

Лабораторная работа № 8. Адресация IPv4 и IPv6. Настройка маршрутизации

8.1. Цель работы

Изучение принципов маршрутизации в IPv4- и IPv6-сетях и принципов настройки сетевого оборудования.

8.2. Предварительные сведения

8.2.1. Понятия DTE и DCE

Оконечное оборудование данных (Data Terminal Equipment, DTE) — термин для обозначения устройства, обеспечивающего интерфейс с пользователем. Обычно таким оборудованием является терминал или ЭВМ. На DTE исполняются пользовательские прикладные программы.

Оконечное оборудование канала данных (Data Circuit-terminating Equipment, DCE) обеспечивает подключение DTE к связному каналу для передачи преобразования и усиления сигнала, генерированного DTE.

Маршрутизатор с последовательным интерфейсом можно считать как устройством DCE (маршрутизатор только транслирует данные на сетевом уровне), так и устройством DTE (цепочки бит на выходе маршрутизатор сам генерирует и сам обрабатывает принятые данные). Соответственно, корректнее говорить о типе интерфейсов (DTE/DCE), при этом имея в виду следующие соглашения:

- для интерфейса типа DTE сигнал, обозначаемый как TxD (данные передатчика), является выходным, сигнал RxD (данные приёмника) — входным;
- для интерфейса типа DCE сигнал, обозначаемый как TxD, является входным (устройство должно передать данные в канал связи), а сигнал RxD — выходным (данные из канала, которые должны попасть на вход приёмника DTE).

Из соглашений следует, что при соединении DTE с DCE одноимённые сигнальные цепи должны соединяться через последовательное соединение точка-точка. При однотипных соединениях (DTE-DTE или DCE-DCE) сигнальные цепи должны соединяться перекрестно (TxD-RxD, RxD-TxD), а управляющие — в соответствии с логикой протокола.

Для асинхронного режима передачи посимвольная синхронизация осуществляется старт-битами и внешняя подача синхронизации не требуется (скорости и допуски отклонения согласованы, и любое устройство имеет свой внутренний генератор). В синхронном режиме все последовательные интерфейсы используют внешние сигналы синхронизации, причём раздельные для передаваемых ST (Send Timing, Send Clock) и принимаемых RT (Receive Timing, Receive Clock) данных.

Для устройств DTE сигналы синхронизации, по которым работают сдвигающие регистры их приёмников и передатчиков, являются входными. Источником синхронизации (сигнал RT) для принимаемых данных (RxD) практически

однозначно является DCE (синхросигнал обычно выделяется из самосинхронизирующего сигнала линии связи).

Если синхронный канал сам навязывает свою синхронизацию, то для DTE первичным источником синхронизации будет DCE. DCE может потребовать и внешней синхронизации. Для этих целей интерфейс DTE снабжают дополнительным выходом TT (Terminal Timing), от которого может синхронизироваться DCE. Но сам передатчик DTE будет синхронизироваться от входа ST, на который сигнал поступит либо от DCE, либо по перемычке в разъёме. Возможен вариант конфигурирования, когда сигнал TT заводится на передатчик внутри интерфейса (не с разъёма). В высокоскоростном интерфейсе для синхронных каналов (HSSI) источником синхронизации является только DCE, а сигнал TT является буферированным принятым сигналом ST. Такой «разворот» синхросигнала позволяет учесть задержки распространения сигнала в интерфейсном кабеле (сигналы TxD и TT идут параллельными путями и фазовый перекос между ними будет небольшим). Для компенсации перекоса при высоких скоростях может применяться и инверсия сигнала синхронизации, которую включают при настройке интерфейса.

В названиях сигналов синхронизации передатчика бывает путаница, и внешним (external) сигналом синхронизации называют как сигнал от DTE, так и сигнал, по которому DTE в действительности синхронизирует свой приёмник. Понять, что есть что, позволяет указание на источник (DTE или DCE), т.е., если источником является DCE, то DTE синхронизирует свой приёмник по сигналу от DCE, который и является в этом случае внешним.

8.2.2. Планирование сети

Планирование и документирование сети – неотъемлемые составляющие процесса администрирования сети организации.

При проектировании сети необходимо:

- разработать схемы сети, соответствующие физическому (L1), канальному (L2) и сетевому (L3) уровням эталонной модели взаимодействия открытых систем (OSI);
- составить план IP-адресации сети;
- составить план VLAN сети, если планируется использовать данную технологию;
- составить план подключения интерфейсов оборудования.

На схеме L1 изображается топология сети и указываются типы и номера интерфейсов подключения устройств. Пример L1 приведён на рис. 8.1.

На схеме L2 изображается топология сети и распределение VLAN. Могут отображаться номера и типы интерфейсов, если это имеет значение при назначении VLAN. Пример L2 приведён на рис. 8.2.

Адресное пространство, ассоциированное с выделенными VLAN, схема маршрутизации изображается на схеме L3. У маршрутизаторов обозначаются адреса сетевых интерфейсов (в сокращённой форме, т.е. только идентификатор хоста, чтобы не загромождать схему). Пример L3 приведён на рис. 8.3.

