

## ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

Trường Công nghệ thông tin và Truyền thông

\*\*\*



# BÁO CÁO

*Thiết kế và triển khai mạng IP*

**Giảng viên hướng dẫn:** TS. Phạm Huy Hoàng

**Mã học phần:** IT4651

**Mã lớp:** 149500

**Các sinh viên thực hiện:**

Phan Việt Hoàng

- MSSV: 20210372

Trần Hoàng Sơn

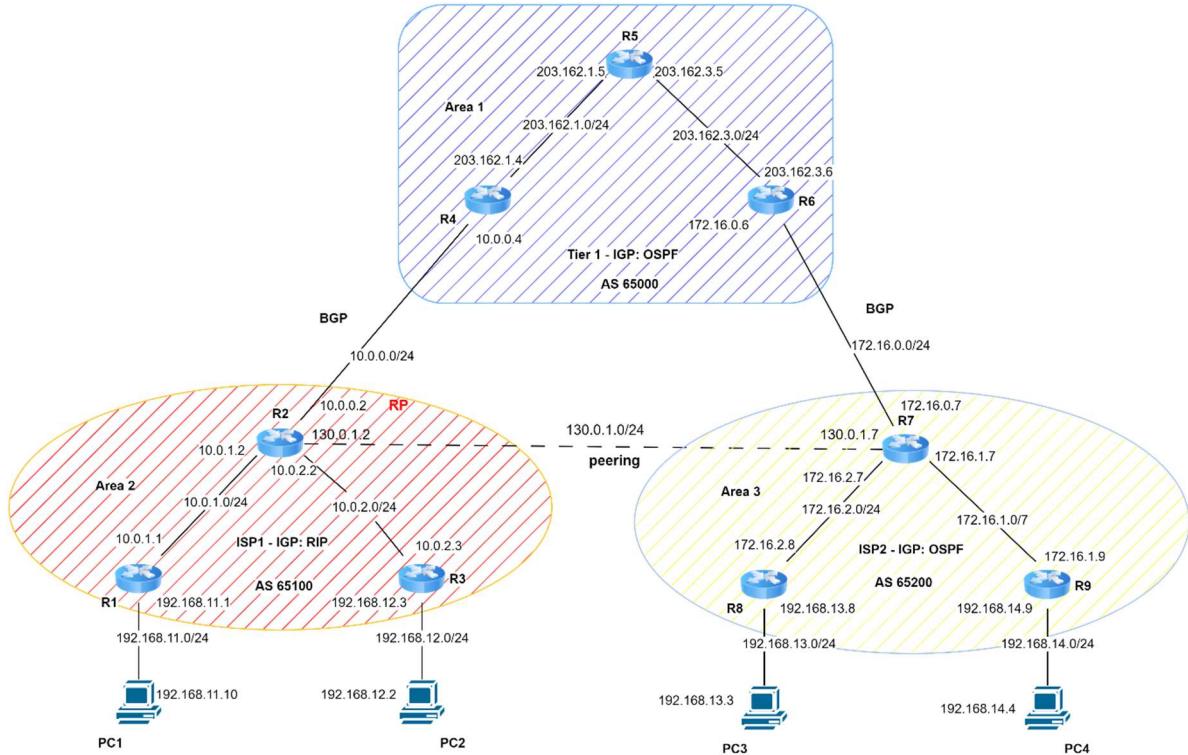
- MSSV: 20210744

Hà Nội, tháng 6 năm 2024.

## **Mục lục**

I. Sơ đồ mạng .....	3
II. Cơ sở lý thuyết .....	3
1. RIP (Routing Information Protocol) .....	3
2. OSPF .....	5
3. BGP .....	6
4. Phân loại giao thức định tuyến.....	6
5. Định nghĩa Redistribute .....	7
III. Triển khai sơ đồ mạng .....	7
1. Định tuyến nội bộ giữa các router trong các AS.....	7
2. Kết nối với Home Office.....	18
3. Định tuyến BGP giữa các AS .....	21
4. Kết nối peering giữa các ISP .....	25
IV. Triển khai multicast.....	26
IV. Triển khai QoS .....	30

# I. Sơ đồ mạng



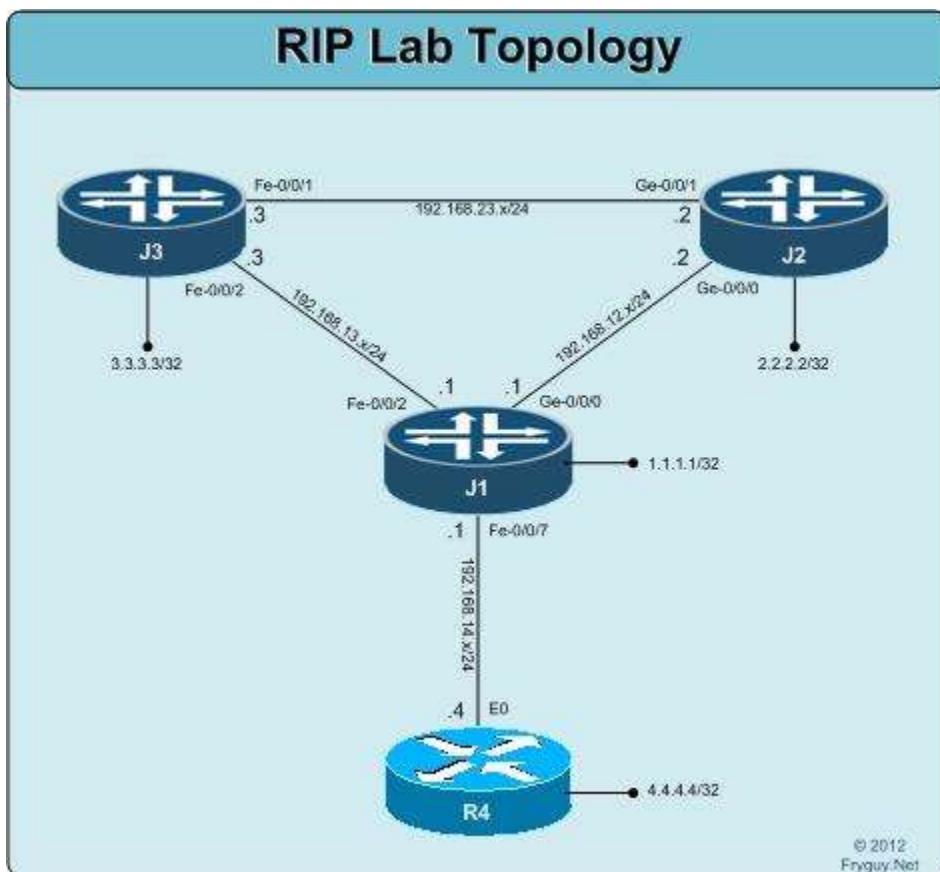
Ảnh 1. Sơ đồ mạng

# II. Cơ sở lý thuyết

## 1. RIP (Routing Information Protocol)

- Routing Information Protocol (RIP) là giao thức định tuyến vector khoảng cách (Distance Vector Protocol) xuất hiện vào năm 1970 bởi Xerox như là một phần của bộ giao thức Xerox Networking Services (XNS). Và sau đó RIP được chấp nhận rộng rãi trước khi có một chuẩn chính thức được xuất bản. Đến năm 1988 RIP mới được chính thức ban bố trong RFC1058 bởi Charles Hedrick. RIP được sử dụng rộng rãi do tính chất đơn giản và tiện dụng của nó. RIP là giao thức định tuyến vector khoảng cách điển hình, là nó đều đặn gửi toàn bộ routing table ra các Router hàng xóm và các Router này sẽ phát tán ra tất cả Router bên cạnh đều đặn theo chu kỳ là 30 giây. RIP chỉ sử dụng metric là hop-count để tính ra tuyến

đường tốt nhất tới mạng đích. Thuật toán mà RIP sử dụng để xây dựng nên routing table là Bellman-Ford.



- **Hoạt động của RIP:**
  - RIP sử dụng Router Discovery Protocol để xác định router láng giềng rồi gửi.
  - RIP request yêu cầu cập nhật bảng routing (thực tế có thể broadcast, bỏ qua bước Router Discovery).
  - Router nhận được yêu cầu sẽ trả lời bằng RIP Response message với nội dung là toàn bộ bảng routing hiện tại của mình (qua các Route Table Entries - RTEs).
- **Xử lý nhận được RIP Response:**
  - Trích xuất từng RTE, so sánh với RTE đang có trong bảng routing của mình.
  - Nếu đã có (trùng network & gateway), so sánh giá trị Metric để loại đi dòng có Metric cao hơn.
  - Nếu chưa có, thêm dòng routing mới.
  - Thiết lập gateway của dòng mới là router láng giềng đã gửi RTE.

- Thiết lập giá trị Metric của dòng mới = Metric (RTE) + 1.
- Quá trình lan tỏa bảng routing thông qua RIP message sẽ đi đến một điểm hội tụ mà tất cả các mạng nghiệp vụ đã được cập nhật vào tất cả các bảng routing.

