

Thiết kế & triển khai mạng IP

Bài thực hành số 2: Dynamic routing (version 4.0)

Update:

- Version 4.0 (5/2024): bổ sung khai báo policy cho BGP (cần thiết cho frr version 7.5 trở lên)

Mục lục

1	Chuẩn bị môi trường	2
2	Cài đặt routing protocol cho router	2
3	Thiết lập kết nối liên mạng bằng RIP	2
3.1	Cấu hình các router với RIP	3
3.2	Kiểm tra các tình huống đáp ứng topo mạng của RIP	5
3.3	Theo dõi các gói tin RIP	7
3.4	Phân tích xử lý Route Poisoning	8
4	Kết nối liên mạng với OSPF Single Area.....	8
4.1	Cấu hình các router OSPF trong một area.....	9
4.2	Kiểm tra tính đáp ứng link state của OSPF	10
4.3	Xem các dữ liệu OSPF	13
5	Thiết lập kết nối liên mạng bằng OSPF Multi Area.....	14
5.1	Cấu hình OSPF multi area	14
5.2	Vai trò của Summary-LSA và tối ưu loan báo LSA giữa các phân vùng	15
5.3	Cập nhật đường đi ngắn nhất giữa các phân vùng.....	17
5.4	External-LSA.....	18
5.5	Tối ưu OSPF Multi Area với Stub Area.....	20
5.6	Tối ưu OSPF Multi Area với Stub Area.....	22
6	Kết nối liên vùng (inter-AS) với BGP	23
6.1	BGP export định tuyến nội bộ ra bên ngoài AS	23
6.2	BGP routing policies.....	26
6.3	Tích hợp BGP với IGP	29
6.4	eBGP và iBGP	33

1 Chuẩn bị môi trường

Tham khảo:

- <https://users.soict.hust.edu.vn/hoangph/textbook/ch01-4.html>
- <https://users.soict.hust.edu.vn/hoangph/textbook/ch01-5.html>

2 Cài đặt routing protocol cho router

1. Theo bài thực hành số 1, đảm bảo các router đã được cấu hình địa chỉ IP và kết nối được Internet (kiểm tra *ping* 8.8.8.8)
2. Thiết lập DNS server là 8.8.8.8 và kiểm tra *ping google.com*:

```
~$ sudo nano /etc/resolv.conf
nameserver 8.8.8.8
~$ ping google.com
PING google.com (142.251.220.110) 56(84) bytes of data.
64 bytes from hkg07s52-in-f14.1e100.net (142.251.220.110): icmp_seq=3 ttl=113 time=316 ms
64 bytes from hkg07s52-in-f14.1e100.net (142.251.220.110): icmp_seq=4 ttl=113 time=358 ms
```

3. Cài đặt gói phần mềm *frr* để hỗ trợ dynamic routing cho các router

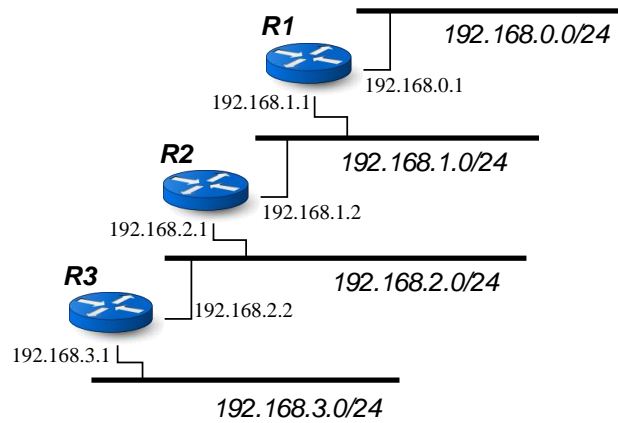
```
hp@R1:~$ sudo apt-get install frr
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following additional packages will be installed:
  frr-pythontools libc-ares2 libyang0.16
Suggested packages:
  frr-doc
The following NEW packages will be installed:
  frr frr-pythontools libc-ares2 libyang0.16
0 upgraded, 4 newly installed, 0 to remove and 47 not upgraded.
Need to get 2,796 kB of archives.
After this operation, 10.4 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] y
Get:1 http://vn.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libc-ares2 amd64 1.15.0-1ubuntu0.4 [36.9 kB]
Get:2 http://vn.archive.ubuntu.com/ubuntu focal/universe amd64 libyang0.16 amd64 0.16.105-3build1 [391 kB]
Get:3 http://vn.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/universe amd64 frr amd64 7.2.1-1ubuntu0.2 [2,350 kB]
86% [3 frr 2,226 kB/2,350 kB 95%]
. . .
```

4. Kiểm tra service *frr* đã chạy bằng lệnh *systemctl*:

```
hp@R1:~$ sudo systemctl status frr
● frr.service - FRRouting
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/frr.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Mon 2023-10-23 06:51:30 UTC; 2s ago
     Docs: https://frrouting.readthedocs.io/en/latest/setup.html
   Process: 2451 ExecStart=/usr/lib/frr/frrinit.sh start (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Tasks: 8 (limit: 2257)
   Memory: 8.7M
   CGroup: /system.slice/frr.service
           └─2476 /usr/lib/frr/watchfrr -d zebra ripd staticd
             └─2492 /usr/lib/frr/zebra -d -A 127.0.0.1 -s 90000000
               └─2497 /usr/lib/frr/ripd -d -A 127.0.0.1
                 └─2501 /usr/lib/frr/staticd -d -A 127.0.0.1
```