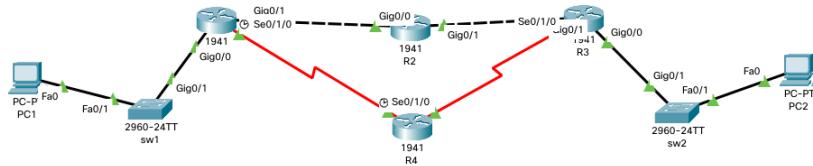


Рис. 8.1. Пример схемы L1

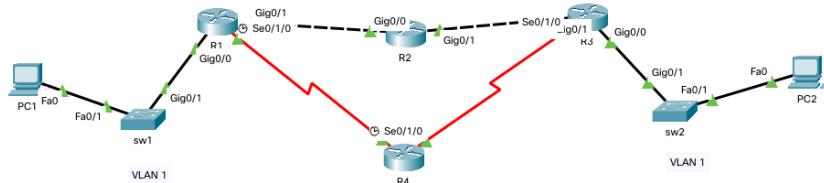


Рис. 8.2. Пример схемы L2

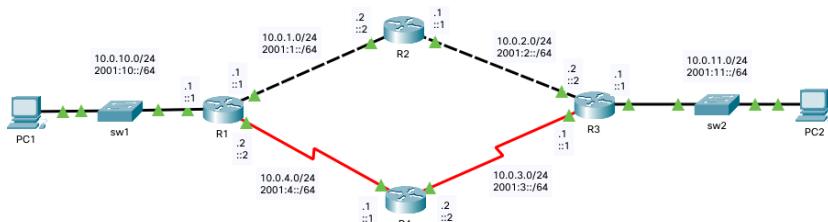


Рис. 8.3. Пример схемы L3

8.3. Задания для выполнения

8.3.1. Настройка динамической маршрутизации в сетях IPv4 и IPv6

8.3.1.1. Постановка задачи

Задана сеть (рис. 8.4), адреса сегментов сети (табл. 8.1), адреса, назначаемые интерфейсам устройств (табл. 8.2). Требуется настроить динамическую маршрутизацию по протоколам RIP, OSPF.

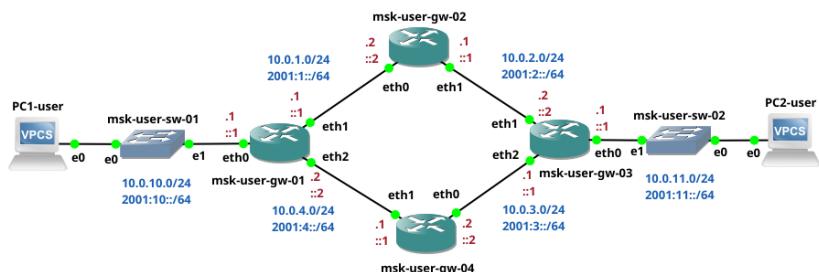


Рис. 8.4. Топология сети

Таблица 8.1

Таблица адресов сетей

Устройства	Сеть IPv4	Сеть IPv6
PC1 – gw-01	10.0.10.0/24	2001:10::/64
PC2 – gw-03	10.0.11.0/24	2001:11::/64
gw-01 – gw-02	10.0.1.0/24	2001:1::/64
gw-02 – gw-03	10.0.2.0/24	2001:2::/64
gw-03 – gw-04	10.0.3.0/24	2001:3::/64
gw-04 – gw-01	10.0.4.0/24	2001:4::/64

8.3.1.2. Порядок выполнения работы

Документирование моделируемой сети.

- Продублируйте в отчёте таблицы адресации (табл. 8.1, табл. 8.2).
- В любом графическом редакторе (например, DIA) схематично изобразите моделируемую сеть. Разработайте схемы L1 и L3 (см. например рис. 8.1, 8.3), ориентируясь на данные из таблиц адресации. Схемы добавьте в отчёт.

Топология моделируемой сети.

- Запустите GNS3 VM и GNS3. Создайте новый проект.
- В рабочем пространстве разместите и соедините устройства в соответствии с топологией, приведённой на рис. 8.4. Используйте маршрутизаторы FRR.
- Измените отображаемые названия устройств. Коммутаторам присвойте названия по принципу `msk-user-sw-0x`, маршрутизаторам — по принципу `msk-user-gw-0x`, VPCS — по принципу `PCx-user`, где вместо `user` укажите имя вашей учётной записи, вместо `x` — порядковый номер устройства.
- Включите захват трафика на соединении между коммутатором `sw-01` и маршрутизатором `gw-01`, а также между коммутатором `sw-02` и маршрутизатором `gw-03`.

Таблица 8.2
Таблица адресации

Устройство	Интерфейс	Адрес IP/префикс	Шлюз по умолчанию	Следующее устройство
gw-01	eth0	10.0.10.1/24	n/a	PC1
gw-01	eth0	2001:10::1/64	n/a	PC1
gw-01	eth1	10.0.1.1/24	n/a	gw-02
gw-01	eth1	2001:1::1/64	n/a	gw-02
gw-01	eth2	10.0.4.2/24	n/a	gw-04
gw-01	eth2	2001:4::2/64	n/a	gw-04
gw-02	eth0	10.0.1.2/24	n/a	gw-01
gw-02	eth0	2001:1::2/64	n/a	gw-01
gw-02	eth1	10.0.2.1/24	n/a	gw-03
gw-02	eth1	2001:2::1/64	n/a	gw-03
gw-03	eth0	10.0.11.1/24	n/a	PC2
gw-03	eth0	2001:11::1/64	n/a	PC2
gw-03	eth1	10.0.2.2/24	n/a	gw-02
gw-03	eth1	2001:2::2/64	n/a	gw-02
gw-03	eth2	10.0.3.1/24	n/a	gw-04
gw-03	eth2	2001:3::1/64	n/a	gw-04
gw-04	eth0	10.0.3.2/24	n/a	gw-03
gw-04	eth0	2001:3::2/64	n/a	gw-03
gw-04	eth1	10.0.4.1/24	n/a	gw-01
gw-04	eth1	2001:4::1/64	n/a	gw-01
PC1	NIC	10.0.10.10/24	10.0.10.1	gw-01
PC1	NIC	2001:10::a/64	n/a	gw-01
PC2	NIC	10.0.11.10/24	10.0.11.1	gw-03
PC2	NIC	2001:11::a/64	n/a	gw-03