## 2. OSPF

- OSPF là viết tắt của Open Shortest Path First. Nó là một giao thức định tuyến được sử dụng rộng rãi và được hỗ trợ. Đây là một giao thức định tuyến nội, có nghĩa là nó được sử dụng trong một khu vực hoặc một mạng. Nó dựa trên thuật toán link state routing, trong đó mỗi bộ định tuyến chứa thông tin của mọi domain và dựa trên thông tin này, nó xác định đường đi ngắn nhất. Mục tiêu của định tuyến là tìm hiểu các tuyến đường.
- OSPF đạt được bằng cách tìm hiểu về mọi bộ định tuyến và mạng con trong toàn bộ mạng. Mọi bộ định tuyến đều chứa thông tin giống nhau về mạng. Cách bộ định tuyến tìm hiểu thông tin này bằng cách gửi LSA (Link State Advertisements). Các LSA này chứa thông tin về mọi bộ định tuyến, mạng con và thông tin mạng khác. Khi các LSA đã bị đầy, OSPF lưu trữ thông tin trong cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết được gọi là LSDB. Mục tiêu chính là có cùng thông tin về mọi bộ định tuyến trong một LSDB.
- Hoạt động chung của OSPF:
  - Khi router được kết nối mạng, nó chạy "Hello protocol" để thiết lập quan hệ láng giềng.
  - Khi có thay đổi trong mạng (làm topo mạng thay đổi hoặc link state thay đổi) sau đó router gửi thông tin về trạng thái liên kết (link state) cho láng giềng bằng bản ghi LSA (Link State Advertisement).
  - Các router láng giềng cùng thường xuyên đồng bộ LS Database bằng cách gửi nhau các bảng tin Database description, mỗi bản tin chứa một tập các LSA.
  - Router có thể chủ động yêu cầu cập nhật LS Database bằng cách gửi LSA request cho láng giềng.
  - Sau khi cập nhật LS Database, giải thuật Dijkstra SPF được chạy để tính toán đường đi có cost nhỏ nhất đến tất cả các mạng trong hệ thống & cập nhật vào bảng routing.

### 3. BGP

- Border Gateway Protocol (BGP) được sử dụng để trao đổi thông tin định tuyến cho Internet và là giao thức được sử dụng giữa các ISP (là những AS khác nhau).
- Giao thức có thể kết nối bất kỳ mạng Internet nào của hệ thống tự trị bằng cách sử dụng cấu trúc liên kết tùy ý. Yêu cầu duy nhất là mỗi AS có ít nhất một router có thể chạy BGP và đó là router kết nối với ít nhất một router BGP của AS khác.
- Chức năng chính của BGP là trao đổi thông tin về khả năng tiếp cận mạng với các hệ thống BGP khác. Border Gateway Protocol xây dựng đồ thị của hệ thống tự trị dựa trên thông tin được trao đổi giữa các router BGP.
- Dựa trên hoạt động lảng giềng: 2 loại lảng giềng BGP
  - Giữa 2 AS: BGP router gửi message trực tiếp cho nhau -> eBGP
  - Bên trong một AS: BGP router gửi message dựa trên các IGP -> iBGP
- BGP lảng giềng được khai báo (cấu hình) chứ không phải qua thủ tục tìm kiếm. Các BGP bên trong một AS được khai báo là lảng giềng của nhau.
- Quyết định lựa chọn AS-Path theo Policy
  - Không nhất thiết là đường đi ngắn nhất
  - BGP cho phép xác định nhiều AS-Path để route từ A đến B
  - Chọn AS-Path nào là do các mạng Tier áp dụng riêng (băng thông, kinh tế, chính trị, ...)

### 4. Phân loại giao thức định tuyến

- Giao thức định tuyến ngoài (EGP - Exterior Gateway Protocol) tiêu biểu là giao thức BGP ( Border Gateway Protocol ) là loại giao thức được dùng để chạy giữa các Router thuộc AS - Autonomous System ( vùng tự trị ) khác nhau , phục vụ cho việc trao đổi thông tin định tuyến . Các AS thường là các ISP. Như vậy , định tuyến ngoài thường được dùng cho mạng Internet toàn cầu để trao đổi số lượng lớn thông tin định tuyến rất lớn giữa các ISP với nhau.
- Giao thức định tuyến trong (IGP - Interior Gateway Protocol) gồm các giao thức RIP , OSPF , EIGRP . IGP là loại giao thức chạy giữa các Router nằm bên trong 1 AS.

## 5. Định nghĩa Redistribute

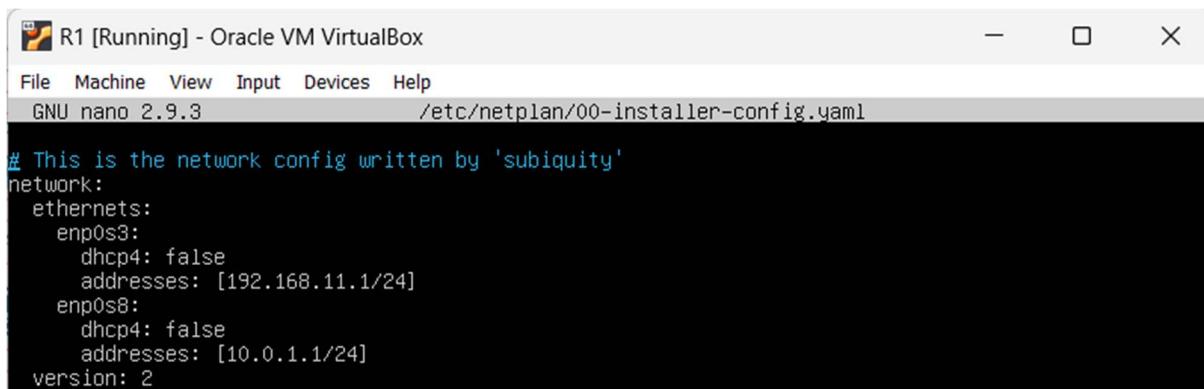
- Redistribute là một phương pháp phân phối lai một router được học từ giao thức định tuyến này vào một giao thức định tuyến khác. Redistribute thường được thực hiện trên router giao tiếp giữa hai giao thức định tuyến khác nhau hay còn gọi là router biên dịch ASBR (Boundary Router)

## III. Triển khai sơ đồ mạng

### 1. Định tuyến nội bộ giữa các router trong các AS

#### 1.1. ISP #1 – AS 65100

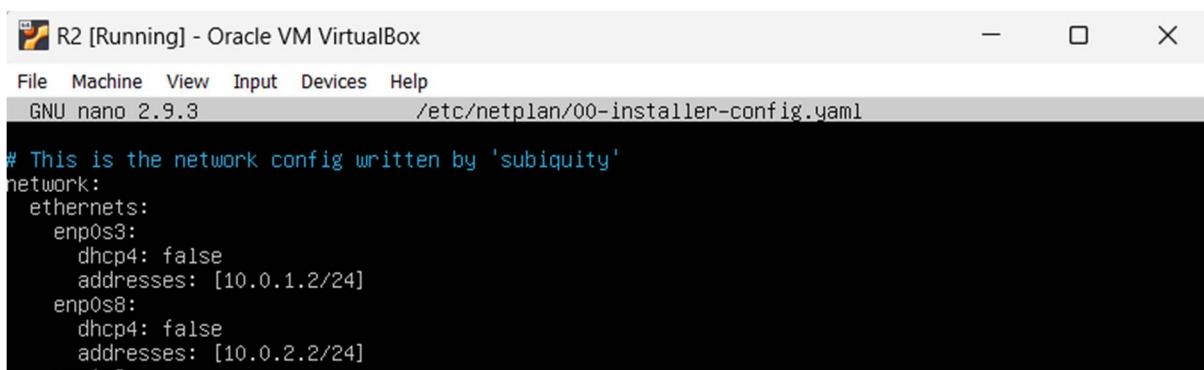
- Cấu hình thông số mạng của R1, R2, R3 bằng netplan:



```
R1 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
GNU nano 2.9.3          /etc/netplan/00-installer-config.yaml

# This is the network config written by 'subiquity'
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [192.168.11.1/24]
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [10.0.1.1/24]
  version: 2
```

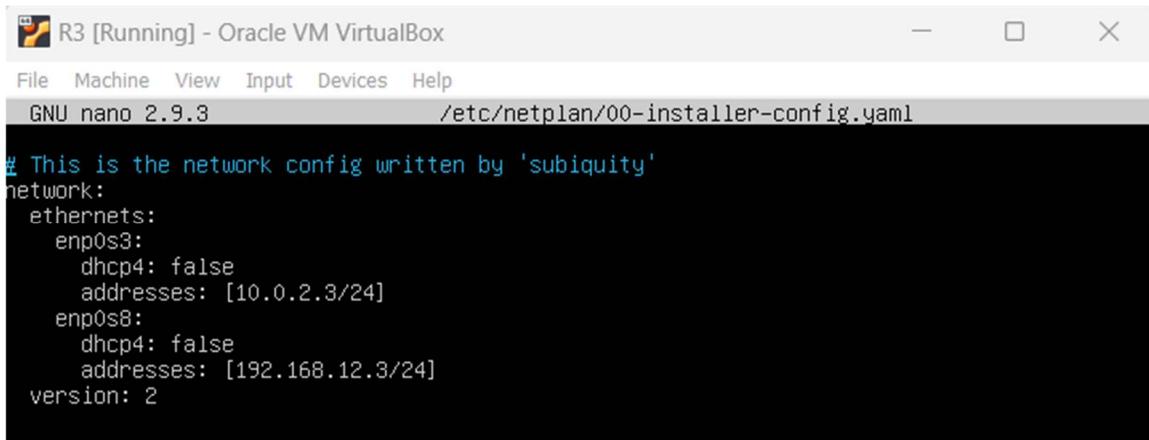
Ảnh 2. Cấu hình thông số mạng của R1



```
R2 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
GNU nano 2.9.3          /etc/netplan/00-installer-config.yaml

# This is the network config written by 'subiquity'
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [10.0.1.2/24]
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [10.0.2.2/24]
```