3 Thiết lập kết nối liên mạng bằng RIP

Sơ đồ mạng:



3.1 Cấu hình các router với RIP

1. Sửa cấu hình *frr* để bật daemon RIP trên các router, khởi động lại service *frr* và kiểm tra *frr service RIP* đã chạy:

```
hp@R1:~$ sudo nano /etc/frr/daemons
.
.
.
ripd=yes
.
.
.
vtysh_enable=yes
.
.
.
hp@R1:~$ sudo systemctl restart frr
hp@R1:~$ sudo systemctl status frr
● frr.service - FRRouting
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/frr.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Thu 2023-10-26 11:57:27 UTC; 4s ago
     Docs: https://frrouting.readthedocs.io/en/latest/setup.html
   Process: 1251 ExecStart=/usr/lib/frr/frrinit.sh start (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Main PID: 1262 (watchfrr)
   Status: "FRR Operational"
     Tasks: 9 (limit: 1013)
    Memory: 11.3M
       CPU: 372ms
    CGroup: /system.slice/frr.service
            └─1262 /usr/lib/frr/watchfrr -d -F traditional zebra ripd staticd
               └─1278 /usr/lib/frr/zebra -d -F traditional -A 127.0.0.1 -s 90000000
                  └─1283 /usr/lib/frr/ripd -d -F traditional -A 127.0.0.1
                     └─1286 /usr/lib/frr/staticd -d -F traditional -A 127.0.0.1
```

2. Cấu hình RIP trên các router R1 bằng *vttysh* để kích hoạt RIP trên các network:

```
hp@R1:~$ sudo vtysh

Hello, this is FRRouting (version 8.1).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

R1# configure
R1(config)# router rip
R1(config-router)# network 192.168.0.0/24
R1(config-router)# network 192.168.1.0/24
R1(config-router)# exit
R1(config)# exit
R1# write
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
R1# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname R1
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
router rip
```

```

network 192.168.0.0/24
network 192.168.1.0/24
exit
!
end

```

3. Cấu hình RIP trên các router R2 bằng *vttysh* để kích hoạt RIP trên các network (làm tương tự với router R3):

```

hp@R2:~$ sudo vtysh

Hello, this is FRRouting (version 8.1).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

R2# configure
R2(config)# router rip
R2(config-router)# network 192.168.1.0/24
R2(config-router)# network 192.168.2.0/24
R2(config-router)# exit
R2(config)# exit
R2# write
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
R2# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname R2
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
router rip
 network 192.168.1.0/24
 network 192.168.2.0/24
exit
!
end

```

4. Xem thông tin Data Plane của RIP trên R1, thấy “đường đi” đến các prefix (network) ở xa đã được tự động cập nhật vào bảng routing:

```

R1# show ip route
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

K>* 0.0.0.0/0 [0/100] via 10.0.2.2, enp0s3, src 10.0.2.15, 00:14:36
C>* 10.0.2.0/24 [0/100] is directly connected, enp0s3, 00:14:36
K>* 10.0.2.2/32 [0/100] is directly connected, enp0s3, 00:14:36
C>* 192.168.0.0/24 is directly connected, enp0s8, 00:14:36
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, enp0s9, 00:14:36
R>* 192.168.2.0/24 [120/2] via 192.168.1.2, enp0s9, weight 1
R>* 192.168.3.0/24 [120/2] via 192.168.1.2, enp0s9, weight 1

```

5. Có thể thoát khỏi *vttysh* và xem Data Plan (routing table) với lệnh *route -n*:

```

hp@R1:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway         Genmask        Flags Metric Ref    Use Iface
0.0.0.0          10.0.2.2       0.0.0.0        UG      100    0      0 enp0s3
10.0.2.0         0.0.0.0        255.255.255.0  U       100    0      0 enp0s3
10.0.2.2         0.0.0.0        255.255.255.255 UH      100    0      0 enp0s3
192.168.0.0      0.0.0.0        255.255.255.0  U        0      0      0 enp0s8
192.168.1.0      0.0.0.0        255.255.255.0  U        0      0      0 enp0s9
192.168.2.0      192.168.1.2    255.255.255.0  UG      20     0      0 enp0s9
192.168.3.0      192.168.1.2    255.255.255.0  UG      30     0      0 enp0s9