5. Присвойте IPv4-адреса оконечным устройствам PC1 и PC2 в соответствии с данными в табл. 8.2:

PC1:

```
ip 10.0.10.10/24 10.0.10.1
save
show ip
```

PC2:

```
ip 10.0.11.10/24 10.0.11.1
save
show ip
```

6. Настройте IPv4-адреса на интерфейсах маршрутизаторов:

msk-user-gw-01:

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-user-gw-01

msk-user-gw-01(config)# interface eth0
msk-user-gw-01(config-if)# ip address 10.0.10.1/24
msk-user-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-01(config-if)# exit
```

```
msk-user-gw-01(config)# interface eth1
msk-user-gw-01(config-if)# ip address 10.0.1.1/24
msk-user-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-01(config-if)# exit
```

```
msk-user-gw-01(config)# interface eth2
msk-user-gw-01(config-if)# ip address 10.0.4.2/24
msk-user-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-01(config-if)# exit
msk-user-gw-01(config)# exit
msk-user-gw-01# write memory
msk-user-gw-01# show running-config
```

msk-user-gw-02:

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-user-gw-02
```

```
msk-user-gw-02(config)# interface eth0
msk-user-gw-02(config-if)# ip address 10.0.1.2/24
msk-user-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-02(config-if)# exit
```

```
msk-user-gw-02(config)# interface eth1
msk-user-gw-02(config-if)# ip address 10.0.2.1/24
msk-user-gw-02(config-if)# no shutdown
```

```
msk-user-gw-02(config)# exit
msk-user-gw-02(config)# exit
msk-user-gw-02# write memory
msk-user-gw-02# show running-config

msk-user-gw-03:
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-user-gw-03

msk-user-gw-03(config)# interface eth0
msk-user-gw-03(config-if)# ip address 10.0.11.1/24
msk-user-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-03(config-if)# exit

msk-user-gw-03(config)# interface eth1
msk-user-gw-03(config-if)# ip address 10.0.2.2/24
msk-user-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-03(config-if)# exit

msk-user-gw-03(config)# interface eth2
msk-user-gw-03(config-if)# ip address 10.0.3.1/24
msk-user-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-03(config-if)# exit
msk-user-gw-03(config)# exit
msk-user-gw-03# write memory
msk-user-gw-03# show running-config

msk-user-gw-04:
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-user-gw-04

msk-user-gw-04(config)# interface eth0
msk-user-gw-04(config-if)# ip address 10.0.3.2/24
msk-user-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-04(config-if)# exit

msk-user-gw-04(config)# interface eth1
msk-user-gw-04(config-if)# ip address 10.0.4.1/24
msk-user-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-04(config-if)# exit
msk-user-gw-04(config)# exit
msk-user-gw-04# write memory
msk-user-gw-04# show running-config
```

7. Присвойте IPv6-адреса оконечным устройствам РС1 и РС2 в соответствии с данными в табл. 8.2:

РС1:

```
ip 2001:10::a/64
save
show ipv6
```

PC2:

```
ip 2001:11::a/64
save
show ipv6
```

8. Настройте IPv6-адреса на интерфейсах маршрутизаторов:

msk-user-gw-01:

```
msk-user-gw-01# configure terminal
msk-user-gw-01(config)# ipv6 forwarding

msk-user-gw-01(config)# interface eth0
msk-user-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:10::1/64
msk-user-gw-01(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
msk-user-gw-01(config-if)# ipv6 nd prefix 2001:10::/64
msk-user-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-01(config-if)# exit

msk-user-gw-01(config)# interface eth1
msk-user-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:1::1/64
msk-user-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-01(config-if)# exit

msk-user-gw-01(config)# interface eth2
msk-user-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:4::2/64
msk-user-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-01(config-if)# exit
msk-user-gw-01(config)# exit
msk-user-gw-01# write memory
msk-user-gw-01# show running-config
```

msk-user-gw-02:

```
msk-user-gw-02# configure terminal
msk-user-gw-02(config)# ipv6 forwarding
```

```
msk-user-gw-02(config)# interface eth0
msk-user-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:1::2/64
msk-user-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-02(config-if)# exit
```

```
msk-user-gw-02(config)# interface eth1
msk-user-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:2::1/64
msk-user-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-02(config-if)# exit
```

```
msk-user-gw-02(config)# exit
msk-user-gw-02# write memory
msk-user-gw-02# show running-config

msk-user-gw-03:
msk-user-gw-03# configure terminal
msk-user-gw-03(config)# ipv6 forwarding

msk-user-gw-03(config)# interface eth0
msk-user-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:11::1/64
msk-user-gw-03(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
msk-user-gw-03(config-if)# ipv6 nd prefix 2001:11::/64
msk-user-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-03(config-if)# exit

msk-user-gw-03(config)# interface eth1
msk-user-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:2::2/64
msk-user-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-03(config-if)# exit

msk-user-gw-03(config)# interface eth2
msk-user-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:3::1/64
msk-user-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-03(config-if)# exit
msk-user-gw-03(config)# exit
msk-user-gw-03# write memory
msk-user-gw-03# show running-config

msk-user-gw-04:
msk-user-gw-04# configure terminal
msk-user-gw-04(config)# ipv6 forwarding

msk-user-gw-04(config)# interface eth0
msk-user-gw-04(config-if)# ipv6 address 2001:3::2/64
msk-user-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-04(config-if)# exit

msk-user-gw-04(config)# interface eth1
msk-user-gw-04(config-if)# ipv6 address 2001:4::1/64
msk-user-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-user-gw-04(config-if)# exit
msk-user-gw-04(config)# exit
msk-user-gw-04# write memory
msk-user-gw-04# show running-config
```

Настройка динамической маршрутизации по протоколу RIP.