Ảnh 3. Cấu hình thông số mạng của R2

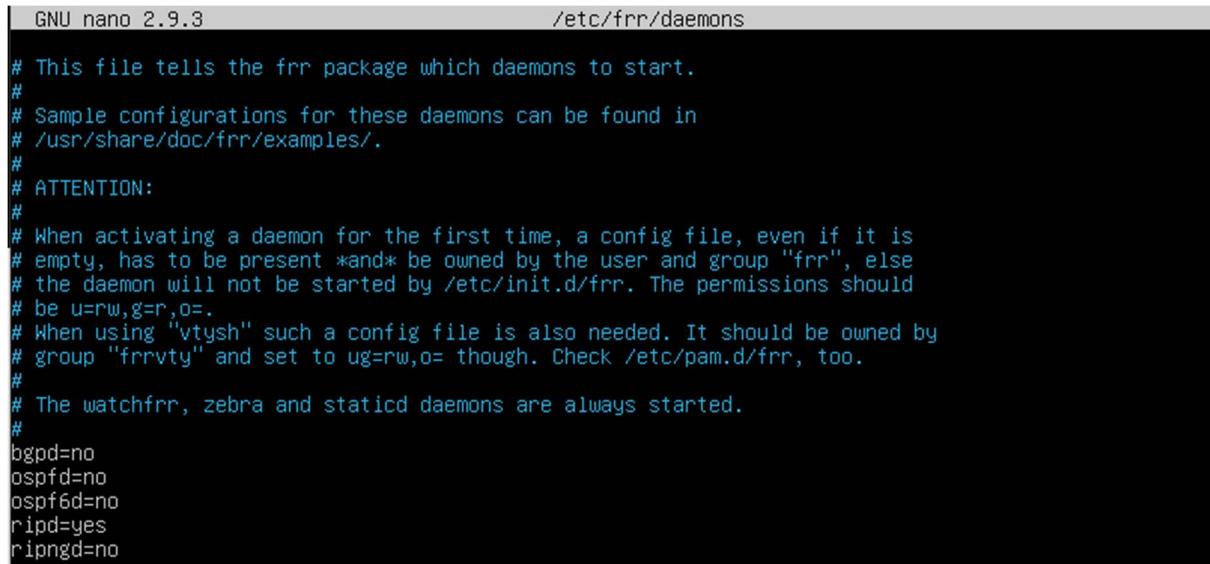


```
GNU nano 2.9.3 /etc/netplan/00-installer-config.yaml

# This is the network config written by 'subiquity'
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [10.0.2.3/24]
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [192.168.12.3/24]
  version: 2
```

Ảnh 4. Cấu hình thông số mạng của R3

- Bật daemon RIP trên các router R1, R2, R3:



```
GNU nano 2.9.3 /etc/frr/daemons

# This file tells the frr package which daemons to start.
#
# Sample configurations for these daemons can be found in
# /usr/share/doc/frr/examples/.
#
# ATTENTION:
#
# When activating a daemon for the first time, a config file, even if it is
# empty, has to be present *and* be owned by the user and group "frr", else
# the daemon will not be started by /etc/init.d/frr. The permissions should
# be u=rw,g=r,o=.
#
# When using "vtysh" such a config file is also needed. It should be owned by
# group "frrvty" and set to ug=rw,o= though. Check /etc/pam.d/frr, too.
#
# The watchfrr, zebra and staticcd daemons are always started.
#
bgpd=no
ospfd=no
ospf6d=no
ripd=yes
ripngd=no
```

Ảnh 5. Bật RIP trên R1, R2, R3 bằng frr

- Cấu hình RIP trên các router R1, R2, R3 trong vtysh:

```
R1 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@R1:~$ sudo vtysh
Hello, this is FRRouting (version 8.5.3).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

R1# show run
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.5.3
frr defaults traditional
hostname R1
log syslog informational
no ipv6 forwarding
ip pim rp 10.0.2.2 226.0.0.0/8
service integrated-vtysh-config
!
interface enp0s3
  ip igmp
  ip pim
exit
!
interface enp0s8
  ip pim
exit
!
router rip
  network 192.168.11.0/24
  network 10.0.1.0/24
  redistribute bgp
  redistribute connected
exit
!
end
R1# _
```

Ảnh 6. Cấu hình RIP của R1 trong vtysh

```
R2 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
log syslog informational
no ipv6 forwarding
ip pim rp 10.0.2.2 226.0.0.0/8
service integrated-vtysh-config
!
interface enp0s3
  ip pim
exit
!
interface enp0s8
  ip pim
exit
!
interface enp0s10
  ip pim
exit
!
router rip
  network 10.0.1.0/24
  network 10.0.2.0/24
  redistribute bgp
  redistribute connected
exit
```

Ảnh 7. Cấu hình RIP của R2 trong vtysh

```

R3# show run
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.5.3
frr defaults traditional
hostname R3
log syslog informational
no ipv6 forwarding
ip pim rp 10.0.2.2 226.0.0.0/8
service integrated-vtysh-config
!
interface enp0s3
  ip pim
exit
!
interface enp0s8
  ip igmp
  ip pim
exit
!
router rip
  network 10.0.2.0/24
  network 192.168.12.0/24
  redistribute bgp
  redistribute connected
exit
!
end

```

Ảnh 8. Cấu hình RIP của R3 trong vtysh

- Bảng routing của các router R1, R2, R3 được cập nhật tự động sau khi cấu hình RIP:

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
10.0.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s8
10.0.2.0	10.0.1.2	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s8
192.168.11.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s3
192.168.12.0	10.0.1.2	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s8

Ảnh 9. Bảng routing của R1 sau khi cấu hình RIP

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
10.0.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s3
10.0.2.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s8
192.168.11.0	10.0.1.1	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s3
192.168.12.0	10.0.2.3	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s8

Ảnh 10. Bảng routing của R2 sau khi cấu hình RIP

```

File Machine View Input Devices Help
router1@R3:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask        Flags Metric Ref    Use Iface
10.0.1.0        10.0.2.2      255.255.255.0  UG    20      0        0 enp0s3
10.0.2.0        0.0.0.0       255.255.255.0  U      0      0        0 enp0s3
192.168.11.0    10.0.2.2      255.255.255.0  UG    20      0        0 enp0s3
192.168.12.0    0.0.0.0       255.255.255.0  U      0      0        0 enp0s8

```

Ảnh 11. Bảng routing của R3 sau khi cấu hình RIP

- Kiểm tra kết nối từ R1 đến R3

```

File Machine View Input Devices Help
router1@R1:~$ ping 10.0.2.3
PING 10.0.2.3 (10.0.2.3) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.2.3: icmp_seq=1 ttl=63 time=3.29 ms
64 bytes from 10.0.2.3: icmp_seq=2 ttl=63 time=10.3 ms
64 bytes from 10.0.2.3: icmp_seq=3 ttl=63 time=3.56 ms
^C
--- 10.0.2.3 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2007ms
rtt min/avg/max/mdev = 3.296/5.722/10.310/3.246 ms

```

Ảnh 12. Ping thành công từ R1 đến R3

## 1.2. ISP #2 – AS 65200

- Cấu hình thông số mạng của R7, R8, R9:

```

File Machine View Input Devices Help
GNU nano 2.9.3          /etc/netplan/00-installer-config.yaml
# This is the network config written by 'subiquity'
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [172.16.2.7/24]
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [172.16.1.7/24]

```

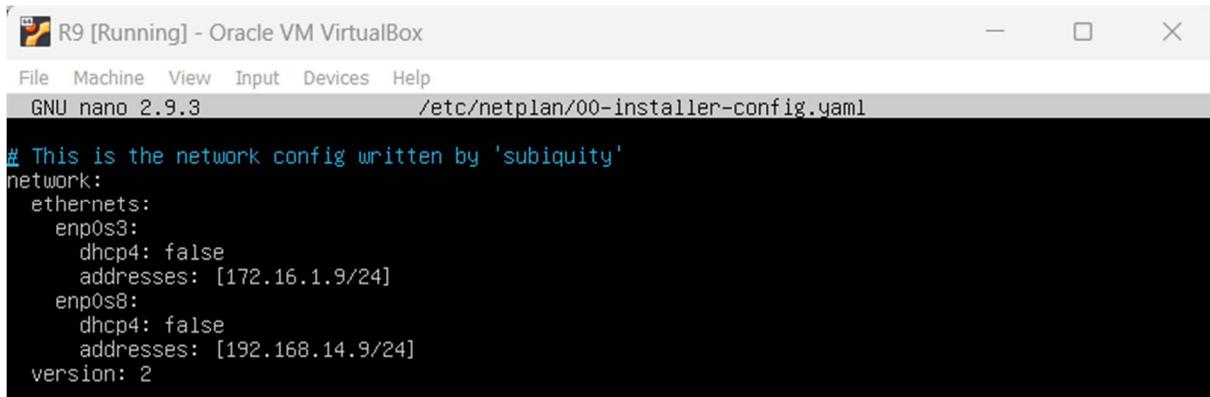
Ảnh 13. Cấu hình thông số mạng của R7

```

File Machine View Input Devices Help
GNU nano 2.9.3          /etc/netplan/00-installer-config.yaml
# This is the network config written by 'subiquity'
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [192.168.13.8/24]
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [172.16.2.8/24]
  version: 2