```

6. Chú ý kiểm tra và bật trạng thái routing cho các router bằng cấu hình *ip_forward*

```

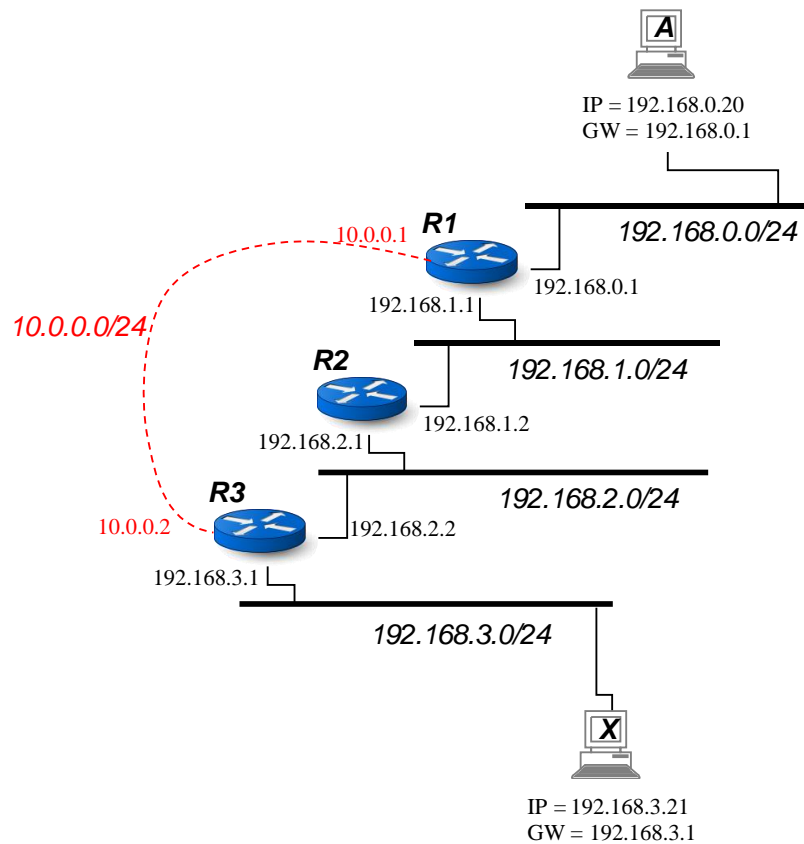
> sysctl net.ipv4.ip_forward
net.ipv4.ip_forward = 1

```

7. Kiểm tra kết nối liên mạng bằng ping

3.2 Kiểm tra các tình huống đáp ứng topo mạng của RIP

Thêm kết nối trực tiếp giữa R1 và R3 và kiểm tra các thay đổi routing của RIP.



1. Thêm các trạm làm việc A trong mạng 192.168.0.0/24 và X trong mạng 192.168.3.0/24. Cấu hình IP & gateway. Kiểm tra kết nối từ các trạm này đến gateway tương ứng bằng *ping* và kiểm tra giữa A & X bằng *ping*.
2. Kiểm tra đường đi gói tin từ A sang X:

```
hp@pcA:~$ tracepath -n 192.168.3.21
1?: [LOCALHOST] pmtu 1500
1: 192.168.0.1
2: 192.168.1.2
3: 192.168.2.2
4: 192.168.3.21
```

3. Bổ sung Network Adapter cho router R1 & R3, đặt kết nối là Internal Network "serial"
4. Thiếp lập địa chỉ IP mạng 10.0.0.0/24 cho các kết nối của router R1 & R3

```
hp@R1:~$ ifconfig enp0s3
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.0.1 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.0.255
    inet6 fe80::a00:27ff:fe3e:101 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 08:00:27:3e:01:01 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 48 bytes 16010 (16.0 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 96 bytes 12589 (12.5 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

hp@R3:~$ ifconfig enp0s3
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.0.2 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.0.255
    inet6 fe80::a00:27ff:fe75:301 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 08:00:27:75:03:01 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 19 bytes 5216 (5.2 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 64 bytes 8521 (8.5 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

5. Kiểm tra kết nối trực tiếp giữa R1 và R3 qua đường serial vừa kết nối bằng lệnh `ping -I enp0s3` (tham số `-I` để chỉ định kết nối mạng cho `ping` sử dụng):

```
hp@R1:~$ ping 10.0.0.2 -I enp0s3
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) from 10.0.0.1 enp0s3: 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.791 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.01 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.371 ms
```

6. Bổ sung mạng 10.0.0.0/24 vào danh sách các network được kích hoạt RIP trên 2 router R1 và R3:

```
hp@R1:~$ sudo vtysh

Hello, this is FRRouting (version 8.1).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.
```

```
R1# show running-config
Building configuration...
```

```
Current configuration:
!
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname R1
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
```

```
router rip
 network 192.168.0.0/24
 network 192.168.1.0/24
exit
!
```

```
end
R1# configure
R1(config)# router rip
R1(config-router)# network 10.0.0.0/24
R1(config-router)# exit
R1(config)# exit
R1# show running-config
Building configuration...
```

```
Current configuration:
!
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname R1
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
```

```
router rip
 network 192.168.0.0/24
 network 192.168.1.0/24
 network 10.0.0.0/24
exit
!
```

```
end
R1# write
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

7. Kiểm tra bảng routing được cập nhật trên R1 và R3. Đường đi đến các mạng ở xa đã được tự động lựa chọn chuyển sang đường đi ngắn hơn (qua mạng serial 10.0.0.0)

```
hp@R1:~$ route -n
Kernel IP routing table

```

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
10.0.0.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s3
192.168.0.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s8
192.168.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s9
192.168.2.0	192.168.1.2	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s9
192.168.3.0	10.0.0.2	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s3

```
hp@R3:~$ route -n
Kernel IP routing table