Routing Information Protocol (RIP) — дистанционно-векторный протокол маршрутизации, в качестве метрики использует количество транзитных переходов.

По умолчанию на маршрутизаторах работает RIP версии 1, в котором максимальное число транзитных переходов — 15, таблица маршрутизации анонсируется каждые 30 секунд, маршрут становится неприменимым, если в течении 180 секунд не будет обновлены, маршрут удаляется через 240 секунд.

RIPv2 использует многоадресную рассылку по адресу 224.0.0.9 для отправки обновлений маршрутизации.

В случае IPv6 применяется RIPng, который использует многоадресную рассылку для отправки обновлений маршрутизации через адрес FF02::9 для многоадресного трафика. Маршрутизация включается на уровне интерфейса и определяется локально-значимым именем процесса (не обязательно цифровым), ввиду того, что RIPng может создавать множество процессов.

1. На маршрутизаторах настройте RIP в качестве протокола динамической маршрутизации:

```
msk-user-gw-01:  
  msk-user-gw-01# configure terminal  
  msk-user-gw-01(config)# router rip  
  msk-user-gw-01(config-router)# version 2  
  msk-user-gw-01(config-router)# network eth0  
  msk-user-gw-01(config-router)# network eth1  
  msk-user-gw-01(config-router)# network eth2  
  msk-user-gw-01(config-router)# exit  
  msk-user-gw-01(config)# exit  
  msk-user-gw-01# write memory  
  
msk-user-gw-02:  
  msk-user-gw-02# configure terminal  
  msk-user-gw-02(config)# router rip  
  msk-user-gw-02(config-router)# version 2  
  msk-user-gw-02(config-router)# network eth0  
  msk-user-gw-02(config-router)# network eth1  
  msk-user-gw-02(config-router)# exit  
  msk-user-gw-02(config)# exit  
  msk-user-gw-02# write memory  
  
msk-user-gw-03:  
  msk-user-gw-03# configure terminal  
  msk-user-gw-03(config)# router rip  
  msk-user-gw-03(config-router)# version 2  
  msk-user-gw-03(config-router)# network eth0  
  msk-user-gw-03(config-router)# network eth1  
  msk-user-gw-03(config-router)# network eth2  
  msk-user-gw-03(config-router)# exit  
  msk-user-gw-03(config)# exit
```

```
msk-user-gw-03# write memory

msk-user-gw-04:
msk-user-gw-04# configure terminal
msk-user-gw-04(config)# router rip
msk-user-gw-04(config-router)# version 2
msk-user-gw-04(config-router)# network eth0
msk-user-gw-04(config-router)# network eth1
msk-user-gw-04(config-router)# exit
msk-user-gw-04(config)# exit
msk-user-gw-04# write memory
```

2. Убедитесь, что маршрутизация по RIP настроена:

```
msk-user-gw-0x#show ip route rip
msk-user-gw-0x#show ip rip
msk-user-gw-0x#show ip rip status
```

3. Проверьте пути прохождения пакетов:

- С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов:
PC1> ping 10.0.11.10
PC1> trace 10.0.11.10 -P 6

- Проверьте метрики протокола RIP:

```
msk-user-gw-01# show ip rip
```

- Предположим, что пакет проходит через маршрутизатор msk-user-gw-02 (в противном случае для дальнейших действий используйте маршрутизатор msk-user-gw-04). Отключите на маршрутизаторе msk-user-gw-02 интерфейс:

```
msk-user-gw-02# configure terminal
msk-user-gw-02(config)# interface eth0
msk-user-gw-02(config-if)# shutdown
```

- Проверьте метрики протокола RIP:

```
msk-user-gw-01# show ip rip
```

- С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов. Отметьте примерное время, за которое восстановится маршрут.

- Включите на маршрутизаторе msk-user-gw-02 интерфейс:

```
msk-user-gw-02# configure terminal
msk-user-gw-02(config)# interface eth0
msk-user-gw-02(config-if)# no shutdown
```

- С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов.

- Посмотрите захваченный на соединениях трафик. В отчёте поясните, какую информацию можно извлечь из перехваченных пакетов.

4. На маршрутизаторах настройте RIPng для сетей IPv6:

```
msk-user-gw-01:  
  msk-user-gw-01# configure terminal  
  msk-user-gw-01(config)# router ripng  
  msk-user-gw-01(config-router)# network eth0  
  msk-user-gw-01(config-router)# network eth1  
  msk-user-gw-01(config-router)# network eth2  
  msk-user-gw-01(config-router)# exit  
  msk-user-gw-01(config)# exit  
  msk-user-gw-01# write memory  
  
msk-user-gw-02:  
  msk-user-gw-02# configure terminal  
  msk-user-gw-02(config)# router ripng  
  msk-user-gw-02(config-router)# network eth0  
  msk-user-gw-02(config-router)# network eth1  
  msk-user-gw-02(config-router)# exit  
  msk-user-gw-02(config)# exit  
  msk-user-gw-02# write memory  
  
msk-user-gw-03:  
  msk-user-gw-03# configure terminal  
  msk-user-gw-03(config)# router ripng  
  msk-user-gw-03(config-router)# network eth0  
  msk-user-gw-03(config-router)# network eth1  
  msk-user-gw-03(config-router)# network eth2  
  msk-user-gw-03(config-router)# exit  
  msk-user-gw-03(config)# exit  
  msk-user-gw-03# write memory  
  
msk-user-gw-04:  
  msk-user-gw-04# configure terminal  
  msk-user-gw-04(config)# router ripng  
  msk-user-gw-04(config-router)# network eth0  
  msk-user-gw-04(config-router)# network eth1  
  msk-user-gw-04(config-router)# exit  
  msk-user-gw-04(config)# exit  
  msk-user-gw-04# write memory
```

