

Лабораторная работа №8

Дисциплина: Сетевые технологии

Ибрахим Мохсейн Алькамаль

2026-02-01

Содержание I

- 1 1. Цель работы
- 2 2. Настройка динамической маршрутизации в сетях IPv4 и IPv6
- 3 3. Настройка динамической маршрутизации по протоколу RIP
- 4 4. Настройка динамической маршрутизации по протоколу OSPF
- 5 5. Настройка OSPFv3 (IPv6)
- 6 6. Построение туннеля IPv6–IPv4
- 7 7. Задание для самостоятельного выполнения

Раздел 1

1. Цель работы

1.1 Цель работы

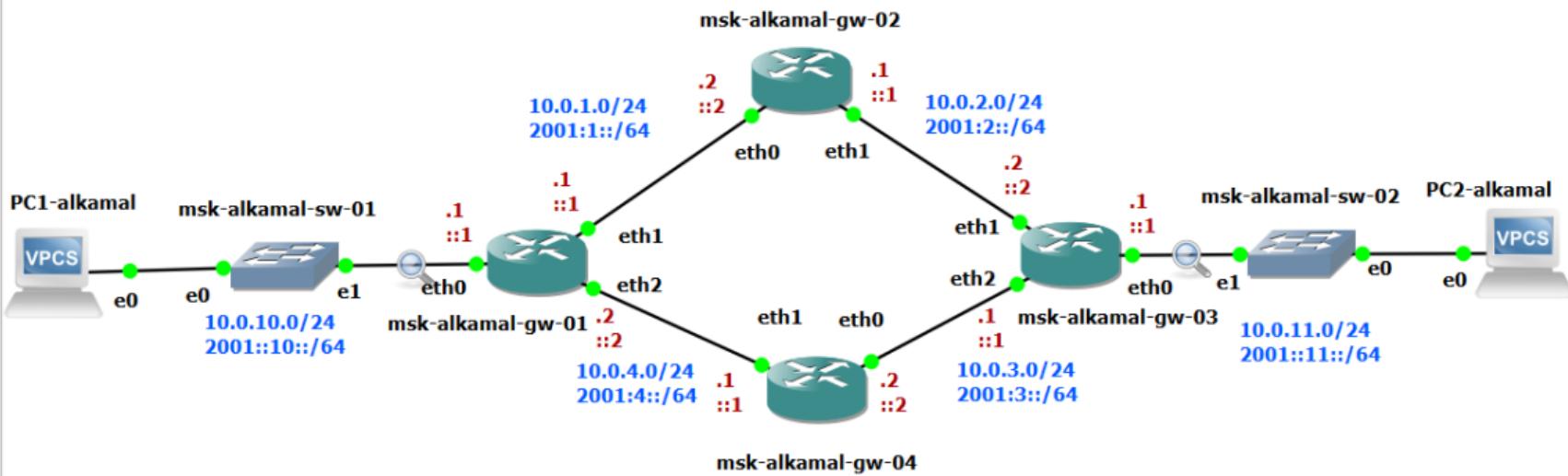
- Изучение принципов маршрутизации
- Работа с IPv4 и IPv6
- Настройка сетевого оборудования

Раздел 2

2. Настройка динамической маршрутизации в сетях IPv4 и IPv6

2.1 Развёртывание моделируемой сети в GNS3

- Запуск GNS3 VM и GNS3
- Создание нового проекта
- Размещение маршрутизаторов FRR, коммутаторов и VPCS
- Формирование кольцевой топологии из 4 маршрутизаторов
- Подключение:
 - PC1 → sw-01 → gw-01
 - PC2 → sw-02 → gw-03
- Переименование устройств:
 - msk-user-sw-0x
 - msk-user-gw-0x
 - PCx-alkama1
- Включение захвата трафика:
 - sw-01 ↔ gw-01
 - sw-02 ↔ gw-03



2.3 Назначение IPv4-адресов оконечным устройствам

- Настройка IPv4-адресов на PC1 и PC2
- PC1:
 - IP: 10.0.10.10/24
 - Gateway: 10.0.10.1
- PC2:
 - IP: 10.0.11.10/24
 - Gateway: 10.0.11.1
- Сохранение конфигурации
- Проверка командой `show ip`

```
PC1-alkamal> ip 10.0.10.10/24 10.0.10.1
Checking for duplicate address...
PC1-alkamal : 10.0.10.10 255.255.255.0 gateway 10.0.10.1
```

```
PC1-alkamal> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done
```

```
PC1-alkamal> show ip
```

```
NAME      : PC1-alkamal[1]
IP/MASK   : 10.0.10.10/24
GATEWAY   : 10.0.10.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 20016
RHOST:PORT:PORT : 127.0.0.1:20017
MTU       : 1500
```

```
PC2-alkamal> ip 10.0.11.10/24 10.0.11.1
Checking for duplicate address...
PC2-alkamal : 10.0.11.10 255.255.255.0 gateway 10.0.11.1
```

```
PC2-alkamal> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done
```

```
PC2-alkamal> show ip

NAME          : PC2-alkamal[1]
IP/MASK       : 10.0.11.10/24
GATEWAY       : 10.0.11.1
DNS           :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 20018
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:20019
MTU           : 1500
```

2.6 Настройка IPv4-адресации на msk-user-gw-01

- Назначение IPv4-адресов:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Активация интерфейсов (no shutdown)
- Сохранение конфигурации
- Проверка show running-config

PC1-alkamal

PC2-alkamal

msk-alkama

msk-alkama

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-alkamal-gw-01
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ip address 10.0.10.1/24
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ip address 10.0.1.1/24
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth2
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ip address 10.0.4.2/24
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-01# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-01
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.0.10.1/24
exit
!
interface eth1
```

2.7

2.8 Настройка IPv4-адресации на msk-user-gw-02

- Назначение IPv4-адресов:
 - eth0
 - eth1
- Активация интерфейсов
- Сохранение конфигурации
- Проверка текущих параметров

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-alkamal-gw-02
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ip address 10.0.1.2/24
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ip address 10.0.2.1/24
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# exit
msk-alkamal-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
```

Building Configuration...

Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf

[OK]

```
msk-alkamal-gw-02# show running-config
Building configuration...
```

Current configuration:

```
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-02
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.0.1.2/24
exit
!
interface eth1
  ip address 10.0.2.1/24
exit
!
end
```

2.10 Настройка IPv4-адресации на msk-user-gw-03

- Назначение IPv4-адресов:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Подключение к локальной и транзитным сетям
- Активация интерфейсов
- Проверка show running-config

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-alkamal-gw-03
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ip address 10.0.11.1/24
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ip address 10.0.2.2/24
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth2
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ip address 10.0.3.1/24
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-03# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-03
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.0.11.1/24
exit
!
interface eth1
```

2.12 Настройка IPv4-адресации на msk-user-gw-04

- Назначение IPv4-адресов:
 - eth0
 - eth1
- Активация интерфейсов
- Сохранение конфигурации
- Проверка корректности настроек

PC1-alkamal

PC2-alkamal

msk-alkamal-g

msk-alkamal-g

msk-alkamal-g

msk-alkama¹

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-alkamal-gw-04
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ip address 10.0.3.2/24
msk-alkamal-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ip address 10.0.4.1/24
msk-alkamal-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-04# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-04
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.0.3.2/24
exit
!
interface eth1
  ip address 10.0.4.1/24
exit
!
end
```

2.14 Назначение IPv6-адресов оконечным устройствам

- Ручная настройка IPv6 через VPCS
- PC1:
 - IPv6: 2001:10::a/64
 - Проверка `show ipv6`
- PC2:
 - IPv6: 2001:11::a/64
 - Проверка `show ipv6`
- Подтверждение наличия global и link-local адресов

```
PC1-alkamal> ip 2001:10::a/64
PC1 : 2001:10::a/64

PC1-alkamal> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done
```

```
PC1-alkamal> show ipv6
```

```
NAME          : PC1-alkamal[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:10::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:00
LPORT          : 20016
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20017
MTU:          : 1500
```

```
PC2-alkamal> ip 2001:11::a/64
PC1 : 2001:11::a/64

PC2-alkamal> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC2-alkamal> show ipv6

NAME          : PC2-alkamal[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:11::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 20018
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20019
MTU:          : 1500
```

2.17 Настройка IPv6-адресации на msk-user-gw-01

- Включение IPv6 forwarding
- Назначение IPv6-адресов:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Включение Router Advertisement на eth0

```
● PC1-alkamal ● PC2-alkamal ● msk-alkama! ● msk-alkamal-g ● msk-alkamal-gw-01# configure terminal
msk-alkamal-gw-01(config)# ipv6 forwarding
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:10::1/64
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 nd prefix 2001:10::/64
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:1::1/64
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth2
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:4::2/64
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-01# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-01
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.0.10.1/24
  ipv6 address 2001:10::1/64
```

2.19 Настройка IPv6-адресации на msk-user-gw-02

- Включение IPv6 forwarding
- Назначение IPv6-адресов:
 - eth0
 - eth1
- Активация интерфейсов
- Сохранение конфигурации

```
msk-alkamal-gw-02# configure terminal
msk-alkamal-gw-02(config)# ipv6 forwarding
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:1::2/64
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:2::1/64
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# exit
msk-alkamal-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-02# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-02
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.0.1.2/24
  ipv6 address 2001:1::2/64
exit
!
interface eth1
  ip address 10.0.2.1/24
  ipv6 address 2001:2::1/64
exit
!
end
```

2.21 Настройка IPv6-адресации на msk-user-gw-03

- Активация IPv6
- Назначение IPv6-адресов:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Включение Router Advertisement на eth0
- Проверка конфигурации

```
PC1-alkamal  PC2-alkamal  msk-alkamal-g  msk-alkamal-g  msk-alkama x

msk-alkamal-gw-03# configure terminal
msk-alkamal-gw-03(config)# ipv6 forwarding
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:11::1/64
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 nd prefix 2001:11::/64
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:2::2/64
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth2
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:3::1/64
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-03# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-03
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
 ip address 10.0.11.1/24
 ipv6 address 2001:11::1/64
 ipv6 nd prefix 2001:11::/64
 no ipv6 nd suppress-ra
exit
!
interface eth1
 ip address 10.0.2.2/24
 ipv6 address 2001:2::2/64
exit
!
interface eth2
 ip address 10.0.3.1/24
 ipv6 address 2001:3::1/64
exit
!
end
```

2.22

2.23 Настройка IPv6-адресации на msk-user-gw-04

- Включение IPv6 forwarding
- Назначение IPv6-адресов:
 - eth0
 - eth1
- Активация интерфейсов
- Готовность к IPv6-маршрутизации

```
msk-alkamal-gw-04# configure terminal
msk-alkamal-gw-04(config)# ipv6 forwarding
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ipv6 address 2001:3::2/64
msk-alkamal-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ipv6 address 2001:4::1/64
msk-alkamal-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-04# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-04
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.0.3.2/24
  ipv6 address 2001:3::2/64
exit
!
interface eth1
  ip address 10.0.4.1/24
  ipv6 address 2001:4::1/64
exit
!
end
```

Раздел 3

3. Настройка динамической маршрутизации по протоколу RIP

3.1 Настройка RIP на msk-user-gw-01

- Включение RIP версии 2
- Активация на интерфейсах:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Объявление всех подключённых сетей
- Сохранение конфигурации

```
msk-alkamal-gw-01# configure terminal
msk-alkamal-gw-01(config)# router rip
msk-alkamal-gw-01(config-router)# version 2
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network eth2
msk-alkamal-gw-01(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

3.3 Настройка RIP на msk-user-gw-02

- Включение RIPv2
- Активация на интерфейсах:
 - eth0
 - eth1
- Участие в обмене маршрутами

```
msk-alkamal-gw-02# configure terminal
msk-alkamal-gw-02(config)# router rip
msk-alkamal-gw-02(config-router)# version 2
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-02(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# exit
msk-alkamal-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

3.5 Настройка RIP на msk-user-gw-03

- Включение RIPv2
- Активация на интерфейсах:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Распространение маршрутной информации

3.6

```
msk-alkamal-gw-03# configure terminal
msk-alkamal-gw-03(config)# router rip
msk-alkamal-gw-03(config-router)# version 2
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network eth2
msk-alkamal-gw-03(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

3.7 Настройка RIP на msk-user-gw-04

- Включение RIPv2
- Активация на интерфейсах:
 - eth0
 - eth1
- Корректная работа RIP

3.8

```
msk-alkamal-gw-04# configure terminal
msk-alkamal-gw-04(config)# router rip
msk-alkamal-gw-04(config-router)# version 2
msk-alkamal-gw-04(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-04(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-04(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

3.9 Проверка корректности маршрутизации RIP

- Проверка команд:
 - show ip route rip
 - show ip rip
 - show ip rip status
- Получение удалённых маршрутов
- Метки R в таблице маршрутизации
- Период обновлений: 30 секунд

```

msk-alkamal-gw-01# show ip route rip
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
       T - Table, v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, F - PBR,
       f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
       t - trapped, o - offload failure

R>* 10.0.2.0/24 [120/2] via 10.0.1.2, eth1, weight 1, 00:04:03
R>* 10.0.3.0/24 [120/2] via 10.0.4.1, eth2, weight 1, 00:00:49
R>* 10.0.11.0/24 [120/3] via 10.0.1.2, eth1, weight 1, 00:01:57
msk-alkamal-gw-01# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
      (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
      (i) - interface

      Network          Next Hop          Metric From        Tag Time
C(i) 10.0.1.0/24    0.0.0.0           1 self            0
R(n) 10.0.2.0/24    10.0.1.2          2 10.0.1.2       0 02:33
R(n) 10.0.3.0/24    10.0.4.1          2 10.0.4.1       0 02:42
C(i) 10.0.4.0/24    0.0.0.0           1 self            0
C(i) 10.0.10.0/24   0.0.0.0           1 self            0
R(n) 10.0.11.0/24   10.0.1.2          3 10.0.1.2       0 02:33
msk-alkamal-gw-01# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 8 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
    Default version control: send version 2, receive version 2
      Interface      Send  Recv  Key-chain
      eth0          2     2
      eth1          2     2
      eth2          2     2
  Routing for Networks:
    eth0
    eth1
    eth2
  Routing Information Sources:
    Gateway      BadPackets BadRoutes Distance Last Update
    10.0.1.2        0         0       120  00:00:06
    10.0.4.1        0         0       120  00:00:26
  Distance: (default is 120)