```

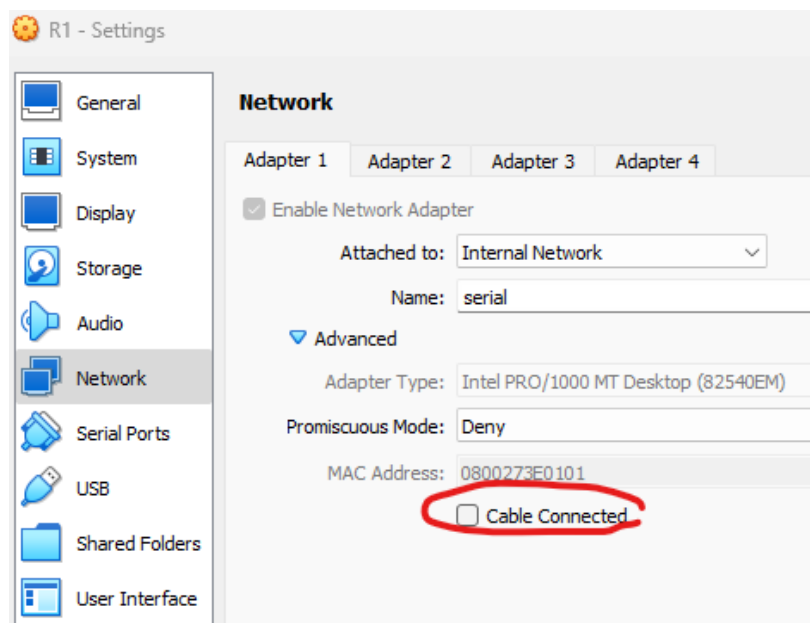
Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
-------------	---------	---------	-------	--------	-----	-----	-------

10.0.0.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s3
192.168.0.0	10.0.0.1	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s3
192.168.1.0	192.168.2.1	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s8
192.168.2.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s8
192.168.3.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s9

- Có thể kiểm tra đường đi từ A sang X để thấy mạng 10.0.0.0 được sử dụng khi chuyển tiếp các gói tin, thay vì đi qua R2 như cũ:

```
hp@pcA:~$ tracepath -n 192.168.3.21
1?: [LOCALHOST] pmtu 1500
1: 192.168.0.1
2: 10.0.0.2
3: 192.168.3.21
```

- Ngắt kết nối *serial* giữa R1 và R3 bằng cách vào VirtualBox, mở network setting của R1 hoặc R3, chọn kết nối serial và bỏ check "Cable Connected"



- Đợi một khoảng thời gian để RIP cập nhật routing theo topo mạng mới, hoặc restart service *frr*. Kiểm tra bảng routing thấy đường đi qua 10.0.0.0 đã được thay đổi lại thành đường đi qua R2:

```
hp@R3:~$ sudo systemctl restart frr
hp@R3:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination Gateway Genmask Flags Metric Ref Use Iface
10.0.0.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 enp0s3
192.168.0.0 192.168.2.1 255.255.255.0 UG 20 0 0 enp0s8
192.168.1.0 192.168.2.1 255.255.255.0 UG 20 0 0 enp0s8
192.168.2.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 enp0s8
192.168.3.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 enp0s9
192.168.56.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 enp0s10
```

- Có thể kiểm tra đường đi từ A đến X bằng lệnh *tracepath* để thấy gói tin IP đã được chuyển tiếp qua R2.

3.3 Theo dõi các gói tin RIP

- Bắt gói tin tại kết nối giữa R1 với R2 bằng *tcpdump*:

```
hp@R1:~$ sudo tcpdump -i enp0s9 -nv
```

- Tại router láng giềng (R2), khởi động lại service *frr* để 2 router bắt đầu phiên liên lạc RIP:

```
hp@R2:~$ sudo systemctl restart frr
```

- Quan sát *tcpdump* bên R1, xuất hiện các gói tin trao đổi giữa R1 và R2 trong phiên liên lạc RIP:

```
hp@R1:~$ sudo tcpdump -i enp0s9 -nv
```

```

09:48:48.323276 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 0, offset 0, flags [DF], proto IGMP (2), length 40, options (RA))
  192.168.1.2 > 224.0.0.22: igmp v3 report, 1 group record(s) [gaddr 224.0.0.9 to_in, 0 source(s)]
09:48:49.014044 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 0, offset 0, flags [DF], proto IGMP (2), length 40, options (RA))
  192.168.1.2 > 224.0.0.22: igmp v3 report, 1 group record(s) [gaddr 224.0.0.9 to_in, 0 source(s)]
09:48:49.233605 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 47469, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 52)
  192.168.1.1.520 > 224.0.0.9.520:
    RIPv2, Response, length: 24, routes: 1 or less
      AFI IPv4, 192.168.0.0/24, tag 0x0000, metric: 1, next-hop: self
09:48:49.704845 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 43802, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 52)
  192.168.1.2.520 > 224.0.0.9.520:
    RIPv2, Request, length: 24, routes: 1 or less
      AFI 0, 0.0.0.0/0, tag 0x0000, metric: 16, next-hop: self
09:48:49.704920 IP (tos 0xc0, ttl 64, id 21517, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 52)
  192.168.1.1.520 > 192.168.1.2.520:
    RIPv2, Response, length: 24, routes: 1 or less
      AFI IPv4, 192.168.0.0/24, tag 0x0000, metric: 1, next-hop: self
09:48:49.713494 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 0, offset 0, flags [DF], proto IGMP (2), length 40, options (RA))
  192.168.1.2 > 224.0.0.22: igmp v3 report, 1 group record(s) [gaddr 224.0.0.9 to_ex, 0 source(s)]
09:48:50.677928 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 0, offset 0, flags [DF], proto IGMP (2), length 40, options (RA))
  192.168.1.2 > 224.0.0.22: igmp v3 report, 1 group record(s) [gaddr 224.0.0.9 to_ex, 0 source(s)]
09:49:13.233946 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 53260, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 52)
  192.168.1.1.520 > 224.0.0.9.520:
    RIPv2, Response, length: 24, routes: 1 or less
      AFI IPv4, 192.168.0.0/24, tag 0x0000, metric: 1, next-hop: self
09:49:33.514136 IP6 (flowlabel 0x195e0, hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 16)
fe80::a00:27ff:fe18:103 > ff02::2: [icmp6 sum ok] ICMP6, router solicitation, length 16
  source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:18:01:03
09:49:42.236223 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 58304, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 52)
  192.168.1.1.520 > 224.0.0.9.520:
    RIPv2, Response, length: 24, routes: 1 or less
      AFI IPv4, 192.168.0.0/24, tag 0x0000, metric: 1, next-hop: self
09:50:14.237431 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 60611, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 52)
  192.168.1.1.520 > 224.0.0.9.520:
    RIPv2, Response, length: 24, routes: 1 or less
      AFI IPv4, 192.168.0.0/24, tag 0x0000, metric: 1, next-hop: self
09:50:37.239783 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 60756, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 52)
  192.168.1.1.520 > 224.0.0.9.520:
    RIPv2, Response, length: 24, routes: 1 or less
      AFI IPv4, 192.168.0.0/24, tag 0x0000, metric: 1, next-hop: self

