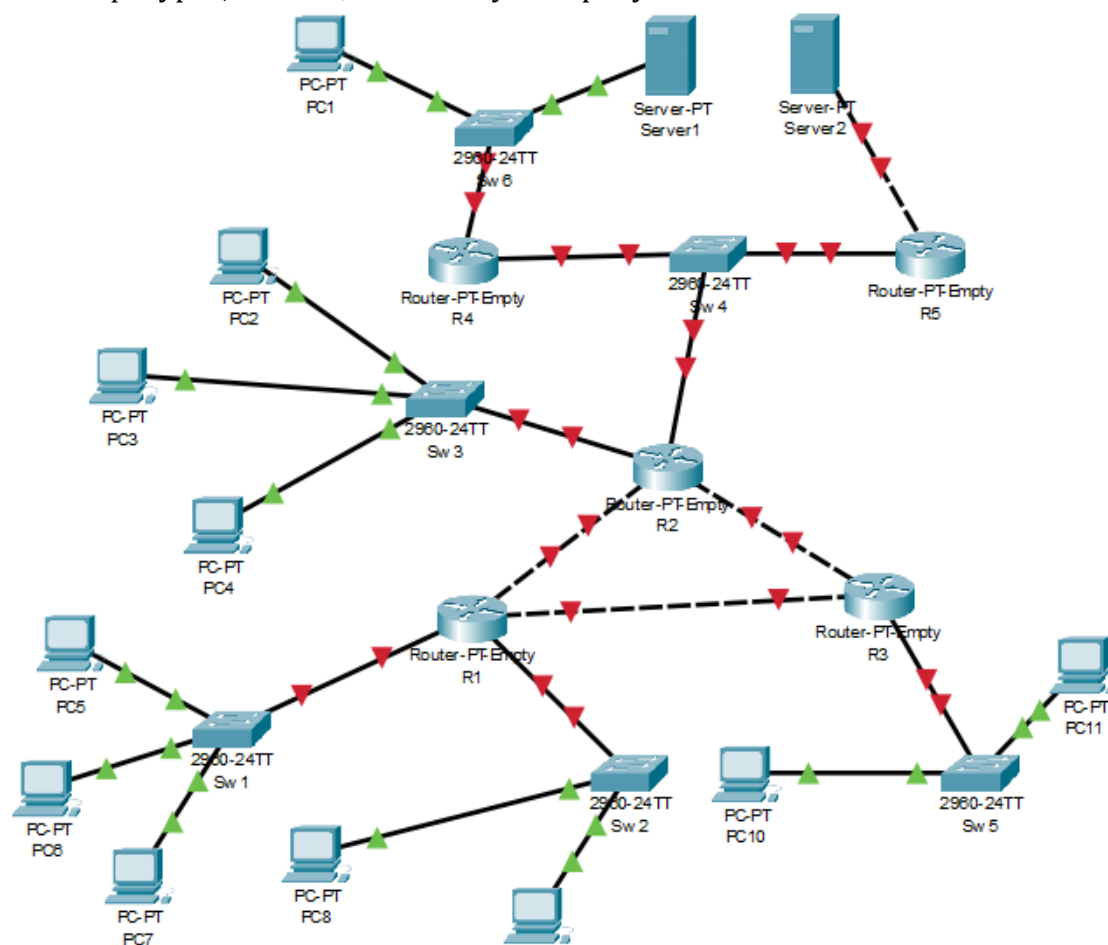


Рисунок 1

1. Исходя от следующих адресов сети

- a) $192.168.5+k.14+k/24$,
- b) $172.16.4+k.254-k/20$,
- c) $10.10.16+k.0/18$,

(k - порядковый номер студента в журнале группы)

разработать схему IPv4 адресов для подсетей сети, если известно, что в каждой подсети не более 14 хостов. Создать 3 автономных системы AS1, AS2 и AS3, каждая из которых повторяет конфигурацию из Рисунка 1, но так чтобы

- устройствам в AS1 были назначены IP-адреса, по схеме, разработанной в пункте а).
- устройствам в AS2 были назначены IP-адреса, по схеме, разработанной в пункте б).
- устройствам в AS3 были назначены IP-адреса, по схеме, разработанной в пункте с).