```

```

msk-alkamal-gw-02# show ip route rip
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
       T - Table, v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, F - PBR,
       f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
       t - trapped, o - offload failure

R>* 10.0.3.0/24 [120/2] via 10.0.2.2, eth1, weight 1, 00:06:02
R>* 10.0.4.0/24 [120/2] via 10.0.1.1, eth0, weight 1, 00:08:03
R>* 10.0.10.0/24 [120/2] via 10.0.1.1, eth0, weight 1, 00:08:03
R>* 10.0.11.0/24 [120/2] via 10.0.2.2, eth1, weight 1, 00:05:54
msk-alkamal-gw-02# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
      (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
      (i) - interface

      Network          Next Hop          Metric From        Tag Time
C(i) 10.0.1.0/24    0.0.0.0           1 self            0
C(i) 10.0.2.0/24    0.0.0.0           1 self            0
R(n) 10.0.3.0/24    10.0.2.2          2 10.0.2.2       0 02:31
R(n) 10.0.4.0/24    10.0.1.1          2 10.0.1.1       0 02:24
R(n) 10.0.10.0/24   10.0.1.1          2 10.0.1.1       0 02:24
R(n) 10.0.11.0/24   10.0.2.2          2 10.0.2.2       0 02:31
msk-alkamal-gw-02# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 0 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
    Default version control: send version 2, receive version 2
      Interface      Send  Recv  Key-chain
      eth0          2     2
      eth1          2     2
  Routing for Networks:
    eth0
    eth1
  Routing Information Sources:
    Gateway      BadPackets BadRoutes Distance Last Update
    10.0.1.1          0         0       120  00:00:06
    10.0.2.2          0         0       120  00:00:02
Distance: (default is 120)

```

```

msk-alkamal-gw-03# show ip route rip
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
       T - Table, v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, F - PBR,
       f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
       t - trapped, o - offload failure

R>* 10.0.1.0/24 [120/2] via 10.0.2.1, eth1, weight 1, 00:06:56
R>* 10.0.4.0/24 [120/2] via 10.0.3.2, eth2, weight 1, 00:05:46
R>* 10.0.10.0/24 [120/3] via 10.0.2.1, eth1, weight 1, 00:06:56
msk-alkamal-gw-03# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
      (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
      (i) - interface

      Network          Next Hop          Metric From           Tag Time
R(n) 10.0.1.0/24      10.0.2.1          2 10.0.2.1        0 02:42
C(i) 10.0.2.0/24      0.0.0.0          1 self            0
C(i) 10.0.3.0/24      0.0.0.0          1 self            0
R(n) 10.0.4.0/24      10.0.3.2          2 10.0.3.2        0 02:30
R(n) 10.0.10.0/24     10.0.2.1          3 10.0.2.1        0 02:42
C(i) 10.0.11.0/24     0.0.0.0          1 self            0
msk-alkamal-gw-03# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 10 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
    Default version control: send version 2, receive version 2
      Interface      Send  Recv  Key-chain
      eth0          2     2
      eth1          2     2
      eth2          2     2
  Routing for Networks:
    eth0
    eth1
    eth2
  Routing Information Sources:
    Gateway      BadPackets BadRoutes Distance Last Update
    10.0.2.1          0         0       120  00:00:24
    10.0.3.2          0         0       120  00:00:00
Distance: (default is 120)

```

```

msk-alkamal-gw-04# show ip route rip
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
      O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
      T - Table, v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, F - PBR,
      f - OpenFabric,
      > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
      t - trapped, o - offload failure

R>* 10.0.1.0/24 [120/2] via 10.0.4.2, eth1, weight 1, 00:06:13
R>* 10.0.2.0/24 [120/2] via 10.0.3.1, eth0, weight 1, 00:06:19
R>* 10.0.10.0/24 [120/2] via 10.0.4.2, eth1, weight 1, 00:06:13
R>* 10.0.11.0/24 [120/2] via 10.0.3.1, eth0, weight 1, 00:06:19
msk-alkamal-gw-04# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
  (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
  (i) - interface

      Network          Next Hop          Metric From        Tag Time
R(n) 10.0.1.0/24      10.0.4.2          2 10.0.4.2        0 02:48
R(n) 10.0.2.0/24      10.0.3.1          2 10.0.3.1        0 02:50
C(i) 10.0.3.0/24      0.0.0.0           1 self            0
C(i) 10.0.4.0/24      0.0.0.0           1 self            0
R(n) 10.0.10.0/24     10.0.4.2          2 10.0.4.2        0 02:48
R(n) 10.0.11.0/24     10.0.3.1          2 10.0.3.1        0 02:50
msk-alkamal-gw-04# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 9 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
    Default version control: send version 2, receive version 2
      Interface      Send  Recv  Key-chain
      eth0          2     2
      eth1          2     2
  Routing for Networks:
    eth0
    eth1
  Routing Information Sources:
    Gateway      BadPackets  BadRoutes  Distance  Last Update
    10.0.3.1          0          0       120  00:00:17
    10.0.4.2          0          0       120  00:00:18
  Distance: (default is 120)

```

3.14 Проверка связности PC1 → PC2 (нормальный режим)

- Ping 10.0.11.10
- Успешные ICMP-ответы
- Traceroute показывает маршрут через несколько маршрутизаторов

```
PC1-alkamal> ping 10.0.11.10
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=9.753 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=8.833 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=6.947 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=12.688 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=6.694 ms

PC1-alkamal> ping 2001:11::a
*2001:10::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=7.008 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*2001:10::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=2.618 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*2001:10::1 icmp6_seq=3 ttl=64 time=1.257 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*2001:10::1 icmp6_seq=4 ttl=64 time=1.275 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*2001:10::1 icmp6_seq=5 ttl=64 time=1.494 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)

PC1-alkamal> ping 10.0.11.10
10.0.11.10 icmp_seq=1 timeout
10.0.11.10 icmp_seq=2 timeout
10.0.11.10 icmp_seq=3 timeout
10.0.11.10 icmp_seq=4 timeout
10.0.11.10 icmp_seq=5 timeout

PC1-alkamal> trace 10.0.11.10 -P 6
trace to 10.0.11.10, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.0.10.1    2.018 ms  1.518 ms  0.881 ms
 2  * * *
 3  *10.0.10.1    147.031 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)

PC1-alkamal> ping 10.0.11.10
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=10.532 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=7.112 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=8.403 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=5.958 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=7.729 ms

PC1-alkamal> trace 10.0.11.10 -P 6
trace to 10.0.11.10, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.0.10.1    2.338 ms  1.764 ms  1.645 ms
 2  10.0.4.1    6.000 ms  3.625 ms  3.126 ms
 3  10.0.3.1    5.863 ms  3.600 ms  5.898 ms
 4  10.0.11.10   7.339 ms  6.024 ms  4.777 ms
```

3.16 Анализ метрик RIP в штатном режиме

- Выполнение `show ip rip`
- Метрики < 16
- Основной маршрут через `msk-user-gw-02`

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

Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP

Sub-codes:

(n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
(i) - interface

	Network	Next Hop	Metric	From	Tag	Time
C(i)	10.0.1.0/24	0.0.0.0	1	self	0	
R(n)	10.0.2.0/24	10.0.1.2	16	10.0.1.2	0	01:42
R(n)	10.0.3.0/24	10.0.4.1	2	10.0.4.1	0	02:38
C(i)	10.0.4.0/24	0.0.0.0	1	self	0	
C(i)	10.0.10.0/24	0.0.0.0	1	self	0	
R(n)	10.0.11.0/24	10.0.1.2	16	10.0.1.2	0	01:42

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

Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP

Sub-codes:

(n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
(i) - interface

	Network	Next Hop	Metric	From	Tag	Time
C(i)	10.0.1.0/24	0.0.0.0	1	self	0	
R(n)	10.0.2.0/24	10.0.1.2	2	10.0.1.2	0	02:54
R(n)	10.0.3.0/24	10.0.4.1	2	10.0.4.1	0	02:46
C(i)	10.0.4.0/24	0.0.0.0	1	self	0	
C(i)	10.0.10.0/24	0.0.0.0	1	self	0	
R(n)	10.0.11.0/24	10.0.4.1	3	10.0.4.1	0	02:46

```
msk-alkamal-gw-01#
```

3.18 Отказ интерфейса на msk-user-gw-02

- Отключение eth0 (`shutdown`)
- Маршруты получают метрику 16
- RIP помечает маршруты как недостижимые

3.19 Потеря связности при отказе канала

- Ping PC1 → PC2 не проходит
- Traceroute:
 - Destination host unreachable
- Отсутствие активного маршрута

3.20 Восстановление маршрута (RIP convergence)

- Получение альтернативных маршрутов
- Новый путь через msk-user-gw-04
- Успешный ping
- Время восстановления — десятки секунд

3.21 Включение интерфейса msk-user-gw-02

- Команда no shutdown
- Возврат основного маршрута
- Метрики восстановлены

3.22 Анализ перехваченного трафика RIP

- RIP-пакеты на 224.0.0.9
- Объявление сетей и метрик
- Метрика 16 при отказе
- ICMP Echo Request / Reply
- Анализ TTL и IP-адресов

55	954.972856	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
56	991.978651	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
57	1821.982184	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
58	1054.983779	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
59	1887.994176	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
60	1899.095453	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64 Who has 10.0.10.1? Tell 10.0.10.10
61	1899.101266	0:c:1:f2:75:00:00	Private_66:68:00	ARP	68 10.0.10.1 is at 0:c:1:f2:75:00:00
62	1899.182142	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xffffda, seq=1/256, ttl=64 (reply in 63)
63	1899.113120	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xffffda, seq=1/256, ttl=61 (request in 62)
64	1100.116594	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x00db, seq=2/512, ttl=64 (reply in 65)
65	1100.123051	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x00db, seq=2/512, ttl=61 (request in 64)
66	1101.124553	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x01db, seq=3/768, ttl=64 (reply in 67)
67	1101.135229	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x01db, seq=3/768, ttl=61 (request in 66)
68	1102.137994	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x02db, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 69)
69	1102.144426	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x02db, seq=4/1024, ttl=61 (request in 68)
70	1103.146065	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x03db, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 71)
71	1103.150465	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x03db, seq=5/1280, ttl=61 (request in 70)
72	1104.128296	0:c:1:f2:75:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 Who has 10.0.10.10? Tell 10.0.10.1
73	1104.128587	Private_66:68:00	0:c:1:f2:75:00:00	ARP	68 10.0.10.10 is at 0:c:1:f2:75:00:00
74	1118.000763	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
75	1135.624331	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
76	1135.628700	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
77	1135.629527	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
78	1135.630295	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
79	1135.632764	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
80	1135.633212	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
81	1135.635597	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
82	1135.641816	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
83	1135.644522	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
84	1135.647124	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
85	1135.647828	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
86	1135.649313	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
87	1135.652528	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
88	1135.659941	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
89	1135.662704	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
90	1135.666715	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
91	1135.667991	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
92	1135.671457	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
93	1135.674964	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
94	1135.684150	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	68 21314 → 21313 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
95	1135.685883	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Out-Of-Order] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
96	1135.686906	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	68 [TCP Port numbers reused] 21314 → 21313 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
97	1135.690489	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769331492 TSecr=0 WS=2
98	1135.694797	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	68 [TCP Port numbers reused] 21314 → 21313 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
99	1140.689148	0:c:1:f2:75:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 Who has 10.0.10.10? Tell 10.0.10.1
100	1140.691230	Private_66:68:00	0:c:1:f2:75:00:00	ARP	68 10.0.10.10 is at 0:c:1:f2:75:00:00
101	1150.972291	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
102	1175.975527	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
103	1203.981395	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
104	1235.984129	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response

43 866.249084	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
44 892.252690	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
45 928.261136	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
46 962.266923	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
47 996.276749	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
48 1823.285456	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
49 1958.296104	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
50 1865.658431	0c:ba:07:de:00:00	Broadcast	ARP	60 Who has 10.0.11.10? Tell 10.0.11.1
51 1865.658810	Private_66:68:01	0c:ba:07:de:00:00	ARP	60 10.0.11.10 is at 00:50:79:66:68:01
52 1865.660060	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xffffda, seq=1/256, ttl=61 (reply in 53)
53 1865.660608	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xffffda, seq=1/256, ttl=64 (request in 52)
54 1866.671302	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x00db, seq=2/512, ttl=61 (reply in 55)
55 1866.671703	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x00db, seq=2/512, ttl=64 (request in 54)
56 1867.679161	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x01db, seq=3/768, ttl=61 (reply in 57)
57 1867.680369	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x01db, seq=3/768, ttl=64 (request in 56)
58 1868.691584	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x02db, seq=4/1024, ttl=61 (reply in 59)
59 1868.692430	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x02db, seq=4/1024, ttl=64 (request in 58)
60 1869.698744	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x03db, seq=5/1280, ttl=61 (reply in 61)
61 1869.699122	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x03db, seq=5/1280, ttl=64 (request in 60)
62 1886.380399	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
63 1102.229121	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769331492 TSecr=0 WS=2
64 1102.229461	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	54 21314 → 21313 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
65 1102.237352	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769331492 TSecr=0 WS=2
66 1102.238170	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	54 [TCP Port numbers reused] 21314 → 21313 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
67 1102.241847	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 21313 → 21314 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769331492 TSecr=0 WS=2
68 1102.242484	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	54 [TCP Port numbers reused] 21314 → 21313 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
69 1107.286613	0c:ba:07:de:00:00	Private_66:68:01	ARP	60 Who has 10.0.11.10? Tell 10.0.11.1
70 1107.286707	Private_66:68:01	0c:ba:07:de:00:00	ARP	60 10.0.11.10 is at 00:50:79:66:68:01
71 1109.308943	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
72 1138.272926	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
73 1161.643375	fe80::eba:7ff:fede:0	ff02::1	ICMPv6	110 Router Advertisement from 0c:ba:07:de:00:00
74 1167.280084	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
75 1194.285889	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
76 1220.293807	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
77 1251.297826	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
78 1282.675593	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd8db, seq=1/256, ttl=61 (reply in 81)
79 1282.675985	Private_66:68:01	Broadcast	ARP	64 Who has 10.0.11.1? Tell 10.0.11.10
80 1282.677866	0c:ba:07:de:00:00	Private_66:68:01	ARP	60 10.0.11.1 is at 0c:ba:07:de:00:00
81 1282.679439	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd8db, seq=1/256, ttl=64 (request in 78)
82 1283.302626	10.0.11.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
83 1283.686791	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd9db, seq=2/512, ttl=61 (reply in 84)
84 1283.686978	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd9db, seq=2/512, ttl=64 (request in 83)
85 1284.695620	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xdadb, seq=3/768, ttl=61 (reply in 86)
86 1284.696309	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xdadb, seq=3/768, ttl=64 (request in 85)
87 1285.707752	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xdadb, seq=4/1024, ttl=61 (reply in 88)
88 1285.708619	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xdadb, seq=4/1024, ttl=64 (request in 87)
89 1286.718874	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xdcdb, seq=5/1280, ttl=61 (reply in 90)
90 1286.719115	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xdcdb, seq=5/1280, ttl=64 (request in 89)
91 1287.725890	0c:ba:07:de:00:00	Private_66:68:01	ARP	60 Who has 10.0.11.10? Tell 10.0.11.1
92 1287.726166	Private_66:68:01	0c:ba:07:de:00:00	ARP	60 10.0.11.10 is at 00:50:79:66:68:01