```

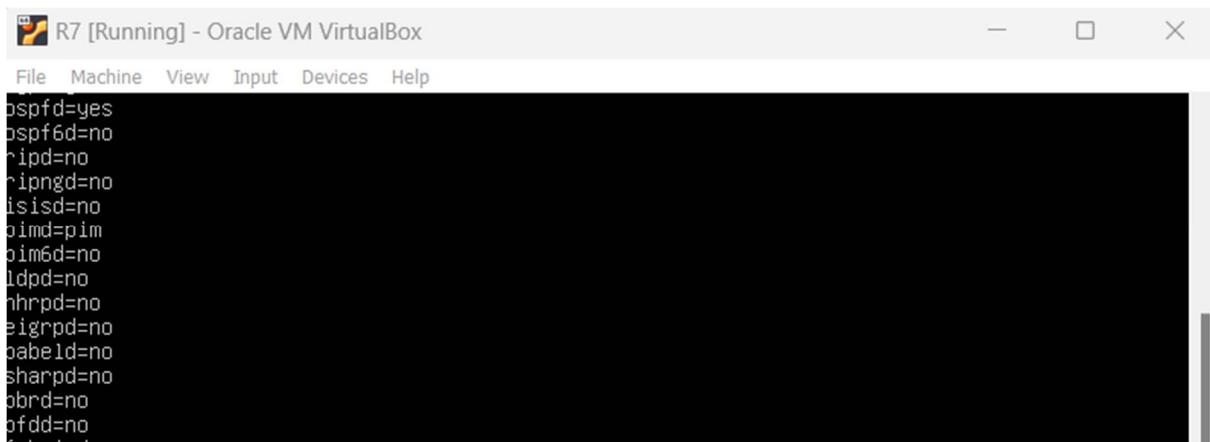
Ảnh 14. Cấu hình thông số mạng của R8



```
# This is the network config written by 'subiquity'
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [172.16.1.9/24]
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [192.168.14.9/24]
  version: 2
```

Ảnh 15. Cấu hình thông số mạng của R9

- Bật daemon OSPF trên các router R7, R8, R9:



```
ospfd=yes
ospf6d=no
ripd=no
ripngd=no
isisd=no
pimd=pim
pim6d=no
ldpd=no
hrpd=no
eigrpd=no
babeld=no
sharpd=no
obrd=no
ofdd=no
frrd=
```

Ảnh 16. Bật ospf trên các router bằng frr

- Cấu hình ospf cho các router R7, R8, R9, tất cả nằm trong area 3:

```
R7 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
exit
!
interface enp0s10
 ip pim
exit
!
router bgp 65200
 no bgp ebgp-requires-policy
 neighbor 130.0.1.2 remote-as 65100
 neighbor 172.16.0.6 remote-as 65000
!
 address-family ipv4 unicast
 redistribute connected
 redistribute ospf
 exit-address-family
exit
!
router ospf
 ospf router-id 7.7.7.7
 redistribute connected
 redistribute bgp
 network 172.16.1.0/24 area 3
 network 172.16.2.0/24 area 3
exit
!
end
```

Ảnh 17. Cấu hình ospf trong router R7 trong vtysh

```
R8 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
frr version 8.5.3
frr defaults traditional
hostname R8
log syslog informational
no ipv6 forwarding
ip pim rp 10.0.2.2 226.0.0.0/8
service integrated-vtysh-config
!
interface enp0s3
 ip igmp
 ip pim
exit
!
interface enp0s8
 ip pim
exit
!
router ospf
 ospf router-id 8.8.8.8
 redistribute connected
 redistribute bgp
 network 172.16.2.0/24 area 3
 network 192.168.13.0/24 area 3
exit
!
end
```

Ảnh 18. Cấu hình ospf trong router R8 trong vtysh

```

R9 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
interface enp0s8
  ip igmp
  ip pim
exit
!
router ospf
  ospf router-id 9.9.9.9
  redistribute connected
  redistribute bgp
  network 172.16.1.0/24 area 3
  network 192.168.14.0/24 area 3
exit
!
end
R9#

```

The configuration shown in the screenshot includes OSPF configuration for interface enp0s8, setting the router ID to 9.9.9.9, redistributing connected routes and BGP routes into OSPF area 3, and defining two OSPF networks.

*Ảnh 19. Cấu hình ospf trong R9 trong vtysh*

- Bảng routing của router R7, R8, R9 sau khi cấu hình OSPF:

```

R7 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@R7:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask        Flags Metric Ref    Use Iface
172.16.1.0      0.0.0.0       255.255.255.0 U     0      0        0 enp0s8
172.16.2.0      0.0.0.0       255.255.255.0 U     0      0        0 enp0s3
192.168.13.0    172.16.2.8   255.255.255.0 UG    20      0        0 enp0s3
192.168.14.0    172.16.1.9   255.255.255.0 UG    20      0        0 enp0s8

```

The route table for R7 shows four entries: 172.16.1.0/24 via enp0s8, 172.16.2.0/24 via enp0s3, 192.168.13.0/24 via enp0s3, and 192.168.14.0/24 via enp0s8.

*Ảnh 20. Bảng routing của R7 sau khi cấu hình OSPF*

```

R8 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@R8:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask        Flags Metric Ref    Use Iface
172.16.1.0      172.16.2.7   255.255.255.0 UG    20      0        0 enp0s8
172.16.2.0      0.0.0.0       255.255.255.0 U     0      0        0 enp0s8
192.168.13.0    0.0.0.0       255.255.255.0 U     0      0        0 enp0s3
192.168.14.0    172.16.2.7   255.255.255.0 UG    20      0        0 enp0s8

```

The route table for R8 shows four entries: 172.16.1.0/24 via enp0s8, 172.16.2.0/24 via enp0s8, 192.168.13.0/24 via enp0s3, and 192.168.14.0/24 via enp0s8.

*Ảnh 21. Bảng routing của R8 sau khi cấu hình OSPF*

```

R9 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@R9:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask        Flags Metric Ref    Use Iface
172.16.1.0      0.0.0.0       255.255.255.0 U     0      0        0 enp0s3
172.16.2.0      172.16.1.7   255.255.255.0 UG    20      0        0 enp0s3
192.168.13.0    172.16.1.7   255.255.255.0 UG    20      0        0 enp0s3
192.168.14.0    0.0.0.0       255.255.255.0 U     0      0        0 enp0s8

```

The route table for R9 shows four entries: 172.16.1.0/24 via enp0s3, 172.16.2.0/24 via enp0s3, 192.168.13.0/24 via enp0s3, and 192.168.14.0/24 via enp0s8.

*Ảnh 22. Bảng routting của R9 sau khi cấu hình OSPF*

- Kiểm tra kết nối từ R7 đến R9:

```
File Machine View Input Devices Help
router1@R7:~$ ping 172.16.1.9
PING 172.16.1.9 (172.16.1.9) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 172.16.1.9: icmp_seq=1 ttl=64 time=3.45 ms
64 bytes from 172.16.1.9: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.31 ms
64 bytes from 172.16.1.9: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.710 ms
^C
--- 172.16.1.9 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2005ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.710/1.826/3.452/1.176 ms
```

Ảnh 23. Ping thành công từ R7 đến R9

### 1.3. Tier 1 – AS 65000

- Cấu hình thông số mạng của R4, R5, R6:

```
File Machine View Input Devices Help
GNU nano 2.9.3           /etc/netplan/00-installer-config.yaml

# This is the network config written by 'subiquity'
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [10.0.0.4/24]
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [203.162.1.4/24]
  version: 2
```

Ảnh 24. Cấu hình thông số mạng của R4

```
File Machine View Input Devices Help
GNU nano 2.9.3           /etc/netplan/00-installer-config.yaml

# This is the network config written by 'subiquity'
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [203.162.1.5/24]
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [203.162.3.5/24]
  version: 2
```

Ảnh 25. Cấu hình thông số mạng của R5

```
File Machine View Input Devices Help
GNU nano 2.9.3           /etc/netplan/00-installer-config.yaml

# This is the network config written by 'subiquity'
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [203.162.3.6/24]
```

Ảnh 26. Cấu hình thông số mạng của R6

- Bật OSPF trên R4, R5, R6:

```
ospfd=yes
ospf6d=no
ripd=no
ipngd=no
isisd=no
pimd=no
pim6d=no
ldpd=no
hrpd=no
eigrpd=no
```

Ảnh 27. Bật ospf trên router R4, R5, R6 bằng frr

- Cấu hình ospf của R4, R5, R6 trong vtysh, tất cả nằm trong area 1:

```
service integrated-vtysh-config
!
router bgp 65000
  bgp router-id 10.0.0.4
  no bgp ebgp-requires-policy
  neighbor 10.0.0.2 remote-as 65100
!
address-family ipv4 unicast
  redistribute connected
  redistribute ospf
  exit-address-family
exit
!
router ospf
  ospf router-id 4.4.4.4
  redistribute connected
  redistribute bgp
  network 203.162.1.0/24 area 1
exit
!
```