```

- Trong các gói tin trao đổi giữa R1 và R2, một số gói tin IGMP phục vụ liên kết láng giềng (theo cơ chế multicast) và một số gói tin RIP phục vụ trao đổi thông tin các RTE. Sinh viên cần tự phân tích các nội dung gói tin và tham chiếu với các nội dung lý thuyết.

3.4 Phân tích xử lý Route Poisoning

- Thiết lập topo mạng bao gồm có đường kết nối serial giữa R1 và R3, kiểm tra đường đi serial này được RIP tính toán áp dụng cho đường đi giữa R1 và R3 (không đi qua R2):

```

hp@R3:~$ route -n
Kernel IP routing table

```

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
10.0.0.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s3
192.168.0.0	10.0.0.1	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s3
192.168.1.0	192.168.2.1	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s8
192.168.2.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s8
192.168.3.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s9

- Ngắt kết nối serial giữa R1 & R3 và theo dõi các gói tin RIP gửi từ R1 sang R2 thấy xuất hiện các gói tin RIP chứa các RTE có metric 16 (tức là vô cùng):

```

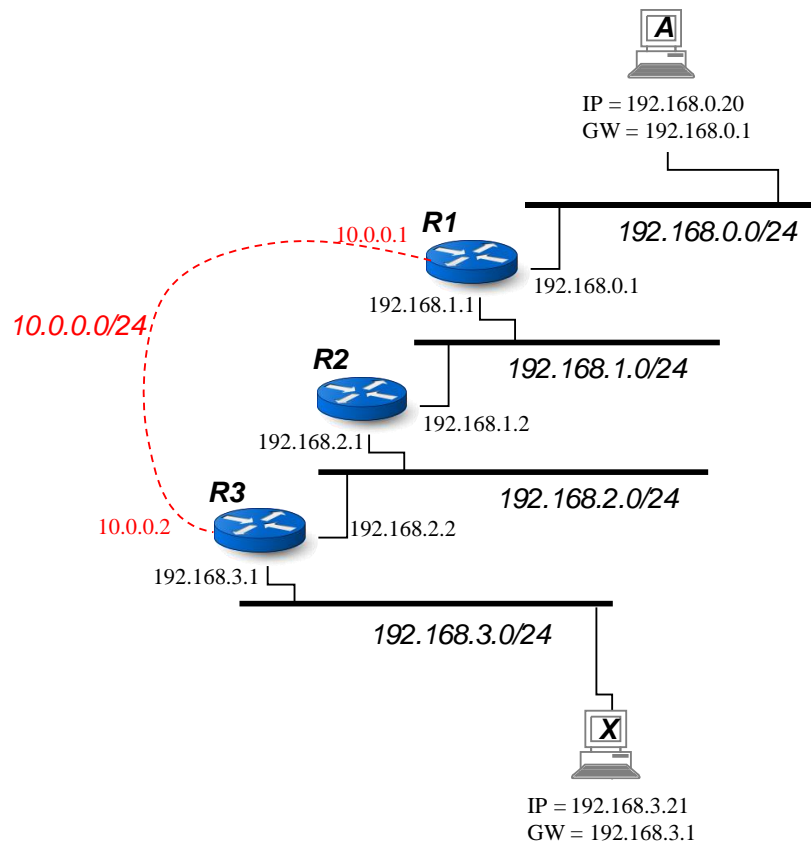
hp@R2:~$ sudo tcpdump -i enp0s8 -nv
10:23:57.963533 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 40915, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 92)
  192.168.1.1.520 > 224.0.0.9.520:
    RIPv2, Response, length: 64, routes: 3 or less
      AFI IPv4, 10.0.0.0/24, tag 0x0000, metric: 16, next-hop: self
      AFI IPv4, 192.168.2.0/24, tag 0x0000, metric: 16, next-hop: self
      AFI IPv4, 192.168.3.0/24, tag 0x0000, metric: 16, next-hop: self

```

- Sinh viên cần phân tích các giá trị trong các gói tin để giải thích cơ chế rout poisoning.