Раздел 4

4. Настройка динамической маршрутизации по протоколу OSPF

4.1 Настройка OSPFv2 на msk-alkamal-gw-01

- Активация протокола OSPFv2
- Добавление сетей:
 - 10.0.10.0/24
 - 10.0.1.0/24
 - 10.0.4.0/24
- Использование области 0.0.0.0
- Сохранение конфигурации

```
msk-alkamal-gw-01# configure terminal
msk-alkamal-gw-01(config)# router ospf
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network 10.0.10.0/24 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network 10.0.1.0/24 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network 10.0.4.0/24 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-01(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-01#
```

4.2

4.3 Настройка OSPFv2 на msk-alkamal-gw-02

- Включение процесса OSPFv2
- Объявление сетей:
 - 10.0.1.0/24
 - 10.0.2.0/24
- Добавление сетей в область 0.0.0.0
- Сохранение конфигурации FRR

```
msk-alkamal-gw-02# configure terminal
msk-alkamal-gw-02(config)# router ospf
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network 10.0.1.0/24 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network 10.0.2.0/24 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-02(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# exit
msk-alkamal-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-02#
```

4.4

4.5 Настройка OSPFv2 на msk-alkamal-gw-03

- Активация OSPFv2
- Объявление сетей:
 - 10.0.11.0/24
 - 10.0.2.0/24
 - 10.0.3.0/24
- Использование области 0.0.0.0
- Сохранение конфигурации

```
end
msk-alkamal-gw-03# configure terminal
msk-alkamal-gw-03(config)# router ospf
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network 10.0.11.0/24 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network 10.0.2.0/24 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network 10.0.3.0/24 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-03(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-03#
```

4.6

4.7 Настройка OSPFv2 на msk-alkamal-gw-04

- Включение OSPFv2
- Объявление сетей:
 - 10.0.3.0/24
 - 10.0.4.0/24
- Добавление в область 0.0.0.0
- Сохранение параметров маршрутизации

4.8

```
msk-alkamal-gw-04# configure terminal
msk-alkamal-gw-04(config)# router ospf
msk-alkamal-gw-04(config-router)# network 10.0.3.0/24 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-04(config-router)# network 10.0.4.0/24 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-04(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

4.9 Проверка связности PC1 → PC2 (IPv4, OSPFv2)

- Ping 10.0.11.10
- Получены ICMP-ответы (TTL = 61)
- Traceroute:
 - 10.0.10.1
 - 10.0.1.2
 - 10.0.2.2
 - 10.0.11.10

```
PC1-alkamal> ping 10.0.11.10
```

```
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=31.712 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=82.838 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=10.737 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=12.901 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=18.332 ms
```

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

```
trace to 10.0.11.10, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
```

1	10.0.10.1	4.966 ms	4.107 ms	2.683 ms
2	10.0.1.2	9.017 ms	15.385 ms	12.699 ms
3	10.0.2.2	23.889 ms	18.881 ms	15.409 ms
4	10.0.11.10	28.117 ms	27.574 ms	26.562 ms

4.10

4.11 Проверка соседства и маршрутов OSPFv2

- Команды проверки:
 - show ip ospf neighbor
 - show ip ospf route
- Соседи OSPF:
 - 10.0.1.2
 - 10.0.4.1
- Состояние: Full/Backup
- Два пути к сети 10.0.11.0/24

4.12

```
msk-alkamal-gw-01# show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri State          Up Time       Dead Time Address      Interface      RXmtL Rq
stl DBsmL
10.0.2.1         1 Full/Backup    2m17s        34.858s  10.0.1.2      eth1:10.0.1.1      0
  0   0
10.0.4.1         1 Full/Backup    38.631s      38.267s  10.0.4.1      eth2:10.0.4.2      0
  0   0

msk-alkamal-gw-01# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N  10.0.1.0/24      [100] area: 0.0.0.0
                           directly attached to eth1
N  10.0.2.0/24      [200] area: 0.0.0.0
                           via 10.0.1.2, eth1
N  10.0.3.0/24      [200] area: 0.0.0.0
                           via 10.0.4.1, eth2
N  10.0.4.0/24      [100] area: 0.0.0.0
                           directly attached to eth2
N  10.0.10.0/24     [100] area: 0.0.0.0
                           directly attached to eth0
N  10.0.11.0/24     [300] area: 0.0.0.0
                           via 10.0.1.2, eth1
                           via 10.0.4.1, eth2

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
```

4.13 Моделирование отказа канала (OSPFv2)

- Отключение интерфейса eth0
- Команда: `shutdown`
- Выполнено на `msk-alkamal-gw-02`

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

4.14

4.15 Состояние OSPFv2 после отказа

- Проверка `show ip ospf route`
- Пересчёт маршрутов
- Использование альтернативного пути через eth2
- Соседство OSPF сохранено

4.16

```
msk-alkamal-gw-01# show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Up Time	Dead Time	Address	Interface	RXmtL	RqstL	DBsml
10.0.2.1	1	Full/Backup	4m09s	23.048s	10.0.1.2	eth1:10.0.1.1	1	0	0
10.0.4.1	1	Full/Backup	2m30s	36.466s	10.0.4.1	eth2:10.0.4.2	0	0	0

```
msk-alkamal-gw-01# show ip ospf route
```

```
===== OSPF network routing table =====
```

N	10.0.1.0/24	[100] area: 0.0.0.0 directly attached to eth1
N	10.0.2.0/24	[300] area: 0.0.0.0 via 10.0.4.1, eth2
N	10.0.3.0/24	[200] area: 0.0.0.0 via 10.0.4.1, eth2
N	10.0.4.0/24	[100] area: 0.0.0.0 directly attached to eth2
N	10.0.10.0/24	[100] area: 0.0.0.0 directly attached to eth0
N	10.0.11.0/24	[300] area: 0.0.0.0 via 10.0.4.1, eth2

```
===== OSPF router routing table =====
```

```
===== OSPF external routing table =====
```

4.17 Повторная проверка связности (OSPFv2)

- Ping PC1 → PC2 успешен
- Traceroute:
 - 10.0.10.1
 - 10.0.4.1
 - 10.0.3.1
 - 10.0.11.10

PC1-alkamal> ping 10.0.11.10

```
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=16.936 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=27.126 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=14.581 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=15.179 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=17.487 ms
```

PC1-alkamal> trace 10.0.11.10 -P 6

trace to 10.0.11.10, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop

1	10.0.10.1	8.961 ms	9.519 ms	1.828 ms
2	10.0.4.1	8.113 ms	7.469 ms	8.396 ms
3	10.0.3.1	9.184 ms	6.481 ms	11.145 ms
4	10.0.11.10	23.117 ms	12.510 ms	13.036 ms

4.18

4.19 Восстановление интерфейса msk-alkamal-gw-02

- Команда: no shutdown
- Интерфейс eth0 снова активен

```
msk-alkamal-gw-02(config-if)# interface eth0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)#
```

4.20

4.21 Контроль связности после восстановления (OSPFv2)

- Ping PC1 → PC2 успешен
- Traceroute:
 - 10.0.10.1
 - 10.0.1.2
 - 10.0.3.1
 - 10.0.11.10

PC1-alkamal> ping 10.0.11.10

```
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=16.765 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=10.983 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=10.358 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=19.267 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=21.852 ms
```

PC1-alkamal> trace 10.0.11.10 -P 6

trace to 10.0.11.10, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop

1	10.0.10.1	17.254 ms	2.382 ms	5.779 ms
2	10.0.1.2	32.940 ms	10.492 ms	30.784 ms
3	10.0.3.1	16.768 ms	13.870 ms	10.780 ms
4	10.0.11.10	32.700 ms	20.109 ms	28.143 ms

4.22

4.23 Анализ ICMP и ARP трафика (IPv4)

- ARP-пакеты: сопоставление IP ↔ MAC
- ICMP Echo Request / Reply
- Уменьшение TTL
- Подтверждение прохождения через несколько маршрутизаторов



Примените фильтр отображения ... <Ctrl-/>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
64	647.009423	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
65	656.818775	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64 Who has 10.0.10.1? Tell 10.0.10.10
66	656.023839	0c:d1:f2:75:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 10.0.10.1 is at 0c:d1:f2:75:00:00
67	656.031626	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xb5b, seq=1/256, ttl=64 (reply in 68)
68	656.056801	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xb5b, seq=1/256, ttl=61 (request in 67)
69	657.811062	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
70	657.859673	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xc5b, seq=2/512, ttl=64 (reply in 71)
71	657.1408868	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xc5b, seq=2/512, ttl=61 (request in 70)
72	658.142117	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xae5b, seq=3/768, ttl=64 (reply in 73)
73	658.152621	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xae5b, seq=3/768, ttl=61 (request in 72)
74	659.155582	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xa5b, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 75)
75	659.167250	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xa5b, seq=4/1024, ttl=61 (request in 74)
76	660.169864	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xb05b, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 77)
77	660.185599	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xb05b, seq=5/1280, ttl=61 (request in 76)
78	661.186785	0c:d1:f2:75:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 Who has 10.0.10.10? Tell 10.0.10.1
79	661.188082	Private_66:68:00	0c:d1:f2:75:00:00	ARP	60 10.0.10.10 is at 0c:d1:f2:75:00:00
80	664.198360	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
81	664.202709	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	162 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
82	664.203877	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
83	664.206636	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	162 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
84	664.207988	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
85	664.209976	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	162 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
86	664.210371	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
87	664.218891	10.0.11.2	10.0.10.10	ICMP	162 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
88	664.219461	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
89	664.234197	10.0.11.2	10.0.10.10	ICMP	162 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
90	664.235831	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
91	664.247151	10.0.11.2	10.0.10.10	ICMP	162 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
92	664.248904	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
93	664.271934	10.0.11.2	10.0.10.10	ICMP	162 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
94	664.275357	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
95	664.292196	10.0.11.2	10.0.10.10	ICMP	162 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
96	664.294887	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
97	664.309894	10.0.11.2	10.0.10.10	ICMP	162 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
98	664.314218	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
99	664.341441	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	60 40258 → 40257 [SYN, ACK] Seq=1 Win=0 Len=0
100	664.343481	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Out-Of-Order] 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
101	664.370354	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	60 [TCP Port numbers reused] 40258 → 40257 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
102	664.372052	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 40257 → 40258 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TStamp=1769888692 TSecr=0 WS=2
103	664.397538	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	60 [TCP Port numbers reused] 40258 → 40257 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
104	667.012139	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
105	669.017115	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
106	677.015510	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
107	687.016986	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
108	697.019267	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
109	698.029187	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
110	707.019141	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet

4.25 ICMP Time Exceeded при трассировке

- ICMP Time-to-live exceeded
- Формируются промежуточными маршрутизаторами
- Используются для определения маршрута

4.26

msk-alkamal-sw-01_Ethernet1_to_msk-alkamal-gw-01_eth0.pcap

Примените фильтр отображения ... <Ctrl-/>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
103	664.397530	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	68 [TCP Port numbers reused] 40258 -> 40257 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
104	667.012139	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
105	669.017115	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
106	677.015510	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
107	687.016986	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
108	697.019267	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
109	698.029187	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
110	707.019141	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
111	717.019897	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
112	727.022532	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
113	734.071987	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
114	737.025553	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
115	747.028215	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
116	757.029891	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
117	761.097059	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
118	767.031534	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
119	777.036987	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
120	787.041023	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
121	791.108188	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
122	797.043963	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
123	807.049244	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
124	817.050363	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
125	822.111432	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
126	827.052471	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
127	837.057942	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
128	847.058237	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
129	852.119865	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
130	857.062221	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
131	859.925732	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64 Who has 10.0.10.1? Tell 10.0.10.10
132	859.927120	0c:01:f2:75:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 10.0.10.1 is at 0c:01:f2:75:00:00
133	859.928000	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x775c, seq=1/256, ttl=64 (reply in 134)
134	859.944426	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x775c, seq=1/256, ttl=61 (request in 133)
135	866.953471	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x785c, seq=2/512, ttl=64 (reply in 136)
136	866.975664	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x785c, seq=2/512, ttl=61 (request in 135)
137	861.978058	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x795c, seq=3/768, ttl=64 (reply in 138)
138	861.991945	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x795c, seq=3/768, ttl=61 (request in 137)
139	862.995494	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x7a5c, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 148)
140	863.009745	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x7a5c, seq=4/1024, ttl=61 (request in 139)
141	864.013500	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xb5c, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 142)
142	864.038272	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xb5c, seq=5/1280, ttl=61 (request in 141)
143	864.957558	0c:01:f2:75:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 Who has 10.0.10.10? Tell 10.0.10.1
144	864.957898	Private_66:68:00	0c:01:f2:75:00:00	ARP	60 10.0.10.10 is at 00:50:79:66:68:00
145	867.065234	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
146	867.701824	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 63024 + 63025 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TStamp=1769888895 TSecr=0 WS=2
147	867.709433	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
148	867.710541	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 63024 -> 63025 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TStamp=1769888895 TSecr=0 WS=2
149	867.717851	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
150	867.720000	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 63024 -> 63025 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TStamp=1769888895 TSecr=0 WS=2

4.27 Служебный трафик OSPF и RIP

- OSPF Hello:
 - Multicast 224.0.0.5
- RIP v2:
 - Multicast 224.0.0.9
- Подтверждение одновременной работы RIP и OSPF

4.28

msk-alkamal-sw-01_Ethernet1_to_msk-alkamal-gw-01_eth0.pcap

Файл Правка Вид Запуск Захват Анализа Статистика Телефония Беспроводная связь Инструменты Справка