5. Проверьте пути прохождения пакетов:

- С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов:
PC1> ping 2001:11::a
PC1> trace 2001:11::a

- Проверьте метрики протокола RIPng:

```
msk-user-gw-01# show ipv6 ripng
```

- Предположим, что пакет проходит через маршрутизатор `msk-user-gw-02` (в противном случае для дальнейших действий используйте маршрутизатор `msk-user-gw-04`). Отключите на маршрутизаторе `msk-user-gw-02` интерфейс:

```
msk-user-gw-02# configure terminal
msk-user-gw-02(config)# interface eth0
msk-user-gw-02(config-if)# shutdown
```

- Проверьте метрики протокола RIPng:


```
msk-user-gw-01# show ipv6 ripng
```
- С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов.
- Отметьте примерное время, за которое восстановится маршрут.
- Включите на маршрутизаторе `msk-user-gw-02` интерфейс:


```
msk-user-gw-02# configure terminal
msk-user-gw-02(config)# interface eth0
msk-user-gw-02(config-if)# no shutdown
```
- С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов
- Посмотрите захваченный на соединениях трафик. В отчёте поясните, какую информацию можно извлечь из перехваченных пакетов.

Настройка динамической маршрутизации по протоколу OSPF.

Open Shortest Path First (OSPF) — протокол динамической маршрутизации, анализирующий состояние канала. OSPF имеет открытый стандарт и может работать на маршрутизаторах разных производителей. OSPF поддерживает маршрутизацию IPv4 и IPv6, бесклассовую маршрутизацию, может обеспечивать балансировку нагрузки и ручное суммирование маршрута.

В OSPF административное расстояние по умолчанию равно 110. В качестве параметра для определения метрики маршрута используется *стоимость*. По умолчанию за параметр стоимости принимается скорость передачи информации.

В сетях IPv4 используется OSPFv2. Для связи между соседями с поддержкой OSPF применяются многоадресные IPv4-адреса 224.0.0.5 и 224.0.0.6.

Маршрутизаторы OSPF хранят информацию о маршрутизации и топологии в трёх таблицах:

- таблица соседей содержит информацию о соседях OSPF;
- таблица топологии содержит структуру топологии сети;
- таблица маршрутизации содержит лучшие маршруты.

Перед обменом обновлениями о маршрутах маршрутизаторы OSPF устанавливают отношения соседства. Соседи OSPF обнаруживаются динамически путём отправки сообщений Hello через каждый интерфейс с поддержкой OSPF на маршрутизаторе на адрес 224.0.0.5.

В OSPF используется понятие *область (area)* — логическая группа смежных сетей и маршрутизаторов. Все маршрутизаторы в одной области имеют одну и ту же таблицу топологии и не знают о маршрутизаторах в других областях.

Основные преимущества использования областей в сети OSPF:

- уменьшение таблицы маршрутизации на маршрутизаторах;
- ускорение обновления маршрутов.

Каждая область в сети OSPF должна быть подключена к магистральной области (область 0). Все маршрутизаторы внутри области должны иметь одинаковый идентификатор области. Маршрутизатор, который имеет интерфейсы более чем в одной области называется *пограничным маршрутизатором области (ABR)*. Маршрутизатор, который соединяет сеть OSPF с сетями с другими протоколами маршрутизации (например, с сетью EIGRP), называется *пограничным маршрутизатором автономной системы (ASBR)*.

В сетях IPv6 применяется OSPFv3 – протокол маршрутизации на основе состояния канала. OSPFv3 разделяет сеть на несколько областей и использует групповой трафик для отправки обновлений маршрутизации и подтверждений. В качестве группового адреса для маршрутизатора OSPF используется адрес FF02::5 (224.0.0.5), для выделенного маршрутизатора (designated router, DR) – FF02::6 (224.0.0.6).

1. На маршрутизаторах настройте OSPFv2 для сетей IPv4:

```
msk-user-gw-01:  
  msk-user-gw-01# configure terminal  
  msk-user-gw-01(config)# router ospf  
  msk-user-gw-01(config-router)# network 10.0.10.0/24 area  
    ↳ 0.0.0.0  
  msk-user-gw-01(config-router)# network 10.0.1.0/24 area  
    ↳ 0.0.0.0  
  msk-user-gw-01(config-router)# network 10.0.4.0/24 area  
    ↳ 0.0.0.0  
  msk-user-gw-01(config-router)# exit  
  msk-user-gw-01(config)# exit  
  msk-user-gw-01# write memory  
  
msk-user-gw-02:  
  msk-user-gw-02# configure terminal  
  msk-user-gw-02(config)# router ospf  
  msk-user-gw-02(config-router)# network 10.0.1.0/24 area  
    ↳ 0.0.0.0  
  msk-user-gw-02(config-router)# network 10.0.2.0/24 area  
    ↳ 0.0.0.0  
  msk-user-gw-02(config-router)# exit  
  msk-user-gw-02(config)# exit  
  msk-user-gw-02# write memory  
  
msk-user-gw-03:  
  msk-user-gw-03# configure terminal  
  msk-user-gw-03(config)# router ospf  
  msk-user-gw-03(config-router)# network 10.0.11.0/24 area  
    ↳ 0.0.0.0
```

```
msk-user-gw-03(config-router)# network 10.0.2.0/24 area
  ↵ 0.0.0.0
msk-user-gw-03(config-router)# network 10.0.3.0/24 area
  ↵ 0.0.0.0
msk-user-gw-03(config-router)# exit
msk-user-gw-03(config)# exit
msk-user-gw-03# write memory

msk-user-gw-04:
msk-user-gw-04# configure terminal
msk-user-gw-04(config)# router ospf
msk-user-gw-04(config-router)# network 10.0.3.0/24 area
  ↵ 0.0.0.0
msk-user-gw-04(config-router)# network 10.0.4.0/24 area
  ↵ 0.0.0.0
msk-user-gw-04(config-router)# exit
msk-user-gw-04(config)# exit
msk-user-gw-04# write memory
```