Ảnh 28. Cấu hình ospf trên R4 trong vtysh

```
R5 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@R5:~$ sudo vtysh
[sudo] password for router1:

Hello, this is FRRouting (version 8.5.3).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

R5# show run
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.5.3
frr defaults traditional
hostname R5
log syslog informational
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
router ospf
  ospf router-id 5.5.5.5
  redistribute connected
  redistribute bgp
  network 203.162.1.0/24 area 1
  network 203.162.3.0/24 area 1
!
exit
```

Ảnh 29. Cấu hình ospf của R5 trong vtysh

```
R6 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
ip router-id 6.6.6.6
!
router bgp 65000
  no bgp ebgp-requires-policy
  neighbor 172.16.0.7 remote-as 65200
!
  address-family ipv4 unicast
    redistribute connected
    redistribute ospf
  exit-address-family
exit
!
router ospf
  ospf router-id 6.6.6.6
  redistribute connected
  redistribute bgp
  network 203.162.3.0/24 area 1
exit
!
end
R6#
```

Ảnh 30. Cấu hình ospf của R6 trong vtysh

- Bảng routing của R4, R5, R6 sau khi bật OSPF:

```

router1@R4:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask         Flags Metric Ref  Use Iface
203.162.1.0      0.0.0.0          255.255.255.0   U     0      0      0 enp0s8
203.162.3.0      203.162.1.5    255.255.255.0   UG    20      0      0 enp0s8

```

Ảnh 31. Bảng routing của R4 sau khi cấu hình OSPF

```

router1@R5:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask         Flags Metric Ref  Use Iface
203.162.1.0      0.0.0.0          255.255.255.0   U     0      0      0 enp0s3
203.162.3.0      0.0.0.0          255.255.255.0   U     0      0      0 enp0s8

```

Ảnh 32. Bảng routing của R5 sau khi cấu hình OSPF

```

router1@R6:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask         Flags Metric Ref  Use Iface
203.162.1.0      203.162.3.5    255.255.255.0   UG    20      0      0 enp0s3
203.162.3.0      0.0.0.0          255.255.255.0   U     0      0      0 enp0s3

```

Ảnh 33. Bảng routing của R6 sau khi cấu hình OSPF

- Kiểm tra kết nối từ R4 đến R6:

```

router1@R4:~$ ping 203.162.3.6
PING 203.162.3.6 (203.162.3.6) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 203.162.3.6: icmp_seq=1 ttl=63 time=2.44 ms
64 bytes from 203.162.3.6: icmp_seq=2 ttl=63 time=2.66 ms
64 bytes from 203.162.3.6: icmp_seq=3 ttl=63 time=3.58 ms
^C
--- 203.162.3.6 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2004ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.448/2.898/3.586/0.497 ms

```

Ảnh 34. Ping thành công từ R4 đến R6

## 2. Kết nối với Home Office

### 2.1. Home Office tại ISP #1

- Kết nối pc1, pc2 vào isp:

```

pc1 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc1:~$ ifconfig
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
        inet 192.168.11.10 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.11.255
                inet6 fe80::a00:27ff:fe7f:c6f5 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
                    ether 08:00:27:7f:c6:f5 txqueuelen 1000 (Ethernet)
                    RX packets 50 bytes 14358 (14.3 KB)
                    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
                    TX packets 72 bytes 56016 (56.0 KB)
                    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
        inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
                inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
                    loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
                    RX packets 4540 bytes 322684 (322.6 KB)
                    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
                    TX packets 4540 bytes 322684 (322.6 KB)
                    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

router1@pc1:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
0.0.0.0         192.168.11.1   0.0.0.0         UG    0      0          0 enp0s3
192.168.11.0   0.0.0.0        255.255.255.0  U     0      0          0 enp0s3
router1@pc1:~$
```

*Ảnh 35. Cấu hình thông số mạng của pc1*

```

pc2 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc2:~$ ifconfig
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
        inet 192.168.12.2 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.12.255
                inet6 fe80::a00:27ff:fe96:24e0 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
                    ether 08:00:27:96:24:e0 txqueuelen 1000 (Ethernet)
                    RX packets 18 bytes 2534 (2.5 KB)
                    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
                    TX packets 17 bytes 1786 (1.7 KB)
                    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
        inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
                inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
                    loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
                    RX packets 4700 bytes 334044 (334.0 KB)
                    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
                    TX packets 4700 bytes 334044 (334.0 KB)
                    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

router1@pc2:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
0.0.0.0         192.168.12.3   0.0.0.0         UG    0      0          0 enp0s3
192.168.12.0   0.0.0.0        255.255.255.0  U     0      0          0 enp0s3
```

*Ảnh 36. Cấu hình thông số mạng của pc2*

- Kiểm tra kết nối từ pc1 đến pc2:

```

pc1 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc1:~$ ping 192.168.12.2
PING 192.168.12.2 (192.168.12.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.12.2: icmp_seq=1 ttl=61 time=10.9 ms
64 bytes from 192.168.12.2: icmp_seq=2 ttl=61 time=6.87 ms
64 bytes from 192.168.12.2: icmp_seq=3 ttl=61 time=6.32 ms
^C
--- 192.168.12.2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2005ms
rtt min/avg/max/mdev = 6.323/8.056/10.974/2.076 ms

```

*Ảnh 37. Ping thành công từ pc1 sang pc2*

## 2.2. Home Office tại ISP #2

```

pc3 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc3:~$ ifconfig
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.13.3 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.13.255
        inet6 fe80::a00:27ff:fe3:8955 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
            ether 08:00:27:c3:89:55 txqueuelen 1000 (Ethernet)
                RX packets 21 bytes 1374 (1.3 KB)
                RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
                TX packets 19 bytes 1490 (1.4 KB)
                TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
        inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
            loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
                RX packets 5012 bytes 356188 (356.1 KB)
                RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
                TX packets 5012 bytes 356188 (356.1 KB)
                TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

router1@pc3:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref  Use Iface
0.0.0.0         192.168.13.8   0.0.0.0         UG    0      0        0 enp0s3
192.168.13.0   0.0.0.0        255.255.255.0  U     0      0        0 enp0s3

```

*Ảnh 38. Cấu hình thông số mạng của pc3*

```

pc4 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc4:~$ ifconfig
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.14.4 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.14.255
        inet6 fe80::a00:27ff:fe2a:18a prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
            ether 08:00:27:2a:01:8a txqueuelen 1000 (Ethernet)
                RX packets 21 bytes 2790 (2.7 KB)
                RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
                TX packets 20 bytes 2052 (2.0 KB)
                TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
        inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
            loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
                RX packets 5092 bytes 361868 (361.8 KB)
                RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
                TX packets 5092 bytes 361868 (361.8 KB)
                TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

router1@pc4:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref  Use Iface
0.0.0.0         192.168.14.9   0.0.0.0         UG    0      0      0 enp0s3
192.168.14.0   0.0.0.0        255.255.255.0  U     0      0      0 enp0s3

```

*Ảnh 39. Cấu hình thông số mạng của pc4*

- Kiểm tra kết nối từ pc3 đến pc4:

```

pc3 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc3:~$ ping 192.168.14.4
PING 192.168.14.4 (192.168.14.4) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.14.4: icmp_seq=1 ttl=61 time=10.0 ms
64 bytes from 192.168.14.4: icmp_seq=2 ttl=61 time=6.36 ms
64 bytes from 192.168.14.4: icmp_seq=3 ttl=61 time=13.3 ms
^C
--- 192.168.14.4 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2005ms
rtt min/avg/max/mdev = 6.369/9.927/13.389/2.869 ms

```

*Ảnh 40. Ping thành công từ pc3 sang pc4*

### 3. Định tuyến BGP giữa các AS

- Bật bgp daemons trong frr của các router biên R2, R4, R6, R7:

```
# This file tells the frr package which daemons to start.  
#  
# Sample configurations for these daemons can be found in  
# /usr/share/doc/frr/examples/.  
#  
# ATTENTION:  
#  
# When activating a daemon for the first time, a config file, even if it is  
# empty, has to be present *and* be owned by the user and group "frr", else  
# the daemon will not be started by /etc/init.d/frr. The permissions should  
# be u=rw,g=r,o=.  
# When using "vtysh" such a config file is also needed. It should be owned by  
# group "frrvty" and set to ug=rw,o= though. Check /etc/pam.d/frr, too.  
#  
# The watchfrr, zebra and staticd daemons are always started.  
#  
bgpd=yes  
ospfd=no  
ospf6d=no  
ripd=yes
```