Применить фильтр отображения ... <Ctrl-/>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
157	867.748902	10.0.4.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
158	867.750011	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 63024 + 63025 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TSval=1769888895 TSeср=0 WS=2
159	867.758388	10.0.3.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
160	867.761445	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 63024 + 63025 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888895 TSeср=0 WS=2
161	867.767405	10.0.3.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
162	867.769874	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 63024 + 63025 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TSval=1769888895 TSeср=0 WS=2
163	867.779586	10.0.3.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
164	867.780448	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 63024 + 63025 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888895 TSeср=0 WS=2
165	867.802863	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	60 63025 + 63024 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
166	867.883417	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Out-Of-Order] 63024 + 63025 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888895 TSeср=0 WS=2
167	867.815475	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	60 [TCP Port numbers reused] 63025 + 63024 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
168	867.816689	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 63024 + 63025 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888895 TSeср=0 WS=2
169	867.828152	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	60 [TCP Port numbers reused] 63025 + 63024 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
170	877.866574	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
171	887.867755	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
172	889.127722	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
173	897.082706	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
174	907.075421	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
175	914.132542	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
176	917.074198	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
177	925.621567	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xb95c, seq=1/256, ttl=64 (reply in 178)
178	925.636927	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xb95c, seq=1/256, ttl=61 (request in 177)
179	926.640471	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xba5c, seq=2/512, ttl=64 (reply in 180)
180	926.658795	10.0.10.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xba5c, seq=2/512, ttl=61 (request in 179)
181	927.077087	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
182	927.653068	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xbb5c, seq=3/768, ttl=64 (reply in 183)
183	927.662685	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xbb5c, seq=3/768, ttl=61 (request in 182)
184	928.665604	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xbc5c, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 185)
185	928.683684	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xbc5c, seq=4/1024, ttl=61 (request in 184)
186	929.686320	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xbd5c, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 187)
187	929.7077449	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xbd5c, seq=5/1280, ttl=61 (request in 186)
188	930.709117	0e:01:f2:75:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 Who has 10.0.10.1? Tell 10.0.10.1
189	930.712754	Private_66:68:00	0e:01:f2:75:00:00	ARP	60 10.0.10.10 is at 00:50:79:66:68:00
190	933.583662	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 34896 + 34897 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888961 TSeср=0 WS=2
191	933.591680	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
192	933.593213	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 34896 + 34897 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888961 TSeср=0 WS=2
193	933.595303	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
194	933.596832	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 34896 + 34897 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888961 TSeср=0 WS=2
195	933.599427	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
196	933.603506	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 34896 + 34897 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888961 TSeср=0 WS=2
197	933.635584	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
198	933.637440	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 34896 + 34897 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888961 TSeср=0 WS=2
199	933.646479	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
200	933.651381	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 34896 + 34897 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888961 TSeср=0 WS=2
201	933.678409	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
202	933.686498	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 34896 + 34897 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 TSval=1769888961 TSeср=0 WS=2
203	933.709614	10.0.3.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Раздел 5

5. Настройка OSPFv3 (IPv6)

5.1 OSPFv3 на msk-alkamal-gw-01

- Активация OSPFv3
- Router-ID: 1.1.1.1
- Включение на интерфейсах:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Область: 0
- Сохранение конфигурации

```
msk-alkamal-gw-01# configure terminal
msk-alkamal-gw-01(config)# router ospf6
msk-alkamal-gw-01(config-ospf6)# ospf6 router-id 1.1.1.1
msk-alkamal-gw-01(config-ospf6)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth2
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

5.2

5.3 OSPFv3 на msk-alkamal-gw-02

- Router-ID: 2.2.2.2
- Активация OSPFv3
- Интерфейсы:
 - eth0
 - eth1
- Область: 0

```
msk-alkamal-gw-02# configure terminal
msk-alkamal-gw-02(config)# router ospf6
msk-alkamal-gw-02(config-ospf6)# ospf6 router-id 2.2.2.2
msk-alkamal-gw-02(config-ospf6)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# # exit
)#
msk-alkamal-gw-02(config)# msk-alkamal-gw-02(config)#
% Unknown command: msk-alkamal-gw-02(config)#
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# exit
msk-alkamal-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-02#
```

5.4

5.5 OSPFv3 на msk-alkamal-gw-03

- Router-ID: 3.3.3.3
- Интерфейсы:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Участие всех IPv6-сегментов
- Сохранение конфигурации

```
msk-alkamal-gw-03# configure terminal
msk-alkamal-gw-03(config)# router ospf6
msk-alkamal-gw-03(config-ospf6)# ospf6 router-id 3.3.3.3
msk-alkamal-gw-03(config-ospf6)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth2
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-03#
```

5.6

5.7 OSPFv3 на msk-alkamal-gw-04

- Router-ID: 4.4.4.4
- Интерфейсы:
 - eth0
 - eth1
- Область: 0

```
msk-alkamal-gw-04# configure terminal
msk-alkamal-gw-04(config)# router ospf6
msk-alkamal-gw-04(config-ospf6)# ospf6 router-id 4.4.4.4
msk-alkamal-gw-04(config-ospf6)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-04#
```

5.8

5.9 Проверка связности IPv6 (OSPFv3)

- Ping 2001:11::a
- Получены ICMPv6-ответы
- Hop limit = 58
- Traceroute:
 - 2001:10::1
 - 2001:1::2
 - 2001:2::2
 - 2001:11::a

```
PC1-alkamal> ping 2001:11::a  
  
2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=144.457 ms  
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=14.956 ms  
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=14.091 ms  
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=18.875 ms  
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=11.379 ms  
  
PC1-alkamal> trace 2001:11::a  
  
trace to 2001:11::a, 64 hops max  
 1 2001:10::1  6.439 ms  5.896 ms  2.253 ms  
 2 2001:1::2  8.939 ms  7.573 ms  5.038 ms  
 3 2001:2::2  15.014 ms  9.847 ms  11.087 ms  
 4 2001:11::a  14.992 ms  10.691 ms  46.786 ms
```

5.10

5.11 Проверка соседства и маршрутов OSPFv3

- Команды:
 - show ipv6 ospf6 neighbor
 - show ipv6 ospf6 route
- Соседи:
 - 2.2.2.2
 - 4.4.4.4
- Состояние: Full/BDR
- IA- префиксы IPv6

5.12

```
msk-alkamal-gw-01# show ipv6 ospf6 neighbor
Neighbor ID      Pri     DeadTime           State/IfState          Duration I/F[State]
2.2.2.2            1     00:00:31         Full/BDR             00:03:40 eth1[DR]
4.4.4.4            1     00:00:39         Full/BDR             00:00:45 eth2[DR]
msk-alkamal-gw-01# show ipv6 ospf6 route
*N IA 2001:1::/64          ::                           eth1 00:00:50
*N IA 2001:2::/64          fe80::eca:7bff:fe4c:0    eth1 00:00:50
*N IA 2001:3::/64          fe80::e6d:f2ff:fe83:1    eth2 00:00:50
*N IA 2001:4::/64          ::                           eth2 00:00:50
*N IA 2001:10::/64         ::                           eth0 00:00:50
*N IA 2001:11::/64         fe80::eca:7bff:fe4c:0    eth1 00:00:50
                                         fe80::e6d:f2ff:fe83:1    eth2
msk-alkamal-gw-01#
```

5.13 Отказ интерфейса (OSPFv3)

- Отключение eth0
- Команда `shutdown`
- Выполнено на `msk-alkamal-gw-02`

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

5.14

5.15 Пересчёт маршрутов OSPFv3

- Проверка `show ipv6 ospf6 route`
- Выбор альтернативного next-hop
- Обновление таблицы маршрутов

5.16

```
msk-alkamal-gw-01# show ipv6 ospf6 route
*N IA 2001:1::/64          ::          eth1 00:00:08
*N IA 2001:2::/64          fe80::e6d:f2ff:fe83:1  eth2 00:00:08
*N IA 2001:3::/64          fe80::e6d:f2ff:fe83:1  eth2 00:00:08
*N IA 2001:4::/64          ::          eth2 00:00:08
*N IA 2001:10::/64         ::          eth0 00:00:08
*N IA 2001:11::/64         fe80::e6d:f2ff:fe83:1  eth2 00:00:08
msk-alkamal-gw-01#
```

5.17 Проверка связности после отказа (IPv6)

- Ping 2001:11::a успешен
- Traceroute:
 - 2001:10::1
 - 2001:4::1
 - 2001:3::1
 - 2001:11::a

```
PC1-alkamal> ping 2001:11::a

2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=11.962 ms
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=17.059 ms
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=15.614 ms
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=9.701 ms
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=16.262 ms

PC1-alkamal> trace 2001:11::a

trace to 2001:11::a, 64 hops max
 1 2001:10::1  21.304 ms  6.670 ms  4.802 ms
 2 2001:4::1  12.225 ms  8.398 ms  7.866 ms
 3 2001:3::1  13.104 ms  26.379 ms  7.390 ms
 4 2001:11::a  14.130 ms  11.656 ms  16.351 ms
```

5.18

5.19 Восстановление интерфейса (OSPFv3)

- Команда no shutdown
- Интерфейс eth0 восстановлен

```
msk-alkamal-gw-02(config-if)# interface eth0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)#
```

5.20

5.21 Контрольная проверка IPv6-связности

- Ping успешен
- Traceroute фиксирует актуальный маршрут
- Работа OSPFv3 подтверждена

```
PC1-alkamal> ping 2001:11::a  
  
2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=16.825 ms  
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=11.820 ms  
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=6.571 ms  
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=51.483 ms  
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=8.775 ms  
  