В Cisco Packet Tracer проделайте следующее:

2. Примените статическую маршрутизацию для настройки маршрутизаторов R1, R2, R3, R4 и R5 в автономной системе AS1. Сохраните конфигурацию сети в файл **Имя_Фамилия_Группа_Сеть4a.pkt**
3. Примените протокол динамической маршрутизации
 - ✓ RIP (если k - число принадлежащие множеству {1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25}),
 - ✓ EIGRP (если k - число принадлежащие множеству {2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24}),
 для настройки маршрутизаторов R1, R2, R3, R4 и R5 в автономной системе AS2. Сохраните конфигурацию сети в файл **Имя_Фамилия_Группа_Сеть4b.pkt**
4. Маршрутизаторы автономной системы AS3 разделены на два региона: Area 0 и Area 1. Примените протокол динамической маршрутизации OSPF с двумя регионами, Area0 и Area 1 (см. Рисунок 2), для настройки маршрутизаторов R1, R2, R3, R4 и R5 в автономной системе

AS3, так чтобы обеспечить соединение между любыми двумя устройствами исходной сети. Сохраните конфигурацию сети в файл **Имя_Фамилия_Группа_Сеть4с.pkt**

5. Рассмотрим сеть из трех автономных систем AS1, AS2 и AS3 (см. Рисунок 3), которые соединены между собой маршрутизатором R0. Подсети, соединяющие маршрутизатор R0 с AS1, AS2 и AS3, получают IP-адреса 10.1.k.0/24, 10.1.k+1.0/24 и 10.1.k+2.0/24 соответственно. В AS1 настроена статическая маршрутизация, выполненная в пункте 2. В AS2 настроена динамическая маршрутизация, выполненная в пункте 3, а в AS3 - динамическая маршрутизация, выполненная в пункте 4.

5.1. Выполните п., маршрутов между AS1, AS2 и AS3 без применения протокола BGP.

Сохраните конфигурацию сети в файл **Имя_Фамилия_Группа_Сеть4d.pkt**

- 5.2. Перераспределить маршруты между AS1, AS2 и AS3 при помощи протокола динамической маршрутизации BGP. Сохраните конфигурацию сети в файл **Имя_Фамилия_Группа_Сеть4е.pkt**

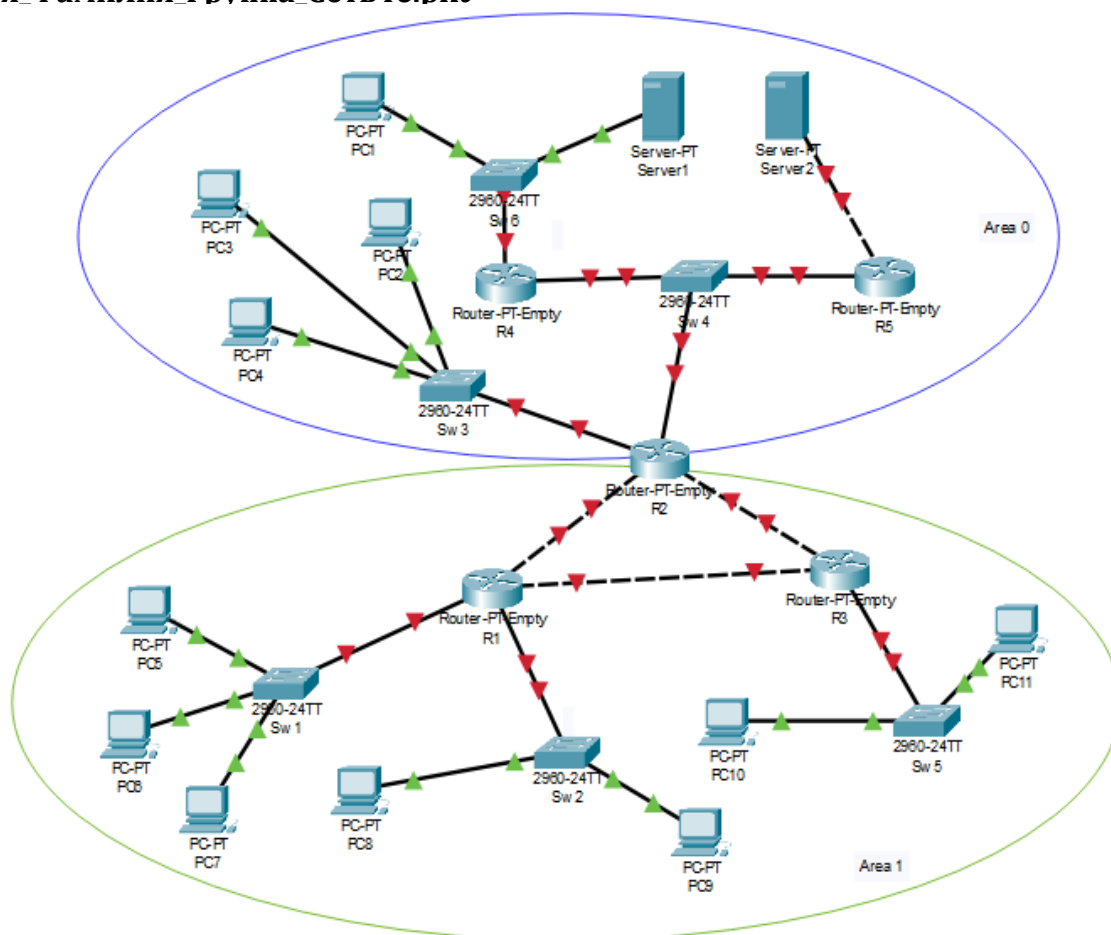


Рисунок 2

6. После выполнения каждого из пунктов 2, 3, 4 и 5 проверьте соединение между устройствами с помощью команды ping. Используя команду tracer, сгенерируйте пути между двумя случайными хостами в сети. В автономной системе разорвите соединение между двумя маршрутизаторами соединёнными напрямую и проанализируйте, как изменилось содержимое таблиц маршрутизации на маршрутизаторах сети. Включите результаты в отчет.