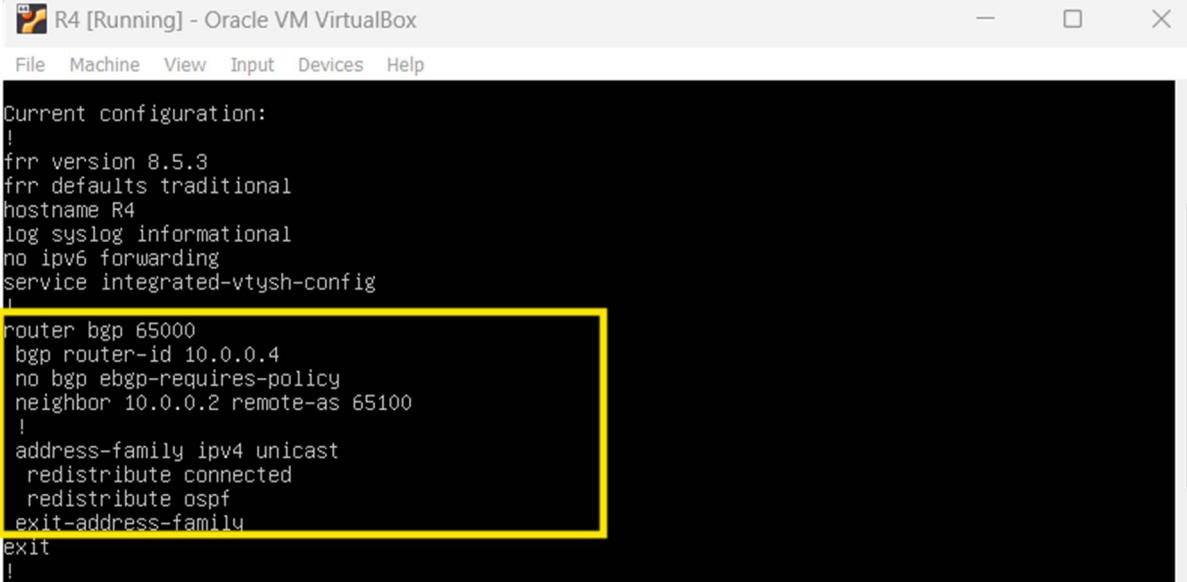
Ảnh 41. Bật bgp trên router R2

- Thêm kết nối mạng 10.0.0.0/24 trên R2 và bổ sung cấu hình BGP để nhận R4 là láng giềng:

```
File Machine View Input Devices Help  
interface enp0s8  
ip pim  
exit  
!  
interface enp0s10  
ip pim  
exit  
!  
router rip  
network 10.0.1.0/24  
network 10.0.2.0/24  
redistribute bgp  
redistribute connected  
exit  
  
router bgp 65100  
no bgp ebgp-requires-policy  
neighbor 10.0.0.4 remote-as 65000  
!  
address-family ipv4 unicast  
redistribute connected  
redistribute rip  
exit-address-family  
exit  
!
```

Ảnh 42. Cấu hình BGP ở R2 để kết nối với AS 65000

- Thêm kết nối mạng 10.0.0.0/24 trên R4 và bổ sung cấu hình BGP để nhận R2 là láng giềng:



```
Current configuration:
!
frr version 8.5.3
frr defaults traditional
hostname R4
log syslog informational
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
router bgp 65000
  bgp router-id 10.0.0.4
  no bgp ebgp-requires-policy
  neighbor 10.0.0.2 remote-as 65100
  !
  address-family ipv4 unicast
    redistribute connected
    redistribute ospf
  exit-address-family
exit
!
```

Ảnh 43. Cấu hình BGP ở R4 để kết nối với AS 65100

- Thêm kết nối mạng 172.16.0.0/24 trên R6 và bổ sung cấu hình BGP để nhận R7 là láng giềng:



```
File Machine View Input Devices Help
ip router-id 6.6.6.6
!
router bgp 65000
  no bgp ebgp-requires-policy
  neighbor 172.16.0.7 remote-as 65200
  !
  address-family ipv4 unicast
    redistribute connected
    redistribute ospf
  exit-address-family
exit
!
router ospf
  ospf router-id 6.6.6.6
  redistribute connected
  redistribute bgp
  network 203.162.3.0/24 area 1
exit
!
end
```

Ảnh 44. Cấu hình BGP ở R6 để kết nối với AS 65200

- Thêm kết nối mạng 172.16.0.0/24 trên R7 và bổ sung cấu hình BGP để nhận R6 là láng giềng:

```

File Machine View Input Devices Help
ip pri
exit

router bgp 65200
no bgp ebgp-requires-policy
neighbor 172.16.0.6 remote-as 65000
!
address-family ipv4 unicast
 redistribute connected
 redistribute ospf
 exit-address-family
exit

router ospf
ospf router-id 7.7.7.7
redistribute connected
redistribute bgp
network 172.16.1.0/24 area 3
network 172.16.2.0/24 area 3

```

*Ảnh 45. Cấu hình BGP ở R7 để kết nối với AS 65000*

- Sau khi cấu hình bgp xong, kiểm tra kết nối từ pc1 đến pc4 đã thấy đi qua vùng Tier 1:

```

File Machine View Input Devices Help
router1@pc1:~$ tracepath -n 192.168.14.4
 1?: [LOCALHOST]          pmtu 1500
 1:  192.168.11.1          51.027ms
 1:  192.168.11.1          1.774ms
 2:  10.0.1.2              2.754ms
 3:  10.0.0.4              3.413ms
 4:  203.162.1.5           5.593ms
 5:  203.162.3.6           4.911ms
 6:  172.16.0.7             6.170ms
 7:  172.16.1.9            12.319ms
 8:  192.168.14.4          9.391ms reached
Resume: pmtu 1500 hops 8 back 8
router1@pc1:~$
```

*Ảnh 46. Đường đi từ pc1 đến pc4 qua Tier 1*

- Tương tự với kết nối từ pc2 đến pc3:

```

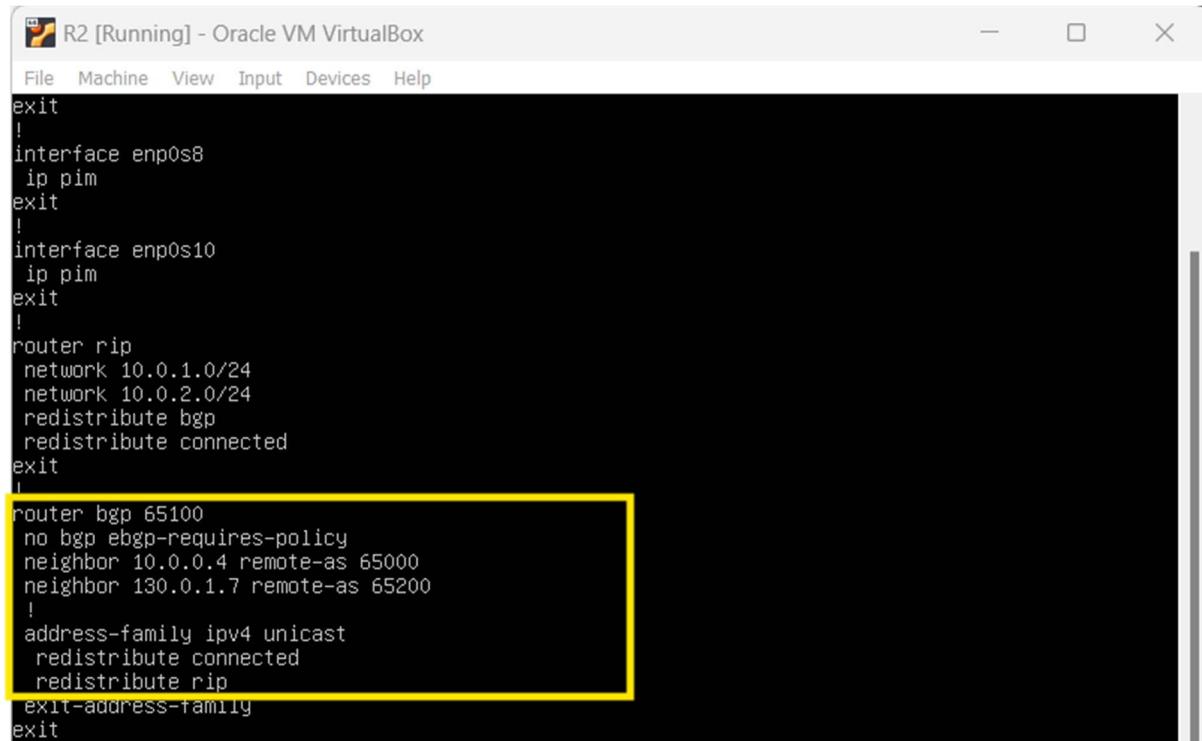
File Machine View Input Devices Help
router1@pc2:~$ tracepath -n 192.168.13.3
 1?: [LOCALHOST]          pmtu 1500
 1:  192.168.12.3          2.232ms
 1:  192.168.12.3          2.176ms
 2:  10.0.2.2              2.871ms
 3:  10.0.0.4              3.787ms
 4:  203.162.1.5           5.404ms
 5:  203.162.3.6           6.299ms
 6:  172.16.0.7             6.587ms
 7:  172.16.2.8             9.747ms
 8:  192.168.13.3          11.581ms reached
Resume: pmtu 1500 hops 8 back 8

```

*Ảnh 47. Đường đi từ pc2 đến pc3 qua Tier 1*

## 4. Kết nối peering giữa các ISP

- Thêm kết nối mạng 130.0.1.0/24 trên R2 và bổ sung cấu hình BGP để nhận R7 là láng giềng:



```
exit
!
interface enp0s8
 ip pim
exit
!
interface enp0s10
 ip pim
exit
!
router rip
 network 10.0.1.0/24
 network 10.0.2.0/24
 redistribute bgp
 redistribute connected
exit
!
router bgp 65100
 no bgp ebgp-requires-policy
 neighbor 10.0.0.4 remote-as 65000
 neighbor 130.0.1.7 remote-as 65200
 !
 address-family ipv4 unicast
 redistribute connected
 redistribute rip
 exit-address-family
exit
```