PC1-alkamal> trace 2001:11::a  
  
trace to 2001:11::a, 64 hops max  
 1 2001:10::1    21.170 ms  32.387 ms  27.280 ms  
 2 2001:4::1    39.995 ms  85.493 ms  21.159 ms  
 3 2001:3::1    48.451 ms  27.249 ms  28.716 ms  
 4 2001:11::a    31.853 ms  96.152 ms  54.941 ms
```

5.22

5.23 Анализ перехваченного IPv6-трафика (ICMPv6)

- Зафиксированы ICMPv6 Echo Request и Echo Reply между узлами $2001:10::a \leftrightarrow 2001:11::a$
- Подтверждена проверка связности на сетевом уровне
- Значения Hop Limit в ответах меньше исходных
- Зафиксировано прохождение пакетов через несколько маршрутизаторов
- В трассировке присутствуют ICMPv6 Time Exceeded
- Сообщения формируются промежуточными маршрутизаторами
- Используются для определения пути следования пакетов

5.24

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
346	1330.461568	2001:10::e	2001:10::e	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x4e5e, seq=1, hop limit=58 (request in 345)
347	1331.464759	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x4e5e, seq=2, hop limit=64 (reply in 348)
348	1331.4809537	2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x4e5e, seq=2, hop limit=58 (request in 347)
349	1332.482286	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x4e5e, seq=3, hop limit=64 (reply in 350)
350	1332.497898	2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x4e5e, seq=3, hop limit=58 (request in 349)
351	1333.581551	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x4e5e, seq=4, hop limit=64 (reply in 352)
352	1333.584988	2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x4e5e, seq=4, hop limit=58 (request in 351)
353	1334.514183	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x4e5e, seq=5, hop limit=64 (reply in 354)
354	1334.527715	2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x4e5e, seq=5, hop limit=58 (request in 353)
355	1335.517792	f080::ed1:f2ff:fe75::0	2001:10::e	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:10::e from 0:c:d1:f2:75:00:00
356	1336.386776	f080::ed1:f2ff:fe75::0	F902::5	OSPF	98 Hello Packet
357	1336.508385	10.8.1.1	224.0.8.5	OSPF	78 Hello Packet
358	1336.545988	2001:10::e	2001:11::e	UDP	126 68448 - 68449 Len=64
359	1336.559288	f080::ed1:f2ff:fe75::0	2001:10::e	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:10::e from 0:c:d1:f2:75:00:00
360	1336.561928	2001:10::e	2001:10::e	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
361	1336.562079	2001:10::e	2001:10::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
362	1336.570412	2001:10::e	2001:10::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
363	1336.579869	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
364	1336.581879	2001:10::e	2001:10::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
365	1336.583376	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
366	1336.594579	2001:4::1	2001:10::e	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
367	1336.596430	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
368	1336.605678	2001:4::1	2001:10::e	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
369	1336.608891	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
370	1336.612222	2001:10::e	2001:10::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
371	1336.615076	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
372	1336.627304	2001:3::1	2001:10::e	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
373	1336.630997	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
374	1336.656316	2001:3::1	2001:10::e	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
375	1336.660463	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
376	1336.666848	2001:3::1	2001:10::e	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
377	1336.670973	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
378	1336.681268	2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6	174 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
379	1336.684559	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
380	1336.693381	2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6	174 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
381	1336.698160	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	126 68448 - 68449 Len=64
382	1336.710645	2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6	174 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
383	1337.601342	f080::ed1:f2ff:fe75::0	2001:10::e	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:10::e from 0:c:d1:f2:75:00:00
384	1346.382881	f080::ed1:f2ff:fe75::0	F902::5	OSPF	98 Hello Packet
385	1346.509594	10.8.1.1	224.0.8.5	OSPF	78 Hello Packet
386	1356.385752	f080::ed1:f2ff:fe75::0	F902::5	OSPF	98 Hello Packet
387	1356.518425	10.8.1.1	224.0.8.5	OSPF	78 Hello Packet
388	1356.520448	10.8.1.1	224.0.8.5	OSPF	544 Hello Packet
389	1364.816221	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x6f5e, seq=1, hop limit=64 (reply in 392)
390	1364.81525	f080::ed1:f2ff:fe75::0	F902::1:ff00::e	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:10::e from 0:c:d1:f2:75:00:00
391	1364.831739	2001:10::e	f080::ed1:f2ff:fe7..	ICMPv6	86 Neighbor Advertisement 2001:10::e (sol, ovr) is at 00:58:79:66:68:98
392	1364.832956	2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x6f5e, seq=1, hop limit=58 (request in 389)
393	1365.034354	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x6f5e, seq=2, hop limit=64 (reply in 394)
394	1365.045772	2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x6f5e, seq=2, hop limit=58 (request in 393)
395	1366.047411	2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x6f5e, seq=3, hop limit=64 (reply in 395)
396	1366.053588	2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x6f5e, seq=3, hop limit=58 (request in 395)



5.25 Служебный трафик OSPF, UDP и ICMPv6

- Зафиксированы OSPF Hello Packet
- Используются мультикаст-адреса:
 - ff02::5
 - 224.0.0.5
- Поддерживается OSPF-соседство между маршрутизаторами
- Зафиксированы UDP-пакеты
- Наблюдаются ICMPv6 Destination Unreachable (Port unreachable)
- Пакеты возникают при выполнении трассировки
- Анализ подтверждает:
 - активность протоколов маршрутизации
 - определение маршрута
 - реакцию сети на диагностические запросы

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
387	13:59:39.944	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	224.0.0.5	OSPF	98 Hello Packet
398	13:59:41.512	10.0.1.1	224.0.0.5	OSPF	98 Hello Packet
399	13:59:41.649	2001:11::a	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x0df5e, seq=4, hop limit=64 (reply in 400)
400	13:59:41.693	2001:11::a	2001:10::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x0df5e, seq=4, hop limit=58 (request in 399)
401	13:59:41.715	2001:10::a	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x0df5e, seq=5, hop limit=64 (reply in 402)
402	13:59:41.734	2001:10::a	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x0df5e, seq=5, hop limit=58 (request in 401)
403	13:59:41.970	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 11424 + 11425 Len:64
404	13:59:41.974	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
405	13:59:41.991	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 11424 + 11425 Len:64
406	13:59:42.044	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
407	13:59:42.055	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
408	13:59:42.064	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
409	13:59:42.074	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
410	13:59:42.093	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
411	13:59:42.109	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
412	13:59:42.134	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
413	13:59:42.162	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
414	13:59:42.189	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
415	13:59:42.208	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
416	13:59:42.228	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
417	13:59:42.244	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
418	13:59:42.264	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
419	13:59:42.292	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
420	13:59:42.327	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
421	13:59:42.337	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
422	13:59:42.364	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
423	13:59:42.369	2001:10::1	2001:11::a	ICMPv6	126 11424 + 11425 Len:64
424	13:59:42.459	2001:11::a	2001:10::1	ICMPv6	126 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
425	13:59:42.463	2001:11::a	2001:10::1	ICMPv6	126 11424 + 11425 Len:64
426	13:59:42.476	2001:11::a	2001:10::1	ICMPv6	126 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
427	13:59:42.500	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	FF02::5	OSPF	98 Hello Packet
428	13:59:42.523	10.0.1.1	224.0.0.5	OSPF	98 Hello Packet
429	13:59:42.541	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	FF02::5	OSPF	98 Hello Packet
430	13:59:42.548	10.0.1.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
431	13:59:42.558	10.0.1.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
432	13:59:42.559	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	FF02::5	OSPF	98 Hello Packet
433	13:59:42.560	10.0.1.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
434	13:59:42.564	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	FF02::5	OSPF	98 Hello Packet
435	13:59:42.569	10.0.1.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
436	13:59:42.569	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	FF02::5	OSPF	98 Hello Packet
437	13:59:42.579	10.0.1.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
438	13:59:42.779	10.0.1.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
439	13:59:42.779	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	FF02::5	OSPF	98 Hello Packet
440	13:59:42.799	10.0.1.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
441	13:59:42.814	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	FF02::5	OSPF	98 Hello Packet
442	13:59:42.814	10.0.1.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
443	13:59:42.814	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	FF02::5	OSPF	98 Hello Packet
444	13:59:42.814	10.0.1.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
445	13:59:42.814	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	FF02::5	OSPF	98 Hello Packet
446	13:59:42.814	10.0.1.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
447	13:59:42.814	fe80::ed1:f2ff:fe75:0	FF02::5	OSPF	78 Hello Packet
448	13:59:42.814	10.0.1.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet

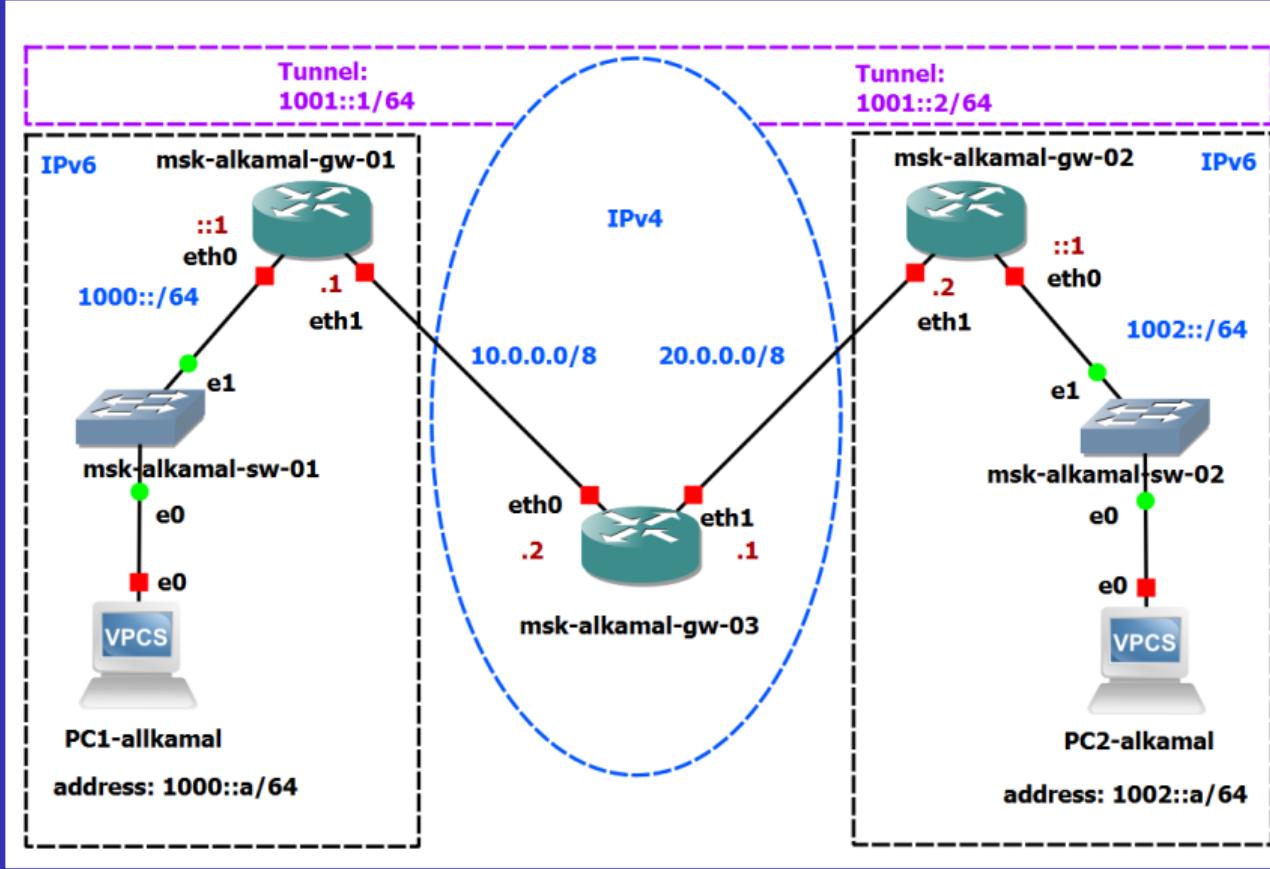
5.26

Раздел 6

6. Построение туннеля IPv6–IPv4

6.1 Развёртывание топологии сети в GNS3

- Создан новый проект в GNS3
- Размещены маршрутизаторы VyOS, коммутаторы и узлы VPCS
- Топология включает:
 - два IPv6-сегмента
 - IPv4-транзитную сеть
 - логический IPv6-туннель
- Настроены имена устройств:
 - маршрутизаторы – msk-user-gw-0x
 - коммутаторы – msk-user-sw-0x
 - узлы – PCx-user
- Включён захват трафика между msk-user-gw-01 и msk-user-gw-03



6.2

6.3 Назначение IPv6-адресов оконечным устройствам

- На PC1-alkamal настроен адрес:
 - 1000 : :a/64
- На PC2-alkamal настроен адрес:
 - 1002 : :a/64
- Конфигурация сохранена
- Команда `show ipv6` подтвердила:
 - глобальные IPv6-адреса
 - link-local IPv6-адреса
- Настройка интерфейсов выполнена корректно

```
PC1-allkamal> ip 1000::a/64
PC1 : 1000::a/64

PC1-allkamal> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC1-allkamal> show ip

NAME      : PC1-allkamal[1]
IP/MASK   : 0.0.0.0/0
GATEWAY   : 0.0.0.0
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 20012
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20013
MTU       : 1500

PC1-allkamal> show ipv6

NAME      : PC1-allkamal[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE   : 1000::a/64
DNS       :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 20012
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20013
MTU       : 1500
```

PC1-allkamal> █

VPCS is free software, distributed under the terms of the "BSD" license.
Source code and license can be found at vpcs.sf.net.
For more information, please visit wiki.freecode.com.cn.

Add new tab

Press '?' to get help.

Executing the startup file

```
PC2-alkamal> ip 1002::a/64  
PC1 : 1002::a/64
```

```
PC2-alkamal> save  
Saving startup configuration to startup.vpc  
. done
```

```
PC2-alkamal> show ip
```

```
NAME      : PC2-alkamal[1]  
IP/MASK   : 0.0.0.0/0  
GATEWAY   : 0.0.0.0  
DNS       :  
MAC       : 00:50:79:66:68:01  
LPORT     : 20014  
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20015  
MTU       : 1500
```

```
PC2-alkamal> show ipv6
```

```
NAME      : PC2-alkamal[1]  
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64  
GLOBAL SCOPE   : 1002::a/64  
DNS       :  
ROUTER LINK-LAYER :  
MAC       : 00:50:79:66:68:01  
LPORT     : 20014  
RHOST:PORT  : 127.0.0.1:20015  
MTU       : 1500
```

```
PC2-alkamal>
```

6.6 Изменение имён маршрутизаторов VyOS

- Выполнен переход в режим конфигурирования
- Изменены системные имена маршрутизаторов
- Проверка выполнена командой `compare`
- Конфигурация применена (`commit`)
- Конфигурация сохранена (`save`)
- После перезагрузки имена вступили в силу

```
VyOS is a free software distribution that includes multiple components,  
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*copyright  
vyos@vyos:~$ configure  
[edit]  
vyos@vyos# set system host-name msk-alkamal-gw-01  
[edit]  
vyos@vyos# compare  
[edit system]  
>host-name msk-alkamal-gw-01  
[edit]  
vyos@vyos# commit  
[edit]  
vyos@vyos# save  
Saving configuration to '/config/config.boot'...  
Done  
[edit]  
vyos@vyos# exit  
exit  
vyos@vyos:~$ reboot  
Are you sure you want to reboot this system? [y/N] y
```

6.7

```
VyOS is a free software distribution that includes multiple components,  
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*copyright  
vyos@vyos:~$ configure  
[edit]  
vyos@vyos# set system host-name msk-alkamal-gw-02  
[edit]  
vyos@vyos# compare  
[edit system]  
>host-name msk-alkamal-gw-02  
[edit]  
vyos@vyos# commit  
[edit]  
vyos@vyos# save  
Saving configuration to '/config/config.boot'...  
Done  
[edit]  
vyos@vyos# exit  
exit  
vyos@vyos:~$ reboot  
Are you sure you want to reboot this system? [y/N] y
```

6.8

```
vyos@vyos:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set system host-name msk-alkamal-gw-03
[edit]
vyos@vyos# compare
[edit system]
>host-name msk-alkamal-gw-03
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos# exit
exit
vyos@vyos:~$ reboot
Are you sure you want to reboot this system? [y/N] y
```

6.9

6.10 Настройка IPv4- и IPv6-адресации на маршрутизаторах VyOS

- msk-alkamal-gw-01
 - eth0: IPv6 1000 ::1/64
 - Включён Router Advertisement 1000 ::/64
 - eth1: IPv4 10.0.0.1/8
- msk-alkamal-gw-02
 - eth0: IPv6 1002 ::1/64 + RA
 - eth1: IPv4 20.0.0.2/8
- msk-alkamal-gw-03
 - eth0: IPv4 10.0.0.2/8
 - eth1: IPv4 20.0.0.1/8
- Интерфейсы проверены
- Конфигурации сохранены

```
vyos@msk-alkamal-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 10.0.0.1/8
[edit]
4yos@msk-alkamal-gw-01# set service router-advert interface eth0 prefix 1000::/6
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01#
```

6.11

```
vyos@msk-alkamal-gw-02:~$  configure
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 1002::1/64
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-02#
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-02#
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 20.0.0.2/8
[edit]
/64 @msk-alkamal-gw-02#  set service router-advert interface eth0 prefix 1002:::
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-02#
```

6.12

```
vyos@msk-alkamal-gw-03# show interfaces
 ethernet eth0 {
-   address dhcp
+   address 10.0.0.2/8
     hw-id 0c:a8:d6:19:00:00
 }
 ethernet eth1 {
     address 20.0.0.1/8
     hw-id 0c:a8:d6:19:00:01
 }
 ethernet eth2 {
     hw-id 0c:a8:d6:19:00:02
 }
 loopback lo {
 }
 [edit]
vyos@msk-alkamal-gw-03# commit
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-03# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-03#
```

6.14 Проверка получения IPv6-параметров по Router Advertisement

- Выполнена команда `show ipv6` на PC1 и PC2
- Зафиксированы:
 - link-local адреса `fe80::/64`
 - глобальные IPv6-адреса
- PC1 получил `1000::a/64`
- PC2 получил `1002::a/64`
- Отображён MAC-адрес ближайшего маршрутизатора
- Подтверждена корректная работа RA

```
PC1-allkamal> show ipv6
```

```
NAME          : PC1-allkamal[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE    : 1000::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER : 0c:2c:06:01:00:00
MAC            : 00:50:79:66:68:00
LPORT          : 20012
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20013
MTU:          : 1500
```

```
PC1-allkamal>
```

6.15

```
PC2-alkamal> show ipv6
```

```
NAME          : PC2-alkamal[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE    : 1002::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER : 0c:22:d3:62:00:00
MAC            : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 20014
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20015
MTU:          : 1500
```

```
PC2-alkamal> █
```

6.16

6.17 Проверка связности до настройки маршрутизации

- Ping из msk-alkamal-gw-01 в сеть 10.0.0.0/8 успешен
- Подтверждена корректная IPv4-адресация
- Ping в сеть 20.0.0.0/8:
 - Network is unreachable
- Отсутствует маршрут в таблице маршрутизации