4 Kết nối liên mạng với OSPF Single Area

Tiếp tục sử dụng sơ đồ mạng như trong phần trên:



Chú ý phần này cần thao tác với các kết nối mạng của router nên thiết lập địa chỉ MAC theo qui tắc dễ nhớ:

Sửa địa chỉ MAC của các router theo qui tắc xx:xx:xx:xx:0x:0y trong đó x là mã số router, y là mã số kết nối mạng.

Ví dụ:

```
R1.Network Adapter 1 → xx:xx:xx:xx:01:01
R1.Network Adapter 2 → xx:xx:xx:xx:01:02
R2.Network Adapter 1 → xx:xx:xx:xx:02:01
R3.Network Adapter 2 → xx:xx:xx:xx:03:02
```

4.1 Cấu hình các router OSPF trong một area

1. Sửa cấu hình *frr* để bật tắt daemon RIP và bật OSPF trên các router. Để tránh các thông số cấu hình bị lẫn lộn giữa IPv4 và IPv6, tắt service *ospfd6*. Khởi động lại service *frr* và kiểm tra *frr service OSPF* đã chạy:

```
hp@R1:~$ sudo nano /etc/frr/daemons
...
ospfd=yes
ospfd6=no
ripd=no
...
vtysh_enable=yes
...
hp@R1:~$ sudo systemctl restart frr
hp@R1:~$ sudo systemctl status frr
● frr.service - FRRouting
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/frr.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Thu 2023-11-02 11:15:47 UTC; 4s ago
     Docs: https://frrouting.readthedocs.io/en/latest/setup.html
  Process: 1032 ExecStart=/usr/lib/frr/frrinit.sh start (code=exited, status=0/SUCCESS)
 Main PID: 1042 (watchfrr)
    Status: "FRR Operational"
     Tasks: 9 (limit: 1013)
    Memory: 13.4M
       CPU: 381ms
    CGroup: /system.slice/frr.service
            └─1042 /usr/lib/frr/watchfrr -d -F traditional zebra ospfd staticd
              └─1058 /usr/lib/frr/zebra -d -F traditional -A 127.0.0.1 -s 90000000
                └─1063 /usr/lib/frr/ospfd -d -F traditional -A 127.0.0.1
                  └─1066 /usr/lib/frr/staticd -d -F traditional -A 127.0.0.1
```

2. Cấu hình service *ospfd* trên từng router, tất cả đều nằm trong *area 1*. Ví dụ trên R2:

```
hp@R2:~$ sudo vtysh
```

```
Hello, this is FRRouting (version 8.1).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.
```

```
R2# configure
R2(config)# router ospf
R2(config-router)# ospf router-id 2.2.2.2
R2(config-router)# network 192.168.1.0/24 area 1
R2(config-router)# network 192.168.2.0/24 area 1
R2(config-router)# end
R2# show running-config
Building configuration...
```

```
Current configuration:
!
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname R2
log stdout informational
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
router ospf
  ospf router-id 2.2.2.2
  network 192.168.1.0/24 area 1
  network 192.168.2.0/24 area 1
exit
!
end
R2# write
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

3. Làm tương tự với các router R1 và R2. Xem bảng routing thấy các tuyến đường đã được tự động cập nhật:

```
R3# show ip route
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

O>* 192.168.0.0/24 [110/300] via 192.168.2.1, enp0s8, weight 1, 00:05:24
O>* 192.168.1.0/24 [110/200] via 192.168.2.1, enp0s8, weight 1, 00:05:24
O   192.168.2.0/24 [110/100] is directly connected, enp0s8, weight 1, 00:05:34
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, enp0s8, 00:11:21
O   192.168.3.0/24 [110/100] is directly connected, enp0s9, weight 1, 00:05:32
C>* 192.168.3.0/24 is directly connected, enp0s9, 00:11:21
```

4. Có thể thoát khỏi vtysh để xem bảng routing trong Data Plane:

```
hp@R3:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
192.168.0.0      192.168.2.1    255.255.255.0   UG    20     0      0 enp0s8
192.168.1.0      192.168.2.1    255.255.255.0   UG    20     0      0 enp0s8
192.168.2.0      0.0.0.0        255.255.255.0   U     0      0      0 enp0s8
192.168.3.0      0.0.0.0        255.255.255.0   U     0      0      0 enp0s9
```

4.2 Kiểm tra tính đáp ứng link state của OSPF

1. Bổ sung kết nối đường serial giữa R1 với R3 và cấu hình địa chỉ IP 10.0.0.0/24:

```
hp@R1:~$ ifconfig enp0s3
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.0.1 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.0.255
    inet6 fe80::a00:27ff:fe3e:101 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 08:00:27:3e:01:01 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 10 bytes 834 (834.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 28 bytes 2130 (2.1 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

hp@R3:~$ ifconfig enp0s3
```

```

enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.0.2 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.0.255
    inet6 fe80::a00:27ff:fe75:301 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 08:00:27:75:03:01 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 10 bytes 814 (814.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 32 bytes 2474 (2.4 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

```

2. Bổ sung mạng 10.0.0.0/24 vào *area 1* trên R1 và R3:

```

R1# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname R1
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
router ospf
  ospf router-id 1.1.1.1
  network 10.0.0.0/24 area 1
  network 192.168.0.0/24 area 1
  network 192.168.1.0/24 area 1
exit
!
End

```

```

R3# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname R3
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
router ospf
  ospf router-id 3.3.3.3
  network 10.0.0.0/24 area 1
  network 192.168.2.0/24 area 1
  network 192.168.3.0/24 area 1
exit
!
End

```

3. Xem bảng routing thấy tự động cập nhật theo kết nối serial vừa thêm: từ R1 đi đến mạng 192.168.3.0/24 thì đi quá serial, không qua R2. Còn từ R1 đi đến 192.168.2.0/24 thì có 2 đường đi – qua serial hoặc qua R2 (2 phương án này có tổng cost bằng nhau do Virtualbox mặc định đặt các kết nối mạng đều là 1Mbps):

```

R1# show ip route
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

O    192.168.0.0/24 [110/100] is directly connected, enp0s8, weight 1, 00:22:45
C>*  192.168.0.0/24 is directly connected, enp0s8, 00:28:10
O    192.168.1.0/24 [110/100] is directly connected, enp0s9, weight 1, 00:23:50
C>*  192.168.1.0/24 is directly connected, enp0s9, 00:28:10
O>*  192.168.2.0/24 [110/200] via 10.0.0.2, enp0s3, weight 1, 00:00:10
    *                               via 192.168.1.2, enp0s9, weight 1, 00:00:10
O>*  192.168.3.0/24 [110/200] via 10.0.0.2, enp0s3, weight 1, 00:00:10

```

4. Cập nhật lại đường serial nối R1-R3 có bandwidth 64Kbps:

```

R1# configure
R1(config)# interface enp0s3
R1(config-if)# bandwidth 64

```

```

R1(config-if)# end
R1# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname R1
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
interface enp0s3
  bandwidth 64
exit
!
router ospf
  ospf router-id 1.1.1.1
  network 192.168.0.0/24 area 1
  network 192.168.1.0/24 area 1
exit
!
End

```

```

R3# configure
R3(config)# interface enp0s3
R3(config-if)# bandwidth 64
R3(config-if)# end
R3# show running-config
Building configuration...

```

```

Current configuration:
!
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname R3
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
interface enp0s3
  bandwidth 64
exit
!
router ospf
  ospf router-id 3.3.3.3
  network 10.0.0.0/24 area 1
  network 192.168.2.0/24 area 1
  network 192.168.3.0/24 area 1
exit
!
End

```

5. Xem cost của các kết nối mạng sẽ thấy được cập nhật theo bandwidth. Các kết nối LAN có cost 100 và kết nối serial có cost 1563

```

R1# show ip ospf interface
enp0s3 is up
  ifindex 2, MTU 1500 bytes, BW 1544 Mbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.0.1/24, Broadcast 10.0.0.255, Area 0.0.0.1
  MTU mismatch detection: enabled
  Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1563
  Transmit Delay is 1 sec, State Backup, Priority 1
  Designated Router (ID) 3.3.3.3 Interface Address 10.0.0.2/24
  Backup Designated Router (ID) 1.1.1.1, Interface Address 10.0.0.1
  Multicast group memberships: OSPFAllRouters OSPFDesignatedRouters
  Timer intervals configured, Hello 10s, Dead 40s, Wait 40s, Retransmit 5
    Hello due in 5.093s
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
enp0s8 is up
  ifindex 3, MTU 1500 bytes, BW 1000 Mbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 192.168.0.1/24, Broadcast 192.168.0.255, Area 0.0.0.1
  MTU mismatch detection: enabled
  Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 100
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
  Designated Router (ID) 1.1.1.1 Interface Address 192.168.0.1/24
  No backup designated router on this network
  Multicast group memberships: OSPFAllRouters OSPFDesignatedRouters

```

```

Timer intervals configured, Hello 10s, Dead 40s, Wait 40s, Retransmit 5
  Hello due in 4.854s
Neighbor Count is 0, Adjacent neighbor count is 0
enp0s9 is up
ifindex 4, MTU 1500 bytes, BW 1000 Mbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
Internet Address 192.168.1.1/24, Broadcast 192.168.1.255, Area 0.0.0.1
MTU mismatch detection: enabled
Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 100
Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
Designated Router (ID) 1.1.1.1 Interface Address 192.168.1.1/24
Backup Designated Router (ID) 2.2.2.2, Interface Address 192.168.1.2
Saved Network-LSA sequence number 0x80000002
Multicast group memberships: OSPFAllRouters OSPFDesignatedRouters
Timer intervals configured, Hello 10s, Dead 40s, Wait 40s, Retransmit 5
  Hello due in 0.432s
Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1

```

6. Với cost đường serial thay đổi (từ 100 chuyển thành 1563), bảng routing trên R1 được tính toán lại. Đường đi đến mạng 192.168.3.0/24 đã chuyển qua R2 và đường đi đến 192.168.2.0/24 cũng chỉ còn 1 đường qua R2.