2. С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов:

```
PC1> ping 10.0.11.10
PC1> trace 10.0.11.10 -P 6
```

3. Проверьте таблицу маршрутизации протокола OSPFv2:

```
msk-user-gw-01# show ip ospf neighbor
msk-user-gw-01# show ip ospf route
```

4. Предположим, что пакет проходит через маршрутизатор msk-user-gw-02 (в противном случае для дальнейших действий используйте маршрутизатор msk-user-gw-04). Отключите на маршрутизаторе msk-user-gw-02 интерфейс:

```
msk-user-gw-02# configure terminal
msk-user-gw-02(config)# interface eth0
msk-user-gw-02(config-if)# shutdown
```

5. Проверьте таблицу маршрутизации протокола OSPFv2:

```
msk-user-gw-01# show ip ospf neighbor
msk-user-gw-01# show ip ospf route
```

6. С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов. Отметьте примерное время, за которое восстановится маршрут.

7. Включите на маршрутизаторе msk-user-gw-02 интерфейс:

```
msk-user-gw-02# configure terminal
msk-user-gw-02(config)# interface eth0
msk-user-gw-02(config-if)# no shutdown
```

8. С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов.

9. Посмотрите захваченный на соединениях трафик. В отчёте поясните, какую информацию можно извлечь из перехваченных пакетов.

10. На маршрутизаторах настройте OSPFv3 для сетей IPv6:

```
msk-user-gw-01:  
  msk-user-gw-01# configure terminal  
  msk-user-gw-01(config)# router ospf6  
  msk-user-gw-01(config-rtr)# ospf6 router-id 1.1.1.1  
  msk-user-gw-01(config-rtr)# exit  
  
  msk-user-gw-01(config)# interface eth0  
  msk-user-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0  
  msk-user-gw-01(config-if)# exit  
  
  msk-user-gw-01(config)# interface eth1  
  msk-user-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0  
  msk-user-gw-01(config-if)# exit  
  
  msk-user-gw-01(config)# interface eth2  
  msk-user-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0  
  msk-user-gw-01(config-if)# exit  
  msk-user-gw-01(config)# exit  
  msk-user-gw-01# write memory  
  
msk-user-gw-02:  
  msk-user-gw-02# configure terminal  
  msk-user-gw-02(config)# router ospf6  
  msk-user-gw-02(config-rtr)# ospf6 router-id 2.2.2.2  
  msk-user-gw-02(config-rtr)# exit  
  
  msk-user-gw-02(config)# interface eth0  
  msk-user-gw-02(config-if)# ipv6 ospf6 area 0  
  msk-user-gw-02(config-if)# exit  
  
  msk-user-gw-02(config)# interface eth1  
  msk-user-gw-02(config-if)# ipv6 ospf6 area 0  
  msk-user-gw-02(config-if)# exit  
  msk-user-gw-02(config)# exit  
  msk-user-gw-02# write memory  
  
msk-user-gw-03:  
  msk-user-gw-03# configure terminal  
  msk-user-gw-03(config)# router ospf6  
  msk-user-gw-03(config-rtr)# ospf6 router-id 3.3.3.3  
  msk-user-gw-03(config-rtr)# exit  
  
  msk-user-gw-03(config)# interface eth0  
  msk-user-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
```

```
msk-user-gw-03(config-if)# exit  
  
msk-user-gw-03(config)# interface eth1  
msk-user-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0  
msk-user-gw-03(config-if)# exit  
  
msk-user-gw-03(config)# interface eth2  
msk-user-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0  
msk-user-gw-03(config-if)# exit  
msk-user-gw-03(config)# exit  
msk-user-gw-03# write memory  
  
msk-user-gw-04:  
msk-user-gw-04# configure terminal  
msk-user-gw-04(config)# router ospf6  
msk-user-gw-04(config-rtr)# ospf6 router-id 4.4.4.4  
msk-user-gw-04(config-rtr)# exit  
  
msk-user-gw-04(config)# interface eth0  
msk-user-gw-04(config-if)# ipv6 ospf6 area 0  
msk-user-gw-04(config-if)# exit  
  
msk-user-gw-04(config)# interface eth1  
msk-user-gw-04(config-if)# ipv6 ospf6 area 0  
msk-user-gw-04(config-if)# exit  
msk-user-gw-04(config)# exit  
msk-user-gw-04# write memory
```

11. С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов:

```
PC1> ping 2001:11::a  
PC1> trace 2001:11::a
```

12. Проверьте таблицу маршрутизации протокола OSPFv3:

```
msk-user-gw-01# show ipv6 ospf6 neighbor  
msk-user-gw-01# show ipv6 ospf6 route
```

13. Предположим, что пакет проходит через маршрутизатор msk-user-gw-02 (в противном случае для дальнейших действий используйте маршрутизатор msk-user-gw-04). Отключите на маршрутизаторе msk-user-gw-02 интерфейс:

```
msk-user-gw-02# configure terminal  
msk-user-gw-02(config)# interface eth0  
msk-user-gw-02(config-if)# shutdown
```

14. Проверьте таблицу маршрутизации протокола OSPFv3:

```
msk-user-gw-01# show ipv6 ospf6 route
```

15. С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов. Отметьте примерное время, за которое восстановится маршрут.

16. Включите на маршрутизаторе msk-user-gw-02 интерфейс:

```
msk-user-gw-02# configure terminal
msk-user-gw-02(config)# interface eth0
msk-user-gw-02(config-if)# no shutdown
```

17. С PC1 пропингуйте PC2 и определите путь следования пакетов.