```
vyos@msk-alkamal-gw-01:~$ ping 10.0.0.2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=9.72 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=3.54 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=2.60 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=3.17 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=2.93 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=3.28 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=2.69 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=2.73 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=2.61 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=3.31 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=11 ttl=64 time=6.40 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=12 ttl=64 time=2.64 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=13 ttl=64 time=2.88 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=14 ttl=64 time=3.40 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=15 ttl=64 time=1.32 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=16 ttl=64 time=2.28 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=17 ttl=64 time=2.01 ms
^C
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
17 packets transmitted, 17 received, 0% packet loss, time 59ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.323/3.382/9.719/1.876 ms
vyos@msk-alkamal-gw-01:~$ ping 20.0.0.1
connect: Network is unreachable
vyos@msk-alkamal-gw-01:~$ $
Invalid command: [$]

vyos@msk-alkamal-gw-01:~$ ping 20.0.0.1
connect: Network is unreachable
vyos@msk-alkamal-gw-01:~$ ping 20.0.0.3
connect: Network is unreachable
vyos@msk-alkamal-gw-01:~$ ping 20.0.0.2
connect: Network is unreachable
vyos@msk-alkamal-gw-01:~$ 
```

6.19 Анализ ICMP-трафика IPv4

- ICMP Echo Request / Reply без потерь
- Подтверждена работа ARP
- Корректная передача данных в сети 10.0.0.0/8
- При ping в 20.0.0.0/8 ICMP не формируется
- Трафик отбрасывается на этапе маршрутизации

6.20

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
263	4453.079058	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0x8bf2f0343
264	4498.637273	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0xd41d5d7
265	4502.426163	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0xd41d5d7
266	4504.14459	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0xd41d5d7
267	4512.32865	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0xd41d5d7
268	4519.997078	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0xd41d5d7
269	4535.693969	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0xd41d5d7
270	4541.817269	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0xd41d5d7
271	4599.582235	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0x80cb1373
272	4592.949974	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0x80cb1373
273	4596.542359	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0x80cb1373
274	4600.44418	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0x80cb1373
275	4613.571913	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0x80cb1373
276	4916.296867	0:21:06:01:00:01	Broadcast	ARP	68 who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
277	4916.308556	0:21:06:05:19:00:00	0:21:06:06:01:00:01	ARP	68 10.0.0.2 is at 0:21:06:05:19:00:00
278	4916.361632	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=1/256, ttl=64 (reply in 279)
279	4916.383671	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=1/256, ttl=64 (request in 278)
280	4917.296766	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=2/512, ttl=64 (reply in 281)
281	4917.298855	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=2/512, ttl=64 (request in 280)
282	4918.298197	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=3/768, ttl=64 (reply in 283)
283	4918.299068	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=3/768, ttl=64 (request in 282)
284	4919.301437	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 285)
285	4919.302455	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=4/1024, ttl=64 (request in 284)
286	4920.302956	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=5/1392, ttl=64 (reply in 287)
287	4920.304199	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=5/1392, ttl=64 (request in 286)
288	4921.305985	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=6/1536, ttl=64 (reply in 289)
289	4921.306241	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=6/1536, ttl=64 (request in 288)
290	4921.362452	0:21:06:19:00:00	0:21:06:01:00:01	ARP	68 who has 10.0.0.1? Tell 10.0.0.2
291	4921.363146	0:21:06:01:00:01	0:21:06:05:19:00:00	ARP	68 10.0.0.1 is at 0:21:06:01:00:01
292	4921.371741	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=1/256, ttl=64 (reply in 293)
293	4922.389907	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=1/256, ttl=64 (request in 292)
294	4923.389897	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=2/512, ttl=64 (reply in 295)
295	4923.389297	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=2/512, ttl=64 (request in 294)
296	4924.311411	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=3/768, ttl=64 (reply in 297)
297	4924.312499	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=3/768, ttl=64 (request in 296)
298	4925.315994	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 299)
299	4925.317376	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=4/1024, ttl=64 (request in 298)
300	4926.321272	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=5/1392, ttl=64 (reply in 301)
301	4926.322683	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=5/1392, ttl=64 (request in 300)
302	4927.323155	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=6/1536, ttl=64 (reply in 303)
303	4927.327948	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=6/1536, ttl=64 (request in 302)
304	4928.328936	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=7/1328, ttl=64 (reply in 305)
305	4928.330948	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=7/1328, ttl=64 (request in 304)
306	4929.334974	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=8/1328, ttl=64 (reply in 307)
307	4929.336879	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=8/1328, ttl=64 (request in 306)
308	4938.335449	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=9/1328, ttl=64 (reply in 309)
309	4938.336174	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=9/1328, ttl=64 (request in 308)
310	4938.337788	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=10/1328, ttl=64 (reply in 311)
311	4931.337352	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=10/1328, ttl=64 (request in 310)
312	4932.337661	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request: id=0x1986, seq=11/1328, ttl=64 (reply in 313)
313	4932.338588	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply: id=0x1986, seq=11/1328, ttl=64 (request in 312)

6.21 Настройка динамической маршрутизации IPv4 (RIP)

- Настроен протокол RIP на всех маршрутизаторах
- msk-alkamal-gw-01:
 - сеть 10.0.0.0/8
- msk-alkamal-gw-02:
 - сеть 20.0.0.0/8
- msk-alkamal-gw-03:
 - транзит между сетями
- Маршрутизаторы обмениваются маршрутами
- Обеспечена IPv4-связность без статических маршрутов



msk-alkamal-gw

msk-alkamal-gw-1

msk-alkamal-gw-1

PC1-alkamal

PC2

Check out project news at <https://blog.vyos.io>
and feel free to report bugs at <https://vyos.dev>

You can change this banner using "set system login banner post-login" command.

VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*/copyright

vyos@msk-alkamal-gw-01:~\$ configure

[edit]

vyos@msk-alkamal-gw-01# set protocols rip network 10.0.0.0/8

[edit]

vyos@msk-alkamal-gw-01# commit

[edit]

vyos@msk-alkamal-gw-01# save

Saving configuration to '/config/config.boot'...

Done

[edit]

6.22



```
vyos@msk-alkamal-gw-02:~$  configure
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-02# set protocols rip network 20.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
```

6.23

```
vyos@msk-alkamal-gw-03:~$ configure
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-03# set protocols rip network 10.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-03# set protocols rip network 20.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-03# commit
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-03# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
```

6.24

6.25 Проверка маршрутов и анализ трафика (IPv4)

- Ping 10.0.0.2 успешен
- Ping 20.0.0.1 и 20.0.0.2 успешны
- Подтверждена работа RIP
- В трафике зафиксированы:
 - ICMP
 - ARP
 - RIP-обновления (224.0.0.9)

```
vyos@msk-alkamal-gw-01# ping 10.0.0.2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=9.08 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=7.77 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=5.03 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=2.61 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=1.98 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=2.85 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=3.02 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=1.80 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=3.72 ms
^X64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=2.16 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=11 ttl=64 time=1.84 ms
^C
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
11 packets transmitted, 11 received, 0% packet loss, time 186ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.802/3.804/9.083/2.374 ms
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# ping 20.0.0.1
PING 20.0.0.1 (20.0.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 20.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=3.36 ms
64 bytes from 20.0.0.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=3.21 ms
64 bytes from 20.0.0.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=4.41 ms
64 bytes from 20.0.0.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=2.46 ms
64 bytes from 20.0.0.1: icmp_seq=5 ttl=64 time=3.69 ms
^C
--- 20.0.0.1 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 57ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.455/3.425/4.410/0.637 ms
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# ping 20.0.0.2
PING 20.0.0.2 (20.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=63 time=8.02 ms
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=63 time=4.17 ms
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=63 time=3.43 ms
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=63 time=7.94 ms
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=63 time=4.52 ms
```

6.27 Создание IPv6-туннеля поверх IPv4 (SIT)

- Настроен туннель tun0
- msk-alkamal-gw-01
 - local IPv4: 10.0.0.1
 - remote IPv4: 20.0.0.2
 - IPv6: 1001::1/64
- msk-alkamal-gw-02
 - local IPv4: 20.0.0.2
 - remote IPv4: 10.0.0.1
 - IPv6: 1001::2/64
- Туннель IPv6-over-IPv4 успешно создан

```
vyos@msk-alkamal-gw-01# set interfaces tunnel tun0 encapsulation sit
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# set interfaces tunnel tun0 source-address 10.0.0.1
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# set interfaces tunnel tun0 remote 20.0.0.2
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# set interfaces tunnel tun0 address 1001::1/64
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
```

6.28

6.29 Настройка статической маршрутизации IPv6

- msk-alkamal-gw-01
 - маршрут $1002::/64 \rightarrow 1001::2$
- msk-alkamal-gw-02
 - маршрут $1000::/64 \rightarrow 1001::1$
- Конфигурации применены и сохранены
- Обеспечена двусторонняя IPv6-маршрутизация

```
yos@msk-alkamal-gw-01# set protocols static route6 1002::0/64 next-hop 1001::2
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-alkamal-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
```

6.30

6.31 Проверка IPv6-связности через туннель

- PC1:
 - ping 1002::a
 - trace 1002::a
- PC2:
 - ping 1000::a
 - trace 1000::a
- Трафик проходит через:
 - 1001::1 → 1001::2
- В трафике:
 - IPv6 инкапсулирован в IPv4 (SIT)
 - Внешние IPv4-адреса: 10.0.0.1 ↔ 20.0.0.2

```
PC1-alkamal> ping 1002::a
```

```
1002::a icmp6_seq=1 ttl=60 time=21.899 ms
1002::a icmp6_seq=2 ttl=60 time=7.479 ms
1002::a icmp6_seq=3 ttl=60 time=7.603 ms
1002::a icmp6_seq=4 ttl=60 time=12.239 ms
1002::a icmp6_seq=5 ttl=60 time=7.545 ms
```

```
PC1-alkamal> trace 1002::a
```

```
trace to 1002::a, 64 hops max
1 1000::1    3.614 ms   1.506 ms   0.935 ms
2 1001::2    11.665 ms   10.461 ms   5.772 ms
3 1002::a    7.617 ms   11.251 ms   11.514 ms
```

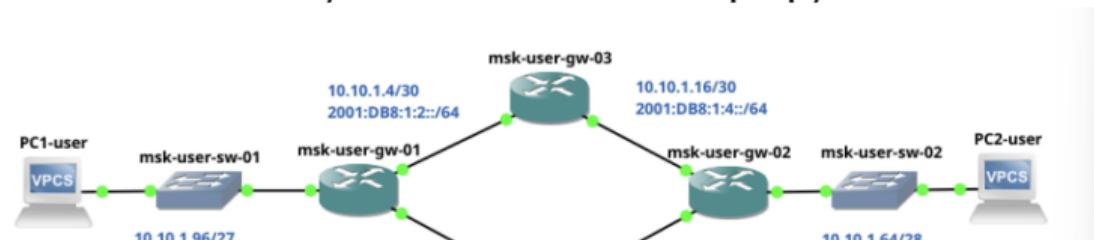
6.32

Раздел 7

7. Задание для самостоятельного выполнения

7.1 Развёртывание топологии сети

- В GNS3 создан новый проект
- Развёрнута кольцевая топология из 4 маршрутизаторов
- Использованы:
 - 2 коммутатора
 - 2 узла VPCS
- PC1-user:
 - подключён к msk-user-gw-01
 - сети: 10.10.1.96/27, 2001:DB8:1:1::/64
- PC2-user:
 - подключён к msk-user-gw-02
 - сети: 10.10.1.64/28, 2001:DB8:1:6::/64
- Топология используется для анализа маршрутизации IPv4 / IPv6 ##



7.2 Настройка IPv4-адресации на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-01

- Настроены интерфейсы:
 - eth0 – 10.10.1.97/27
 - eth1 – 10.10.1.5/30
- Интерфейсы переведены в состояние -up- (no shutdown)
- Конфигурация сохранена
- Корректность подтверждена командой show running-config

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-alkamal-gw-01
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ip address 10.10.1.97/27
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ip address 10.10.1.5/30
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-01# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-01
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.10.1.97/27
exit
!
interface eth1
  ip address 10.10.1.5/30
exit
!
end
```

7.4 Настройка IPv4-адресации на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-02

- Настроены интерфейсы:
 - eth0 – 10.10.1.65/28
 - eth1 – 10.10.1.18/30
 - eth2 – 10.10.1.33/30
- Все интерфейсы активированы
- Конфигурация сохранена
- Проверка выполнена командой `show running-config`

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-alkamal-gw-02
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ip address 10.10.1.65/28
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ip address 10.10.1.18/30
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth2
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ip address 10.10.1.33/30
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# exit
msk-alkamal-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-02# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-02
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
ip address 10.10.1.65/28
exit
!
interface eth1
ip address 10.10.1.18/30
exit
!
interface eth2
ip address 10.10.1.33/30
exit
!
end
```

7.5

7.6 Настройка IPv4-адресации на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-03

- Настроены интерфейсы:
 - eth0 – 10.10.1.6/30
 - eth1 – 10.10.1.17/30
- Интерфейсы включены
- Конфигурация сохранена
- Корректность подтверждена выводом текущих настроек

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-alkamal-gw-03
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ip address 10.10.1.6/30
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ip address 10.10.1.17/30
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-03# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-03
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
ip address 10.10.1.6/30
exit
!
interface eth1
ip address 10.10.1.17/30
exit
!
end
```

7.8 Настройка IPv4-адресации на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-04

- Настроены интерфейсы:
 - eth0 – 10.10.1.9/30
 - eth1 – 10.10.1.34/30
- Интерфейсы активированы
- Конфигурация сохранена
- Проверка выполнена командой `show running-config`

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-alkamal-gw-04
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ip address 10.10.1.9/30
msk-alkamal-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ip address 10.10.1.34/30
msk-alkamal-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-04# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-04
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.10.1.9/30
exit
!
interface eth1
  ip address 10.10.1.34/30
exit
!
end
```

7.10 Настройка IPv4-адресации на узле PC1-alkamal

- Назначен IPv4-адрес:
 - 10.10.1.98/27
- Шлюз по умолчанию:
 - 10.10.1.97
- Конфигурация сохранена
- Проверка выполнена командой `show ip`

```
PC1-alkamal> ip 10.10.1.98/27 10.10.1.97
Checking for duplicate address...
PC1-alkamal : 10.10.1.98 255.255.255.224 gateway 10.10.1.97
```

```
PC1-alkamal> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done
```

```
PC1-alkamal> show ip
```

```
NAME      : PC1-alkamal[1]
IP/MASK   : 10.10.1.98/27
GATEWAY   : 10.10.1.97
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 20016
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20017
MTU       : 1500
```

7.11

7.12 Настройка IPv4-адресации на узле PC2-alkamal

- Назначен IPv4-адрес:
 - 10.10.1.66/28
- Шлюз по умолчанию:
 - 10.10.1.65
- Конфигурация сохранена
- Параметры подтверждены командой `show ip`