Ảnh 48. Cấu hình BGP ở R2 để kết nối với AS 65200

- Thêm kết nối mạng 130.0.1.0/24 trên R7 và bổ sung cấu hình BGP để nhận R2 là láng giềng:

```

no ipv6 forwarding
ip pim rp 10.0.2.2 226.0.0.0/8
service integrated-vtysh-config
!
interface enp0s3
    ip pim
exit
!
interface enp0s8
    ip pim
exit
!
interface enp0s10
    ip pim
exit
!
router bgp 65200
    no bgp ebgp-requires-policy
    neighbor 130.0.1.2 remote-as 65100
    neighbor 172.16.0.6 remote-as 65000
    !
    address-family ipv4 unicast
        redistribute connected
        redistribute ospf
    exit-address-family
exit
!
```

Ảnh 49. Cấu hình BGP ở R7 để kết nối với AS 65100

- Sau khi cấu hình BGP xong, kiểm tra lại kết nối từ pc1 sang pc4 đã không còn đi qua tier 1 nữa mà đi trực tiếp sang isp kia:

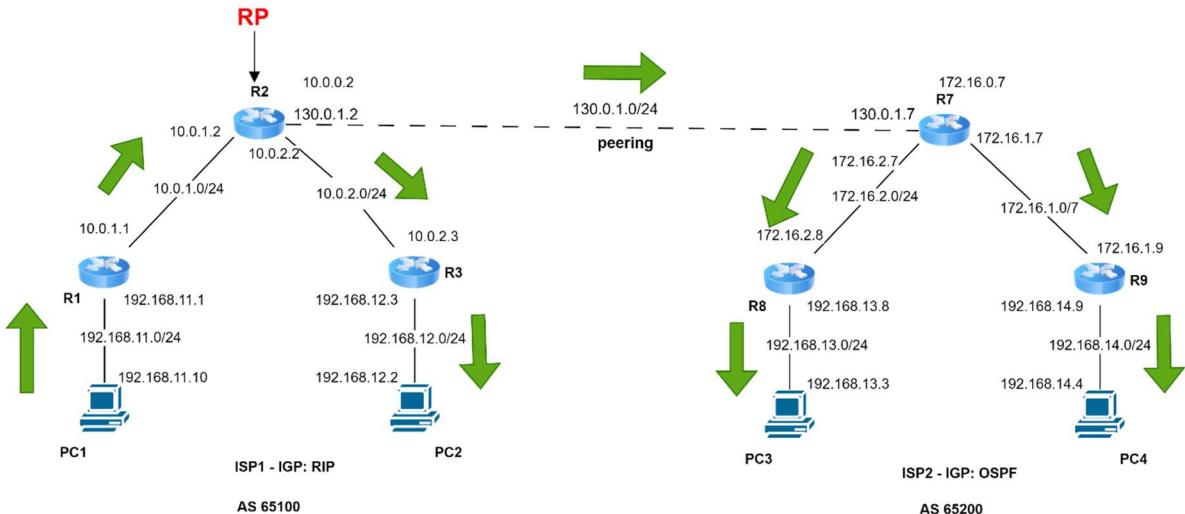
```

pc1 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc1:~$ tracepath -n 192.168.14.4
1?: [LOCALHOST]                                     pmtu 1500
1:  192.168.11.1                                     2.483ms
1:  192.168.11.1                                     2.517ms
2:  10.0.1.2                                         3.188ms
3:  130.0.1.7                                         3.003ms
4:  172.16.1.9                                         4.447ms
5:  192.168.14.4                                     11.495ms reached
Resume: pmtu 1500 hops 5 back 5
```

Ảnh 50. Đường đi từ pc1 sang pc4 không qua Tier 1

## IV. Triển khai multicast

- Xây dựng multicast bằng PIM-SM. Ta có cây multicast như sau:



Ảnh 51. Cây multicast

- Chọn R2 làm Rendezvous Point (RP). Cần khai báo R2 là RP trên các router trong cây.
- Bật pim daemons bằng frr trên các router trong cây:



Ảnh 52. Bật pim service bằng frr

- Đối với các kết nối mạng giữa các router, khai báo “ip pim” cho phép các kết nối mạng này hỗ trợ giao thức PIM. Đối với các kết nối mạng giữa router và host, khai báo “ip igmp” cho phép router hỗ trợ IGMP để xử lý các yêu cầu multicast từ host. Ngoài ra, giữa router và host khai báo thêm “ip pim” để tích hợp IGMP với PIM (khi router nhận được IGMP Join Report gửi từ host, nó sẽ xử lý IGMP đồng thời kích hoạt PIM Join). Khai báo trên R1:

```
R1 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@R1:~$ sudo vtysh
Hello, this is FRRouting (version 8.5.3).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

R1# show run
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.5.3
frr defaults traditional
hostname R1
log syslog informational
no ipv6 forwarding
ip pim rp 10.0.2.2 226.0.0.0/8
service integrated-vtysh config
!
interface enp0s3
  ip igmp
  ip pim
exit
!
interface enp0s8
  ip pim
exit
!
router rip
  network 192.168.11.0/24
  network 10.0.1.0/24
  redistribute bgp
  redistribute connected
exit
!
end
```

Ảnh 53. Cấu hình pim trên R1 trong vtysh

- Pc2, pc3, pc4 chạy iperf -s để đăng ký join vào cây:

```
pc2 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc2:~$ iperf -s -u -B 226.96.1.1 -i 1
-----
Server listening on UDP port 5001
Binding to local address 226.96.1.1
Joining multicast group 226.96.1.1
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 208 KByte (default)
-----
```

Ảnh 54. Chạy iperf trên pc2 để join vào cây

- Pc1 bắt đầu phát gói tin vào nhóm

```

pc1 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc1:~$ iperf -c 226.96.1.1 -u -T 32 -t 10 -i 1
-----
Client connecting to 226.96.1.1, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 11215.21 us (kalman adjust)
Setting multicast TTL to 32
UDP buffer size: 208 KByte (default)
-----
[ 3] local 192.168.11.10 port 32852 connected with 226.96.1.1 port 5001
[ ID] Interval Transfer Bandwidth
[ 3] 0.0- 1.0 sec 131 KBytes 1.07 Mbits/sec
[ 3] 1.0- 2.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec
[ 3] 2.0- 3.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec
[ 3] 3.0- 4.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec
[ 3] 4.0- 5.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec
[ 3] 5.0- 6.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec
[ 3] 6.0- 7.0 sec 129 KBytes 1.06 Mbits/sec
[ 3] 7.0- 8.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec
[ 3] 8.0- 9.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec
[ 3] 9.0-10.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec
[ 3] 0.0-10.0 sec 1.25 MBytes 1.05 Mbits/sec
[ 3] Sent 893 datagrams

```

Ảnh 55. Pc1 bắt đầu phát gói tin vào nhóm

- Pc2, pc3, pc4 lập tức nhận được các gói tin pc1 đang gửi vào nhóm:

```

pc2 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc2:~$ iperf -s -u -B 226.96.1.1 -i 1
-----
Server listening on UDP port 5001
Binding to local address 226.96.1.1
Joining multicast group 226.96.1.1
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 208 KByte (default)
-----
[ 3] local 226.96.1.1 port 5001 connected with 192.168.11.10 port 32852
[ ID] Interval Transfer Bandwidth Jitter Lost/Total Datagrams
[ 3] 0.0- 1.0 sec 129 KBytes 1.06 Mbits/sec 0.797 ms 5/ 95 (5.3%)
[ 3] 1.0- 2.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec 0.968 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 2.0- 3.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec 1.071 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 3.0- 4.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec 0.569 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 4.0- 5.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec 0.974 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 5.0- 6.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec 0.778 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 6.0- 7.0 sec 129 KBytes 1.06 Mbits/sec 0.619 ms 0/ 90 (0%)
[ 3] 7.0- 8.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec 0.852 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 8.0- 9.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbits/sec 0.670 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 0.0-10.0 sec 1.24 MBytes 1.05 Mbits/sec 0.713 ms 5/ 893 (0.56%)

```

Ảnh 56. Pc2 nhận các gói tin từ pc1

```

pc3 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc3:~$ iperf -s -u -B 226.96.1.1 -i 1
-----
Server listening on UDP port 5001
Binding to local address 226.96.1.1
Joining multicast group 226.96.1.1
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 208 KByte (default)

[ 3] local 226.96.1.1 port 5001 connected with 192.168.11.10 port 32852
[ ID] Interval Transfer Bandwidth Jitter Lost/Total Datagrams
[ 3] 0.0- 1.0 sec 129 KBytes 1.06 Mbit/sec 0.615 ms 5/ 95 (5.3%)
[ 3] 1.0- 2.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.791 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 2.0- 3.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 1.478 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 3.0- 4.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.770 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 4.0- 5.0 sec 129 KBytes 1.06 Mbit/sec 0.918 ms 0/ 90 (0%)
[ 3] 5.0- 6.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.997 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 6.0- 7.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.842 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 7.0- 8.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.683 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 8.0- 9.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.733 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 0.0-10.0 sec 1.24 MBytes 1.05 Mbit/sec 0.934 ms 5/ 893 (0.56%)