18. Посмотрите захваченный на соединениях трафик. В отчёте поясните, какую информацию можно извлечь из перехваченных пакетов.

8.3.2. Построение туннеля IPv6–IPv4

8.3.2.1. Постановка задачи

Заданы две IPv6-сети и IPv4-сеть (рис. 8.5). Требуется организовать туннель IPv6 поверх IPv4, позволяющий передавать данные из одной IPv6-сети в другую IPv6-сеть через сеть IPv4. Назначаемые устройствам сети адреса указаны в табл. 8.3

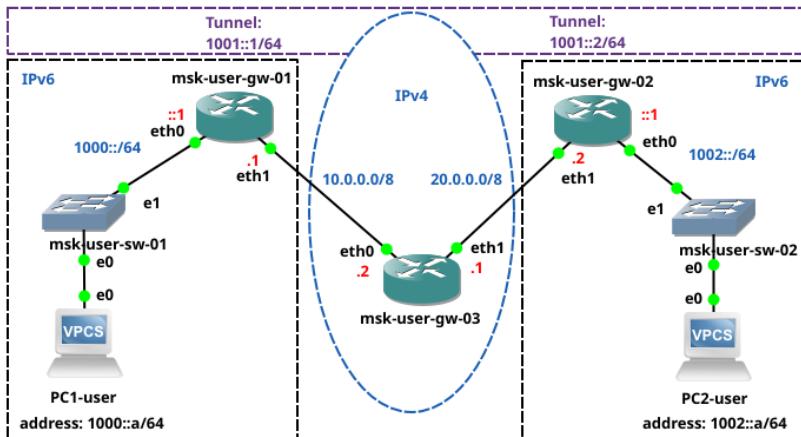


Рис. 8.5. Топология с двумя IPv6-сетями и туннелем IPv4

При организации туннеля IPv6 поверх IPv4 трафик 6in4 отправляется внутри пакетов IPv4, в заголовках которых номер протокола IP имеет значение 41. Накладные расходы инкапсуляции состоят в том, что размер заголовка IPv4 имеет размер 20 байт, соответственно при MTU в 1500 байт IPv6-пакеты размером 1480 байт можно отправлять без фрагментации.

Таблица 8.3
Таблица адресации

Устройство	Интерфейс	Адрес	Шлюз по умолчанию
R1	eth0	1000::1/64	–
R1	eth1	10.0.0.1/8	–
R1	Tunnel0	1001::1/64	–
R2	eth0	1002::1/64	–
R2	eth1	20.0.0.2/8	–
R2	Tunnel0	1001::2/64	–
R3	eth0	10.0.0.2/8	–
R3	eth1	20.0.0.1/8	–
PC1	–	1000::a/64	1000::1
PC2	–	1002::a/64	1002::1

8.3.2.2. Порядок выполнения работы

1. Создайте новый проект в GNS3.
2. В рабочем пространстве разместите и соедините устройства в соответствии с топологией, приведённой на рис. 8.5. Используйте маршрутизаторы VyOS.
3. Измените отображаемые названия устройств. Коммутаторам присвойте названия по принципу `msk-user-sw-0x`, маршрутизаторам — по принципу `msk-user-gw-0x`, VPCS — по принципу `PCx-user`, где вместо `user` укажите имя вашей учётной записи, вместо `x` — порядковый номер устройства.
4. На соединении между первым и третьим маршрутизаторами подключите анализатор трафика.
5. Присвойте адреса оконечным устройствам PC1 и PC2 в соответствии с данными в табл. 8.3:

PC1-user:

```
ip 1000::a/64
save
show ipv6
```

PC2-user:

```
ip 1002::a/64
save
show ipv6
```

6. Установите систему на маршрутизаторы VyOS:

```
vyos@vyos:~$ install image
```

Далее ответьте на вопросы диалога установки. По завершении диалога перезапустите маршрутизатор, введя команду `reboot`.

7. На маршрутизаторах перейдите в режим конфигурирования, измените имя устройства (вместо user укажите имя вашей учётной записи, вместо x — порядковый номер устройства):

```
vyos@vyos$ configure
vyos@vyos# set system host-name msk-user-gw-0x
vyos@vyos# compare
vyos@vyos# commit
vyos@vyos# save
vyos@vyos# exit
vyos@vyos$ reboot
```

8. Настройте адреса на интерфейсах маршрутизаторов:

msk-user-gw-01:

```
vyos@msk-user-gw-01:~$ configure
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address
    ↳ 1000::1/64
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address
    ↳ 10.0.0.1/8
vyos@msk-user-gw-01# set service router-advert interface
    ↳ eth0 prefix 1000::/64
vyos@msk-user-gw-01# commit
vyos@msk-user-gw-01# save
```

msk-user-gw-02:

```
vyos@msk-user-gw-02:~$ configure
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address
    ↳ 1002::1/64
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address
    ↳ 20.0.0.2/8
vyos@msk-user-gw-02# set service router-advert interface
    ↳ eth0 prefix 1002::/64
vyos@msk-user-gw-02# commit
vyos@msk-user-gw-02# save
```

msk-user-gw-03:

```
vyos@msk-user-gw-03:~$ configure
vyos@msk-user-gw-03# set interfaces ethernet eth0 address
    ↳ 10.0.0.2/8
vyos@msk-user-gw-03# set interfaces ethernet eth1 address
    ↳ 20.0.0.1/8
vyos@msk-user-gw-03# commit
vyos@msk-user-gw-03# save
```

9. Убедитесь, что на PC появились адреса ближайших к ним маршрутизаторов:

PCx-user:

show ipv6

10. Проверьте маршруты с маршрутизатора R1:

```
vyos@msk-user-gw-01:~$ ping 10.0.0.2
vyos@msk-user-gw-01:~$ ping 20.0.0.1
vyos@msk-user-gw-01:~$ ping 20.0.0.2
```

В отчёте поясните результат проверки, в том числе с учётом анализа трафика.