```
PC2-alkamal> ip 10.10.1.66/28 10.10.1.65
Checking for duplicate address...
PC2-alkamal : 10.10.1.66 255.255.255.240 gateway 10.10.1.65
```

```
PC2-alkamal> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done
```

```
PC2-alkamal> show ip
```

```
NAME      : PC2-alkamal[1]
IP/MASK   : 10.10.1.66/28
GATEWAY   : 10.10.1.65
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 20018
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20019
MTU       : 1500
```

7.13

7.14 Включение IPv6 и настройка интерфейсов на msk-alkamal-gw-01

- Включена пересылка IPv6 (`ipv6 forwarding`)
- Интерфейс eth0:
 - IPv6 2001 : db8 : 1 : 1 :: 1 / 64
 - Включён Router Advertisement
 - Префикс 2001 : db8 : 1 : 1 :: / 64
- Интерфейс eth1:
 - IPv6 2001 : db8 : 1 : 2 :: 1 / 64
- Конфигурация сохранена и проверена

```
msk-alkamal-gw-01# configure terminal
msk-alkamal-gw-01(config)# ipv6 forwarding
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:1::1/64
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 nd prefix 2001:db8:1:1::/64
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:2::1/64
msk-alkamal-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-01# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-01
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.10.1.97/27
  ipv6 address 2001:db8:1:1::1/64
  ipv6 nd prefix 2001:db8:1:1::/64
  no ipv6 nd suppress-ra
exit
!
interface eth1
  ip address 10.10.1.5/30
  ipv6 address 2001:db8:1:2::1/64
exit
!
end
```

7.16 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-02

- Включена поддержка IPv6
- Назначены адреса:
 - eth0 – 2001:db8:1:6::1/64
 - eth1 – 2001:db8:1:4::2/64
 - eth2 – 2001:db8:1:5::2/64
- Интерфейсы активированы
- Конфигурация сохранена

```
msk-alkamal-gw-02# configure terminal
msk-alkamal-gw-02(config)# ipv6 forwarding
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:6::1/64
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:4::2/64
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth2
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:5::2/64
msk-alkamal-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# exit
msk-alkamal-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-02# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-02
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
 ip address 10.10.1.65/28
 ipv6 address 2001:db8:1:6::1/64
exit
!
interface eth1
 ip address 10.10.1.18/30
 ipv6 address 2001:db8:1:4::2/64
exit
!
interface eth2
 ip address 10.10.1.33/30
 ipv6 address 2001:db8:1:5::2/64
exit
!
end
```

7.18 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-03

- Включена IPv6-маршрутизация
- Назначены адреса:
 - eth0 – 2001:db8:1:2::2/64
 - eth1 – 2001:db8:1:4::1/64
- Интерфейсы включены
- Конфигурация сохранена

```
msk-alkamal-gw-03# configure terminal
msk-alkamal-gw-03(config)# ipv6 forwarding
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:2::2/64
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:4::1/64
msk-alkamal-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-03# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-03
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.10.1.6/30
  ipv6 address 2001:db8:1:2::2/64
exit
!
interface eth1
  ip address 10.10.1.17/30
  ipv6 address 2001:db8:1:4::1/64
exit
!
end
```

7.20 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-04

- Включён IPv6 forwarding
- Назначены адреса:
 - eth0 – 2001:db8:1:3::1/64
 - eth1 – 2001:db8:1:5::1/64
- Интерфейсы активированы
- Конфигурация сохранена

```
msk-alkamal-gw-04# configure terminal
msk-alkamal-gw-04(config)# ipv6 forwarding
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:3::1/64
msk-alkamal-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:5::1/64
msk-alkamal-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-04# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-alkamal-gw-04
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.10.1.9/30
  ipv6 address 2001:db8:1:3::1/64
exit
!
interface eth1
  ip address 10.10.1.34/30
  ipv6 address 2001:db8:1:5::1/64
exit
!
end
```

7.22 Назначение IPv6-адреса на узле PC1-alkamal

- Назначен глобальный IPv6-адрес:
 - 2001 : db8 : 1 : 1 :: a/64
- Конфигурация сохранена
- Проверка выполнена командой `show ipv6`
- Зафиксированы:
 - global IPv6
 - link-local IPv6

```
PC1-alkamal> ip 2001:db8:1:1::a/64
PC1 : 2001:db8:1:1::a/64

PC1-alkamal> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC1-alkamal> show ipv6

NAME          : PC1-alkamal[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:1:1::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:00
LPORT          : 20016
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20017
MTU:           : 1500
```

7.24 Назначение IPv6-адреса на узле PC2-alkamal

- Назначен IPv6-адрес:
 - 2001:db8:1:6::a/64
- Конфигурация сохранена
- Проверка подтверждает корректное назначение адреса

```
PC2-alkamal> ip 2001:db8:1:6::a/64
PC1 : 2001:db8:1:6::a/64

PC2-alkamal> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC2-alkamal> show ipv6

NAME          : PC2-alkamal[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:1:6::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 20018
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20019
MTU:          : 1500
```

7.26 Настройка и проверка RIP v2 на msk-alkamal-gw-01

- Настроен RIP версии 2
- В процесс RIP добавлены:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Получены маршруты:
 - 10.10.1.16/30
 - 10.10.1.64/28
- Next hop: 10.10.1.6
- Проверка таблицы маршрутизации выполнена

```

msk-alkamal-gw-01# configure terminal
msk-alkamal-gw-01(config)# router rip
msk-alkamal-gw-01(config-router)# version 2
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network eth2
msk-alkamal-gw-01(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-01# show ip route rip
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
      O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
      T - Table, v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, F - PBR,
      f - OpenFabric,
      > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - b
      t - trapped, o - offload failure

R>* 10.10.1.16/30 [120/2] via 10.10.1.6, eth1, weight 1, 00:01:11
R>* 10.10.1.64/28 [120/3] via 10.10.1.6, eth1, weight 1, 00:01:06
msk-alkamal-gw-01# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
      (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
      (i) - interface

      Network          Next Hop          Metric From        Tag Time
C(i) 10.10.1.4/30    0.0.0.0           1 self            0
R(n) 10.10.1.16/30   10.10.1.6          2 10.10.1.6       0 02:35
R(n) 10.10.1.64/28   10.10.1.6          3 10.10.1.6       0 02:35
C(i) 10.10.1.96/27   0.0.0.0           1 self            0
msk-alkamal-gw-01# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 0 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
  Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface      Send  Recv  Key-chain
    eth0          2     2
    eth1          2     2
  Routing for Networks:
    eth0
    eth1
    eth2
  Routing Information Sources:
    Gateway      BadPackets BadRoutes Distance Last Update
    10.10.1.6          0         0      120  00:00:31
  Distance: (default is 120)

```

7.27

7.28 Настройка и проверка RIP v2 на msk-alkamal-gw-02

- Включён RIP v2
- Интерфейсы:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Получены сети:
 - 10.10.1.4/30
 - 10.10.1.96/27
- Источник маршрутов: 10.10.1.17
- Обмен маршрутной информацией подтверждён

```
msk-alkamal-gw-02# configure terminal
msk-alkamal-gw-02(config)# router rip
msk-alkamal-gw-02(config-router)# version 2
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network eth2
msk-alkamal-gw-02(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# exit
msk-alkamal-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-02# show ip route rip
Codes: K - Kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
       T - Table, v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, F - PBR,
       f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
       t - trapped, o - offload failure

R>* 10.10.1.4/30 [120/2] via 10.10.1.17, eth1, weight 1, 00:12:23
R>* 10.10.1.96/27 [120/3] via 10.10.1.17, eth1, weight 1, 00:12:23
msk-alkamal-gw-02# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
  (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
  (i) - interface

      Network          Next Hop          Metric From        Tag Time
R(n) 10.10.1.4/30      10.10.1.17      2 10.10.1.17      0 02:35
C(i) 10.10.1.16/30    0.0.0.0          1 self           0
C(i) 10.10.1.32/30    0.0.0.0          1 self           0
C(i) 10.10.1.64/28    0.0.0.0          1 self           0
R(n) 10.10.1.96/27    10.10.1.17      3 10.10.1.17      0 02:35
msk-alkamal-gw-02# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 14 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
    Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface      Send  Recv  Key-chain
    eth0          2     2
    eth1          2     2
    eth2          2     2
  Routing for Networks:
    eth0
    eth1
    eth2
  Routing Information Sources:
    Gateway      BadPackets BadRoutes Distance Last Update
    10.10.1.17          0         0      120  00:00:29
  Distance: (default is 120)
```

7.29

7.30 Настройка и проверка RIP v2 на msk-alkamal-gw-03

- Настроен RIP v2
- Интерфейсы:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Получены маршруты:
 - 10.10.1.64/28
 - 10.10.1.96/27
- Источники:
 - 10.10.1.18
 - 10.10.1.5
- Подтверждена работа нескольких источников маршрутов

```

msk-alkamal-gw-03# configure terminal
msk-alkamal-gw-03(config)# router rip
msk-alkamal-gw-03(config-router)# version 2
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network eth2
msk-alkamal-gw-03(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-03# show ip route rip
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
      O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
      T - Table, v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, F - PBR,
      f - OpenFabric,
      > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
      t - trapped, o - offload failure

R>* 10.10.1.64/28 [120/2] via 10.10.1.18, eth1, weight 1, 00:02:03
R>* 10.10.1.96/27 [120/2] via 10.10.1.5, eth0, weight 1, 00:02:08
msk-alkamal-gw-03# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
  (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
  (i) - interface

      Network          Next Hop          Metric From           Tag Time
C(i) 10.10.1.4/30      0.0.0.0           1 self              0
C(i) 10.10.1.16/30     0.0.0.0           1 self              0
R(n) 10.10.1.64/28    10.10.1.18         2 10.10.1.18       0 02:29
R(n) 10.10.1.96/27    10.10.1.5          2 10.10.1.5       0 02:37
msk-alkamal-gw-03# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 12 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
  Default version control: send version 2, receive version 2
      Interface      Send   Recv  Key-chain
      eth0            2      2
      eth1            2      2
  Routing for Networks:
      eth0
      eth1
      eth2
  Routing Information Sources:
      Gateway      BadPackets BadRoutes Distance Last Update
      10.10.1.5        0          0       120  00:00:02
      10.10.1.18        0          0       120  00:00:35
  Distance: (default is 120)

```

7.31

7.32 Настройка и проверка RIP v2 на msk-alkamal-gw-04

- Включён RIP v2
- Интерфейсы:
 - eth0
 - eth1
- В таблице RIP присутствуют:
 - 10.10.1.8/30
 - 10.10.1.32/30
- Конфигурация соответствует текущей топологии

```
msk-alkamal-gw-04# configure terminal
msk-alkamal-gw-04(config)# router rip
msk-alkamal-gw-04(config-router)# version 2
msk-alkamal-gw-04(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-04(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-04(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-04# show ip route rip
msk-alkamal-gw-04# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
    (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
    (i) - interface

      Network          Next Hop          Metric From        Tag Time
C(i) 10.10.1.8/30      0.0.0.0           1 self            0
C(i) 10.10.1.32/30     0.0.0.0           1 self            0
msk-alkamal-gw-04# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 15 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
    Default version control: send version 2, receive version 2
      Interface      Send  Recv  Key-chain
      eth0          2     2
      eth1          2     2
  Routing for Networks:
    eth0
    eth1
  Routing Information Sources:
    Gateway      BadPackets BadRoutes Distance Last Update
  Distance: (default is 120)
```

7.34 Проверка IPv4-связности PC1-alkamal → PC2-alkamal

- Выполнен ping 10.10.1.66
- Все ICMP-пакеты получены без потерь
- Выполнена трассировка:
 - 10.10.1.97
 - 10.10.1.6
 - 10.10.1.18
 - 10.10.1.66
- Подтверждена корректная IPv4-маршрутизация

```
PC1-alkamal> ping 10.10.1.66

84 bytes from 10.10.1.66 icmp_seq=1 ttl=61 time=13.710 ms
84 bytes from 10.10.1.66 icmp_seq=2 ttl=61 time=15.474 ms
84 bytes from 10.10.1.66 icmp_seq=3 ttl=61 time=9.181 ms
84 bytes from 10.10.1.66 icmp_seq=4 ttl=61 time=9.979 ms
84 bytes from 10.10.1.66 icmp_seq=5 ttl=61 time=10.837 ms
```

```
PC1-alkamal> trace 10.10.1.66 -P 6
trace to 10.10.1.66, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.97  3.595 ms  1.092 ms  0.721 ms
 2  10.10.1.6   5.762 ms  3.229 ms  1.876 ms
 3  10.10.1.18  6.943 ms  4.577 ms  4.417 ms
 4  10.10.1.66  6.894 ms  6.801 ms  12.594 ms
```

7.35

7.36 Анализ таблицы маршрутизации RIP на msk-alkamal-gw-01

- Просмотр выполнен командой `show ip rip`
- Присутствуют сети:
 - подключённые
 - динамически полученные
- Next hop: 10.10.1.6
- Метрики соответствуют трассировке
- Подтверждён корректный RIP-обмен

```
msk-alkamal-gw-01# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
    (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
    (i) - interface

      Network          Next Hop          Metric From        Tag Time
C(i) 10.10.1.4/30    0.0.0.0            1 self           0
R(n) 10.10.1.16/30   10.10.1.6          2 10.10.1.6     0 02:27
R(n) 10.10.1.32/30   10.10.1.6          3 10.10.1.6     0 02:27
R(n) 10.10.1.64/28   10.10.1.6          3 10.10.1.6     0 02:27
C(i) 10.10.1.96/27   0.0.0.0            1 self           0
```

7.37

7.38 Настройка RIPng на msk-alkamal-gw-01

- Включён протокол RIPng
- Добавлены интерфейсы:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Все IPv6-сегменты участвуют в маршрутизации
- Конфигурация сохранена

```
msk-alkamal-gw-01# configure terminal
msk-alkamal-gw-01(config)# router ripng
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network eth2
msk-alkamal-gw-01(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

7.39

7.40 Настройка RIPng на msk-alkamal-gw-02

- Активирован RIPng
- Добавлены интерфейсы:
 - eth0
 - eth1
- Конфигурация сохранена командой `write memory`

```
msk-alkamal-gw-02# configure terminal
msk-alkamal-gw-02(config)# router ripng
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-02(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# exit
msk-alkamal-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

7.41

7.42 Настройка RIPng на msk-alkamal-gw-03

- Включён RIPng
- Добавлены интерфейсы:
 - eth0
 - eth1
 - eth2
- Обеспечено распространение IPv6-маршрутов
- Конфигурация сохранена