```

Ảnh 57. Pc3 nhận các gói tin từ pc1

```

pc4 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc4:~$ iperf -s -u -B 226.96.1.1 -i 1
-----
Server listening on UDP port 5001
Binding to local address 226.96.1.1
Joining multicast group 226.96.1.1
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 208 KByte (default)

[ 3] local 226.96.1.1 port 5001 connected with 192.168.11.10 port 32852
[ ID] Interval Transfer Bandwidth Jitter Lost/Total Datagrams
[ 3] 0.0- 1.0 sec 129 KBytes 1.06 Mbit/sec 0.562 ms 5/ 95 (5.3%)
[ 3] 1.0- 2.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.685 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 2.0- 3.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 1.269 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 3.0- 4.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.691 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 4.0- 5.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.943 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 5.0- 6.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.981 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 6.0- 7.0 sec 129 KBytes 1.06 Mbit/sec 0.746 ms 0/ 90 (0%)
[ 3] 7.0- 8.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.619 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 8.0- 9.0 sec 128 KBytes 1.05 Mbit/sec 0.634 ms 0/ 89 (0%)
[ 3] 0.0-10.0 sec 1.24 MBytes 1.05 Mbit/sec 0.952 ms 5/ 893 (0.56%)

```

Ảnh 58. Pc4 nhận các gói tin từ pc4

## IV. Triển khai QoS

- Thiết lập hạn chế băng thông của kết nối R2 – R7 (NIC 4) là 10Mbps:

```

NIC 4:          MAC: 08:00:27:E8:02:04, Attachment: Internal Network 'lan27', Cable connected: on, Trace: off (file: none),
Type: 82540EM, Reported speed: 0 Mbps, Boot priority: 0, Promisc Policy: deny, Bandwidth group: Limit10m
NIC 5:          disabled
NIC 6:          disabled
NIC 7:          disabled
NIC 8:          disabled

```

Ảnh 59. Giới hạn băng thông của kết nối tại R2

- Áp dụng qdisc prio vào kết nối mạng enp0s10 (interface kết nối R2 – R7 tại R2) với 3 hàng đợi mặc định mức ưu tiên từ thấp đến cao:

```

router1@R2:~$ sudo tc class show dev enp0s10
router1@R2:~$ sudo tc filter show dev enp0s10
router1@R2:~$ sudo tc qdisc add dev enp0s10 root handle 1: prio
router1@R2:~$ sudo tc qdisc show dev enp0s10
qdisc prio 1: root refcnt 2 bands 3 priomap 1 2 2 2 1 2 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
router1@R2:~$ sudo tc class show dev enp0s10
class prio 1:1 parent 1:
class prio 1:2 parent 1:
class prio 1:3 parent 1:

```

*Ảnh 60. Áp dụng qdisc prio tại R2*

- Thiết lập băng thông cho các class:

```

router1@R2:~$ sudo tc qdisc show dev enp0s10
qdisc prio 1: root refcnt 2 bands 3 priomap 1 2 2 2 1 2 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
qdisc tbf 30: parent 1:3 rate 1Mbit burst 3000b lat 48.0ms
qdisc tbf 20: parent 1:2 rate 500Kbit burst 3000b lat 32.0ms

```

*Ảnh 61. Thiết lập băng thông cho các class*

- Khai báo 3 filter dựa trên địa chỉ IP nguồn/đích để quyết định gói tin sẽ được xử lý theo class nào. Cụ thể là dòng PC1 – PC3 được gán cho class 1:1, dòng PC2 – PC4 được gán cho class 1:2 và dòng R2 – R7 được gán cho class 1:3

```

router1@R2:~$ sudo tc filter add dev enp0s10 parent 1: protocol ip u32 match ip src 192.168.11.10 flowid 1:1
router1@R2:~$ sudo tc filter add dev enp0s10 parent 1: protocol ip u32 match ip src 192.168.12.2 flowid 1:2
router1@R2:~$ sudo tc filter add dev enp0s10 parent 1: protocol ip u32 match ip dst 130.0.1.7 flowid 1:3
router1@R2:~$ sudo tc filter show dev enp0s10
filter parent 1: protocol ip pref 49150 u32 chain 0
filter parent 1: protocol ip pref 49150 u32 chain 0 fh 802: ht divisor 1
filter parent 1: protocol ip pref 49150 u32 chain 0 fh 802::800 order 2048 key ht 802 bkt 0 flowid 1:3 not_in_hw
    match 82000107/ffffffff at 16
filter parent 1: protocol ip pref 49151 u32 chain 0
filter parent 1: protocol ip pref 49151 u32 chain 0 fh 801: ht divisor 1
filter parent 1: protocol ip pref 49151 u32 chain 0 fh 801::800 order 2048 key ht 801 bkt 0 flowid 1:2 not_in_hw
    match c0a80c02/ffffffff at 12
filter parent 1: protocol ip pref 49152 u32 chain 0
filter parent 1: protocol ip pref 49152 u32 chain 0 fh 800: ht divisor 1
filter parent 1: protocol ip pref 49152 u32 chain 0 fh 800::800 order 2048 key ht 800 bkt 0 flowid 1:1 not_in_hw
    match c0a80b0a/ffffffff at 12

```

*Ảnh 62. Khai báo các filter trên R2*

- Chạy lại đồng thời 3 luồng (H1 – H3: class 1, H2 – H4: class 2 và R2 – R7: class 3) thì thấy băng thông H1 – H3 đã được đảm bảo, không bị 2 luồng cạnh tranh kia làm ảnh hưởng. Còn băng thông của luồng H2 – H4 và R2 – R7 bị giới hạn đúng như thiết lập trong class tương ứng là 500Kbps và 1Mbps.

```

pc3 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc3:~$ iperf -s -i 1
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 128 KByte (default)
[ 4] local 192.168.13.3 port 5001 connected with 192.168.11.10 port 60544
[ ID] Interval Transfer Bandwidth
[ 4] 0.0- 1.0 sec 741 KBytes 6.07 Mbits/sec
[ 4] 1.0- 2.0 sec 793 KBytes 6.50 Mbits/sec
[ 4] 2.0- 3.0 sec 850 KBytes 6.96 Mbits/sec
[ 4] 3.0- 4.0 sec 769 KBytes 6.30 Mbits/sec
[ 4] 4.0- 5.0 sec 905 KBytes 7.41 Mbits/sec
[ 4] 5.0- 6.0 sec 974 KBytes 7.98 Mbits/sec
[ 4] 6.0- 7.0 sec 1.07 MBytes 8.99 Mbits/sec
[ 4] 7.0- 8.0 sec 977 KBytes 8.00 Mbits/sec
[ 4] 8.0- 9.0 sec 1.18 MBytes 9.86 Mbits/sec
[ 4] 9.0-10.0 sec 1.09 MBytes 9.11 Mbits/sec
[ 4] 10.0-11.0 sec 1.10 MBytes 9.23 Mbits/sec
[ 4] 11.0-12.0 sec 1.07 MBytes 8.99 Mbits/sec
[ 4] 12.0-13.0 sec 1.09 MBytes 9.13 Mbits/sec
[ 4] 13.0-14.0 sec 1.12 MBytes 9.37 Mbits/sec
[ 4] 0.0-14.7 sec 14.2 MBytes 8.10 Mbits/sec

```

Ảnh 63. Pc3 nhận các gói tin từ pc1

```

pc4 [Running] - Oracle VM VirtualBox
File Machine View Input Devices Help
router1@pc4:~$ iperf -s -i 1
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 128 KByte (default)
[ 4] local 192.168.14.4 port 5001 connected with 192.168.12.2 port 53808
[ ID] Interval Transfer Bandwidth
[ 4] 0.0- 1.0 sec 62.2 KBytes 510 Kbits/sec
[ 4] 1.0- 2.0 sec 58.0 KBytes 475 Kbits/sec
[ 4] 2.0- 3.0 sec 58.0 KBytes 475 Kbits/sec
[ 4] 3.0- 4.0 sec 59.4 KBytes 487 Kbits/sec
[ 4] 4.0- 5.0 sec 58.0 KBytes 475 Kbits/sec
[ 4] 5.0- 6.0 sec 58.0 KBytes 475 Kbits/sec

```

Ảnh 64. Pc4 nhận các gói tin từ pc2

```
File Machine View Input Devices Help
router1@R7:~$ iperf -s -i 1
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 128 KByte (default)
-----
[ 4] local 130.0.1.7 port 5001 connected with 130.0.1.2 port 43914
[ ID] Interval Transfer Bandwidth
[ 4] 0.0- 1.0 sec 120 KBytes 985 Kbits/sec
[ 4] 1.0- 2.0 sec 116 KBytes 950 Kbits/sec
[ 4] 2.0- 3.0 sec 117 KBytes 961 Kbits/sec
[ 4] 3.0- 4.0 sec 117 KBytes 961 Kbits/sec
[ 4] 4.0- 5.0 sec 116 KBytes 950 Kbits/sec
```

Ảnh 65. R7 nhận các gói tin từ R2

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Slide môn học + thực hành: <https://soict.daotao.ai/courses/course-v1:SoICT+IT4651+HoangPH/course/>
2. <https://thuthuatnet.com/>
3. <http://legiacong.blogspot.com/>