11. Настройте маршрутизацию IPv4:

```
msk-user-gw-01:  
vyos@msk-user-gw-01:~$ configure  
vyos@msk-user-gw-01# set protocols rip network 10.0.0.0/8  
vyos@msk-user-gw-01# commit  
vyos@msk-user-gw-01# save  
msk-user-gw-02:  
vyos@msk-user-gw-02:~$ configure  
vyos@msk-user-gw-02# set protocols rip network 20.0.0.0/8  
vyos@msk-user-gw-02# commit  
vyos@msk-user-gw-02# save  
msk-user-gw-03:  
vyos@msk-user-gw-03:~$ configure  
vyos@msk-user-gw-03# set protocols rip network 10.0.0.0/8  
vyos@msk-user-gw-03# set protocols rip network 20.0.0.0/8  
vyos@msk-user-gw-03# commit  
vyos@msk-user-gw-03# save
```

12. Проверьте маршруты:

```
vyos@msk-user-gw-01:~$ ping 10.0.0.2  
vyos@msk-user-gw-01:~$ ping 20.0.0.1  
vyos@msk-user-gw-01:~$ ping 20.0.0.2
```

В отчёте поясните результат проверки, в том числе с учётом анализа трафика.

13. Создайте туннель IPv6 через сеть IPv4:

```
msk-user-gw-01:  
vyos@msk-user-gw-01:~$ configure  
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces tunnel tun0  
  ↳ encapsulation sit  
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces tunnel tun0  
  ↳ source-address 10.0.0.1  
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces tunnel tun0 remote  
  ↳ 20.0.0.2  
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces tunnel tun0 address  
  ↳ 1001::1/64  
vyos@msk-user-gw-01# commit  
vyos@msk-user-gw-01# save  
msk-user-gw-02:  
vyos@msk-user-gw-02:~$ configure  
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces tunnel tun0  
  ↳ encapsulation sit  
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces tunnel tun0  
  ↳ source-address 20.0.0.2  
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces tunnel tun0 remote  
  ↳ 10.0.0.1  
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces tunnel tun0 address  
  ↳ 1001::2/64  
vyos@msk-user-gw-02# commit  
vyos@msk-user-gw-02# save
```

14. Настройте статическую маршрутизацию IPv6:

```
msk-user-gw-01:  
  vyos@msk-user-gw-01:~$ configure  
  vyos@msk-user-gw-01# set protocols static route6  
    ↳ 1002::0/64 next-hop 1001::2  
  vyos@msk-user-gw-01# commit  
  vyos@msk-user-gw-01# save  
  
msk-user-gw-02:  
  vyos@msk-user-gw-02:~$ configure  
  vyos@msk-user-gw-02# set protocols static route6  
    ↳ 1000::0/64 next-hop 1001::1  
  vyos@msk-user-gw-02# commit  
  vyos@msk-user-gw-02# save
```

15. Проверьте доступность окончных устройств:

PC1-user:

```
PC1-user> ping 1002::a  
PC1-user> trace 1002::a
```

PC2-user:

```
PC2-user> ping 1000::a  
PC2-user> trace 1000::a
```

В отчёте поясните результат проверки. Используя данные, собранные анализатором трафика, поясните, где и в каком виде содержится информация о прохождении пакетов по туннелю.

8.3.3. Задание для самостоятельного выполнения

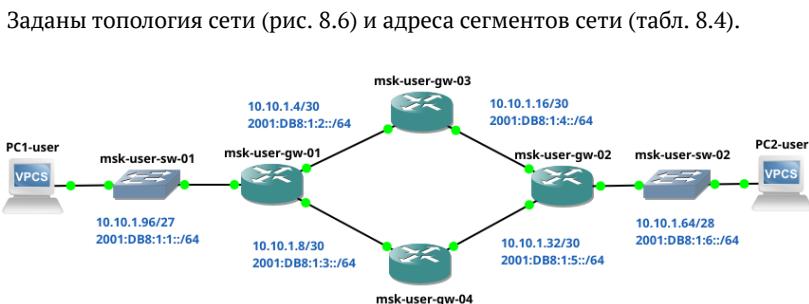


Рис. 8.6. Топология сети

Требуется:

- задокументировать моделируемую сеть: схемы L1, L3, заполнить таблицы адресации;
- настроить двойной стек IPv4 и IPv6, проверить соединения;
- настроить динамическую маршрутизацию сетей IPv4 и IPv6 для протоколов RIP, OSPF, проверить соединения и маршруты.

Таблица 8.4
Таблица адресов сетей

Устройства	Сеть IPv4	Сеть IPv6
PC1-gw-01	10.10.1.96/27	2001:db8:1:1::/64
PC2-gw-02	10.10.1.64/28	2001:db8:1:6::/64
gw-01-gw-03	10.10.1.4/30	2001:db8:1:2::/64
gw-02-gw-04	10.10.1.8/30	2001:db8:1:3::/64
gw-03-gw-02	10.10.1.16/30	2001:db8:1:4::/64
gw-04-gw-02	10.10.1.32/30	2001:db8:1:5::/64

8.4. Содержание отчёта

1. Титульный лист с указанием номера лабораторной работы и ФИО студента.
2. Формулировка задания работы.
3. Описание результатов выполнения задания:
 - скриншоты (снимки экрана), фиксирующие выполнение лабораторной работы;
 - пояснения по отображаемой информации согласно заданию
4. Выводы, согласованные с заданием работы.