```
msk-alkamal-gw-03# configure terminal
msk-alkamal-gw-03(config)# router ripng
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network eth2
msk-alkamal-gw-03(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

7.43

7.44 Завершение настройки RIPng на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-04

- Включён протокол динамической маршрутизации IPv6 RIPng
- В процесс RIPng добавлены интерфейсы:
 - eth0
 - eth1
- Обеспечено участие соответствующих IPv6-сегментов в обмене маршрутами
- Конфигурация сохранена командой `write memory`

```
msk-alkamal-gw-04# configure terminal
msk-alkamal-gw-04(config)# router ripng
msk-alkamal-gw-04(config-router)# network eth0
msk-alkamal-gw-04(config-router)# network eth1
msk-alkamal-gw-04(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

7.45

7.46 Проверка IPv6-связности и трассировка маршрута с PC1-alkamal

- С узла PC1-alkamal выполнена команда:
 - `ping 2001:db8:1:6::a`
- Эхо-ответы не получены → отсутствует сквозная IPv6-связность
- Выполнена трассировка:
 - `trace 2001:db8:1:6::a`
- Зафиксирован маршрут:
 - `2001:db8:1:1::1`
 - `2001:db8:1:2::2`
 - `2001:db8:1:4::2`
- Дальнейшая доставка пакетов не завершена

```
PC1-alkamal> ping 2001:db8:1:6::a
```

```
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=1 timeout  
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=2 timeout  
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=3 timeout  
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=4 timeout  
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=5 timeout  
...  
PC1-alkamal>
```

```
PC1-alkamal> trace 2001:db8:1:6::a
```

```
trace to 2001:db8:1:6::a, 64 hops max  
 1 2001:db8:1:1::1    2.719 ms  1.440 ms  2.363 ms  
 2 2001:db8:1:2::2    8.309 ms  3.852 ms  4.251 ms  
 3 2001:db8:1:4::2   9.765 ms  7.207 ms  17.966 ms  
 4  * 22.435 ms  995.958 ms
```

7.47

7.48 Анализ таблицы маршрутизации RIPng на msk-alkamal-gw-01

- Выполнена команда `show ipv6 ripng`
- В таблице присутствуют:
 - непосредственно подключённые сети:
 - `2001:db8:1:1::/64`
 - `2001:db8:1:2::/64`
 - динамически полученные маршруты:
 - `2001:db8:1:4::/64`
 - `2001:db8:1:6::/64`
- Next hop:
 - `link-local fe80::e7f:63ff:feb4:0`
- Интерфейс:
 - `eth1`
- Подтверждено корректное распространение IPv6-маршрутов по RIPng

```
msk-alkamal-gw-01# show ipv6 ripng
Codes: R - RIPng, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
    (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
    (i) - interface, (a/S) - aggregated/Suppressed

      Network          Next Hop           Via     Metric Tag Time
C(i) 2001:db8:1:1::/64
                  ::                     self      1      0
C(i) 2001:db8:1:2::/64
                  ::                     self      1      0
R(n) 2001:db8:1:4::/64
                  fe80::e7f:63ff:feb4:0   eth1      2      0  02:50
R(n) 2001:db8:1:6::/64
                  fe80::e7f:63ff:feb4:0   eth1      3      0  02:50
```

7.49

7.50 Настройка OSPFv2 на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-01

- Включён протокол динамической маршрутизации OSPFv2
- В область 0.0.0.0 добавлены сети:
 - 10.10.1.96/27
 - 10.10.1.4/30
- Конфигурация сохранена командой `write memory`

```
msk-alkamal-gw-01# configure terminal
msk-alkamal-gw-01(config)# router ospf
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network 10.10.1.96/27 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-01(config-router)# network 10.10.1.4/30 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-01(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-01#
```

7.51

7.52 Настройка OSPFv2 на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-02

- Включён протокол OSPFv2
- В область 0.0.0.0 добавлены сети:
 - 10.10.1.64/28
 - 10.10.1.16/30
 - 10.10.1.32/30
- Конфигурация сохранена

```
msk-alkamal-gw-02(config)# router ospf
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network 10.10.1.64/28 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network 10.10.1.16/30 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-02(config-router)# network 10.10.1.32/30 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-02(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# exit
msk-alkamal-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
```

7.53 [OK]

7.54 Настройка OSPFv2 на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-03

- Настроен протокол OSPFv2
- В магистральную область 0.0.0.0 добавлены сети:
 - 10.10.1.4/30
 - 10.10.1.16/30
- Параметры сохранены

```
msk-alkamal-gw-03# configure terminal
msk-alkamal-gw-03(config)# router ospf
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network 10.10.1.4/30 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-03(config-router)# network 10.10.1.16/30 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-03(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

7.55

7.56 Настройка OSPFv2 на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-04

- Включён OSPFv2
- В область 0.0.0.0 добавлены сети:
 - 10.10.1.8/30
 - 10.10.1.32/30
- Завершена настройка OSPF на всех маршрутизаторах топологии

```
[root] msk-alkamal-gw-04# configure terminal
msk-alkamal-gw-04(config)# router ospf
msk-alkamal-gw-04(config-router)# network 10.10.1.8/30 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-04(config-router)# network 10.10.1.32/30 area 0.0.0.0
msk-alkamal-gw-04(config-router)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-alkamal-gw-04#
```

7.57

7.58 Проверка IPv4-связности и трассировка маршрута при OSPF

- С узла PC1-alkamal выполнена команда:
 - ping 10.10.1.66
- Эхо-ответы не получены → IPv4-связность отсутствует
- Выполнена трассировка:
 - trace 10.10.1.66 -P 6
- Зафиксирован маршрут:
 - 10.10.1.97
 - 10.10.1.6
 - 10.10.1.18
- Дальнейшая доставка пакетов не завершена

```
PC1-alkamal> ping 10.10.1.66
10.10.1.66 icmp_seq=1 timeout
10.10.1.66 icmp_seq=2 timeout
10.10.1.66 icmp_seq=3 timeout
10.10.1.66 icmp_seq=4 timeout
10.10.1.66 icmp_seq=5 timeout

PC1-alkamal> trace 10.10.1.66 -P 6
trace to 10.10.1.66, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.97  9.915 ms  2.016 ms  3.603 ms
 2  10.10.1.6  5.657 ms  8.181 ms  3.491 ms
 3  10.10.1.18  7.590 ms  14.088 ms  12.136 ms
```

7.59

7.60 Анализ соседства и таблицы маршрутизации OSPF на msk-alkamal-gw-01

- Проверено состояние OSPF
- В таблице соседей:
 - сосед с router-id 10.10.1.17
 - состояние Full / Backup
- В таблице маршрутизации:
 - подключённые сети:
 - 10.10.1.4/30
 - 10.10.1.96/27
 - динамические маршруты:
 - 10.10.1.16/30
 - 10.10.1.32/30
 - 10.10.1.64/28
- Next hop:
 - 10.10.1.6
- Подтверждён корректный OSPF-обмен

```
msk-alkamal-gw-01# show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri State        Up Time       Dead Time Address      Interface          RXmtL Rq
stL DBsmL
10.10.1.17      1 Full/Backup   2m14s        31.105s 10.10.1.6      eth1:10.10.1.5      0
     0

msk-alkamal-gw-01# show ip ospf route
=====
N 10.10.1.4/30      [100] area: 0.0.0.0
                         directly attached to eth1
N 10.10.1.16/30     [200] area: 0.0.0.0
                         via 10.10.1.6, eth1
N 10.10.1.32/30     [300] area: 0.0.0.0
                         via 10.10.1.6, eth1
N 10.10.1.64/28     [300] area: 0.0.0.0
                         via 10.10.1.6, eth1
N 10.10.1.96/27     [100] area: 0.0.0.0
                         directly attached to eth0

=====
=====
N 10.10.1.4/30      [100] area: 0.0.0.0
                         directly attached to eth1
N 10.10.1.16/30     [200] area: 0.0.0.0
                         via 10.10.1.6, eth1
N 10.10.1.32/30     [300] area: 0.0.0.0
                         via 10.10.1.6, eth1
N 10.10.1.64/28     [300] area: 0.0.0.0
                         via 10.10.1.6, eth1
N 10.10.1.96/27     [100] area: 0.0.0.0
                         directly attached to eth0

=====
=====
N 10.10.1.4/30      [100] area: 0.0.0.0
                         directly attached to eth1
N 10.10.1.16/30     [200] area: 0.0.0.0
                         via 10.10.1.6, eth1
N 10.10.1.32/30     [300] area: 0.0.0.0
                         via 10.10.1.6, eth1
N 10.10.1.64/28     [300] area: 0.0.0.0
                         via 10.10.1.6, eth1
N 10.10.1.96/27     [100] area: 0.0.0.0
                         directly attached to eth0
```

7.61

7.62 Настройка OSPFv3 на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-01

- Включен протокол динамической маршрутизации IPv6 OSPFv3
- Назначен router-id:
 - 1.1.1.1
- Интерфейсы eth0 и eth1 добавлены в область:
 - OSPFv3 area 0
- Конфигурация сохранена командой `write memory`

```
msk-alkamal-gw-01# configure terminal
msk-alkamal-gw-01(config)# router ospf6
msk-alkamal-gw-01(config-ospf6)# ospf6 router-id 1.1.1.1
msk-alkamal-gw-01(config-ospf6)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-01(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-01(config)# exit
msk-alkamal-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

7.63

7.64 Настройка OSPFv3 на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-02

- Включён OSPFv3
- Назначен router-id:
 - 2.2.2.2
- Интерфейсы eth0 и eth1 добавлены в область 0
- Зафиксировано сообщение об ошибке сохранения в режиме конфигурации
- Настройка продолжена и завершена

```
msk-alkamal-gw-02# configure terminal
msk-alkamal-gw-02(config)# router ospf6
msk-alkamal-gw-02(config-ospf6)# ospf6 router-id 2.2.2.2
msk-alkamal-gw-02(config-ospf6)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-02(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-02(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-02(config)# write memory
% Unknown command:  write memory
msk-alkamal-gw-02(config)#
```

7.65

7.66 Настройка OSPFv3 на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-03

- Настроен OSPFv3
- Router-id:
 - 3.3.3.3
- Интерфейсы eth0 и eth1 подключены к области 0
- Конфигурация сохранена

```
msk-alkamal-gw-03# configure terminal
msk-alkamal-gw-03(config)# router ospf6
msk-alkamal-gw-03(config-ospf6)# ospf6 router-id 3.3.3.3
msk-alkamal-gw-03(config-ospf6)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-03(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-03(config)# exit
msk-alkamal-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
```

7.67

[OK]

7.68 Настройка OSPFv3 на маршрутизаторе msk-alkamal-gw-04

- Включён OSPFv3
- Назначен router-id:
 - 4.4.4.4
- Интерфейсы eth0 и eth1 добавлены в область 0
- Конфигурация сохранена

```
msk-alkamal-gw-04# configure terminal
msk-alkamal-gw-04(config)# router ospf6
msk-alkamal-gw-04(config-ospf6)# ospf6 router-id 4.4.4.4
msk-alkamal-gw-04(config-ospf6)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth0
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# interface eth1
msk-alkamal-gw-04(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-alkamal-gw-04(config-if)# exit
msk-alkamal-gw-04(config)# exit
msk-alkamal-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
```

7.69

[OK]

7.70 Проверка IPv6-связности и трассировка маршрута при OSPFv3

- С узла PC1-alkamal выполнена команда:
 - ping 2001:db8:1:6::a
- Эхо-ответы не получены
- Выполнена трассировка:
 - trace 2001:db8:1:6::a
- Зафиксирован маршрут:
 - 2001:db8:1:1::1
 - 2001:db8:1:2::2
 - 2001:db8:1:4::2
- Дальнейшая доставка пакетов не завершена

```
PC1-alkamal> ping 2001:db8:1:6::a  
  
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=1 timeout  
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=2 timeout  
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=3 timeout  
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=4 timeout  
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=5 timeout  
  
PC1-alkamal> trace 2001:db8:1:6::a  
  
trace to 2001:db8:1:6::a, 64 hops max  
 1 2001:db8:1:1::1    2.517 ms  2.367 ms  2.154 ms  
 2 2001:db8:1:2::2    5.335 ms  6.487 ms  2.546 ms  
 3 2001:db8:1:4::2    3.078 ms  4.495 ms  8.913 ms  
 4  * 9.889 ms
```

7.71

7.72 Анализ соседства и таблицы маршрутизации OSPFv3 на msk-alkamal-gw-01

- Проверено состояние OSPFv3
- В таблице соседей:
 - router-id 3 . 3 . 3 . 3
 - состояние Full / BDR
- В таблице маршрутизации:
 - подключённые префиксы:
 - 2001:db8:1:1::/64
 - 2001:db8:1:2::/64
 - динамические маршруты:
 - 2001:db8:1:4::/64
 - 2001:db8:1:6::/64
- Next hop:
 - link-local по интерфейсу eth1
- Подтверждено корректное формирование базы маршрутов OSPFv3

```
msk-alkamal-gw-01# show ipv6 ospf6 neighbor
Neighbor ID      Pri   DeadTime     State/IfState          Duration I/F[State]
3.3.3.3           1    00:00:33    Full/BDR                00:02:24 eth1[DR]
msk-alkamal-gw-01# show ipv6 ospf6 route
*N IA 2001:db8:1:1::/64          ::                           eth0 00:02:03
*N IA 2001:db8:1:2::/64          ::                           eth1 00:02:03
*N IA 2001:db8:1:4::/64          fe80::e7f:63ff:feb4:0  eth1 00:02:03
*N IA 2001:db8:1:6::/64          fe80::e7f:63ff:feb4:0  eth1 00:02:03
msk-alkamal-gw-01#
```

7.73

7.74 Выводы

- Смоделирована сеть с поддержкой IPv4 и IPv6 в среде GNS3
- Выполнена настройка адресации в соответствии с заданной топологией
- Настроены и исследованы протоколы:
 - RIP / RIPng
 - OSPFv2 / OSPFv3
- Проанализированы:
 - таблицы маршрутизации
 - соседство маршрутизаторов
 - пути прохождения пакетов
- Подтверждена корректная реакция протоколов на изменение состояния интерфейсов
- Полученные результаты соответствуют цели и требованиям лабораторной работы