Составьте отчёт о проделанной работе, содержащий подробные ответы на каждый пункт заданий к работе.

Отчёт вместе с файлами .pkt загрузите в папку Лаб N5 на странице курса образовательной платформы moodle.usm.md и отправьте на email преподавателя.

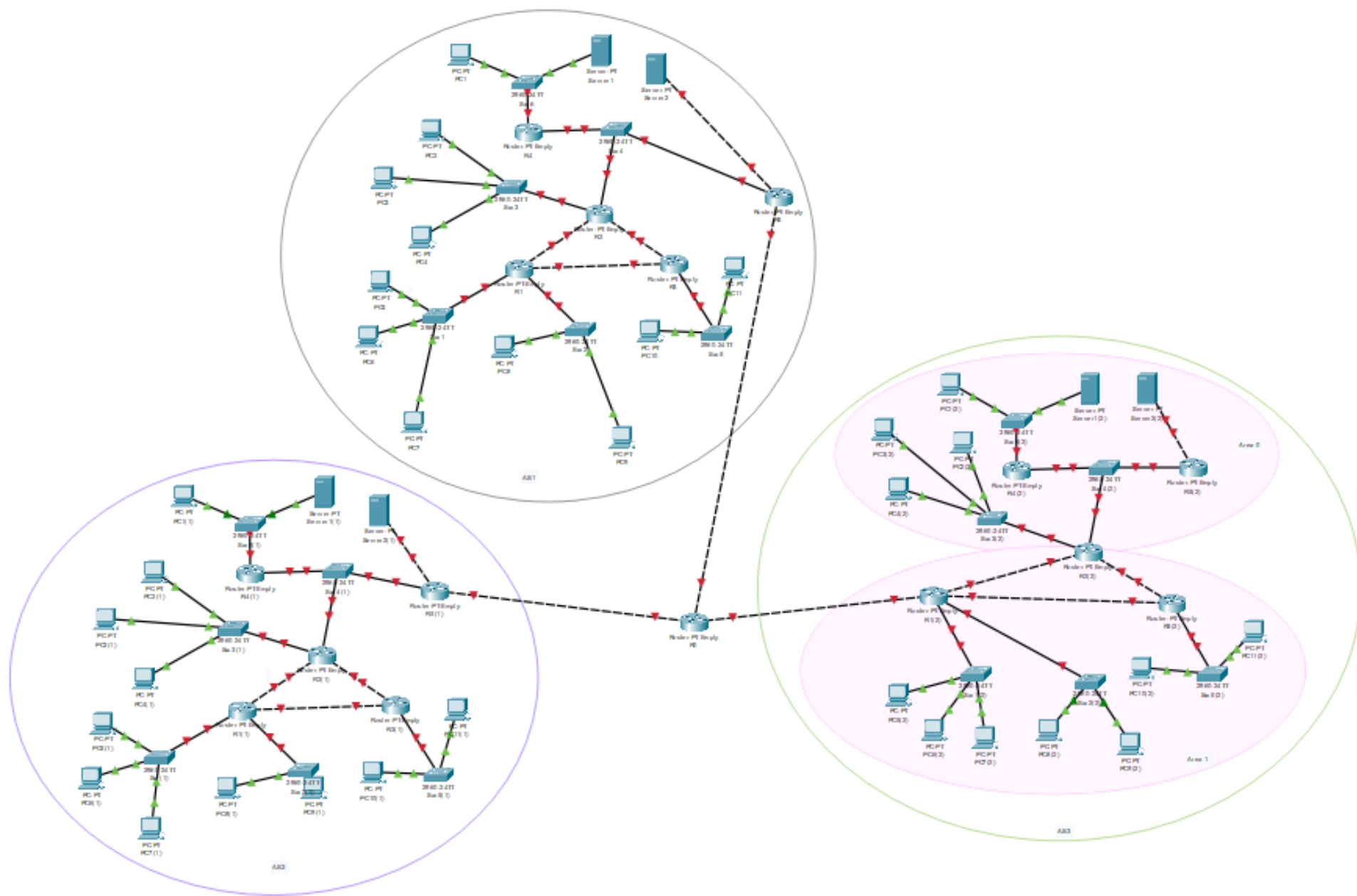


Рисунок 3
23