```

R1# show ip route
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

O 192.168.0.0/24 [110/100] is directly connected, enp0s8, weight 1, 00:35:43
C>* 192.168.0.0/24 is directly connected, enp0s8, 00:41:08
O 192.168.1.0/24 [110/100] is directly connected, enp0s9, weight 1, 00:36:48
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, enp0s9, 00:41:08
O>* 192.168.2.0/24 [110/200] via 192.168.1.2, enp0s9, weight 1, 00:00:15
O>* 192.168.3.0/24 [110/300] via 192.168.1.2, enp0s9, weight 1, 00:00:15

```

4.3 Xem các dữ liệu OSPF

1. Sử dụng vtysh có thể xem được các thông tin chi tiết trong Control Plane của OSPF.
2. Xem bảng routing:

```

R1# show ip route
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

O 192.168.0.0/24 [110/100] is directly connected, enp0s8, weight 1, 00:22:45
C>* 192.168.0.0/24 is directly connected, enp0s8, 00:28:10
O 192.168.1.0/24 [110/100] is directly connected, enp0s9, weight 1, 00:23:50
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, enp0s9, 00:28:10
O>* 192.168.2.0/24 [110/200] via 10.0.0.2, enp0s3, weight 1, 00:00:10
    * via 192.168.1.2, enp0s9, weight 1, 00:00:10
O>* 192.168.3.0/24 [110/200] via 10.0.0.2, enp0s3, weight 1, 00:00:10

```

3. Xem thông tin các router láng giềng, chú ý router ID được tự động thiết lập bằng giá trị địa chỉ IP lớn nhất trong các network interface của nó, hoặc nhận giá trị do admin cấu hình:

```
R1# show ip ospf neighbor
```

4. Xem thông tin các kết nối mạng của router, chú ý kiểm tra các giá trị liên quan đến trạng thái kết nối:

```
R1# show ip ospf interface
```

5. Xem thông tin link-state database, chú ý các dữ liệu LS age được tăng theo từng giây, LS sequence chỉ tăng khi có phiên bản LSA mới:

```
R1# show ip ospf database
```

6. Xem thông tin chi tiết link-state database theo các router LSA, chú ý số lượng router LSA tương đồng với số router trong hệ thống. Và số link (kết nối) trong mỗi router LSA tương đồng với số kết nối mạng của router này.

```
R1# show ip ospf database router
```

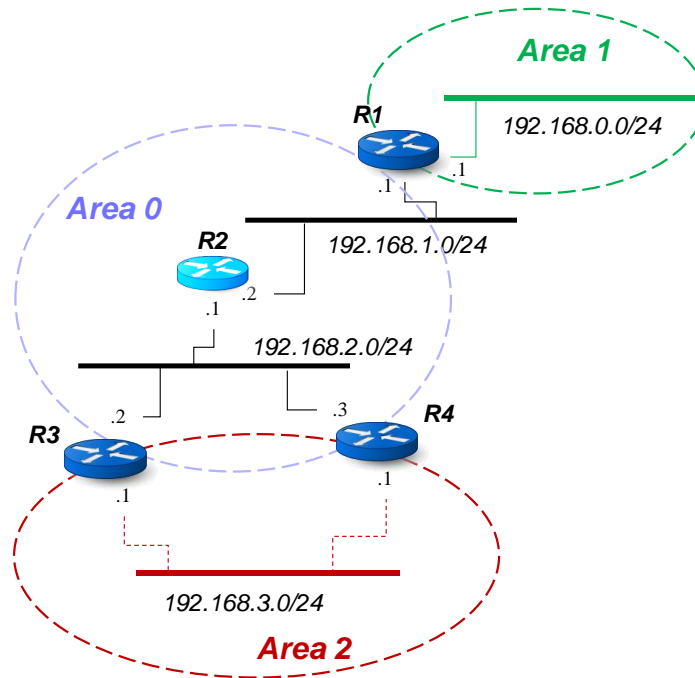
7. Xem thông tin chi tiết link-state database theo các network LSA. Lưu ý số lượng network LSA tương đồng với số lượng network trong hệ thống

```
R1# show ip ospf database network
```

5 Thiết lập kết nối liên mạng bằng OSPF Multi Area

5.1 Cấu hình OSPF multi area

Sơ đồ kết nối mạng như hình vẽ. Sử dụng chia 2 vùng nghiệp vụ (area 1 và area 2) kết nối với nhau bằng vùng backbone (area 0). Kết quả thấy các router được cập nhật đầy đủ đường đi đến tất cả các network trong hệ thống giống như nếu đưa tất cả vào một vùng:



1. Cấu hình OSPF area trong R1:

```
hp@R1:~$ sudo vtysh

R1# show running-config
Building configuration...

router-id 1.1.1.1
!
router ospf
 network 192.168.0.0/24 area 1
 network 192.168.1.0/24 area 0
!
```

2. Cấu hình OSPF area trong R2:

```
hp@R2:~$ sudo vtysh

R2# show running-config
Building configuration...

router-id 2.2.2.2
!
router ospf
 network 192.168.1.0/24 area 0
 network 192.168.2.0/24 area 0
!
```

3. Cấu hình area trong R3:

```
hp@R3:~$ sudo vtysh
```

```
R3# show running-config
Building configuration...

router-id 3.3.3.3
!
router ospf
 network 192.168.2.0/24 area 0
 network 192.168.3.0/24 area 2
!
```

4. Cấu hình area trong R4:

```
hp@R4:~$ sudo vtysh

R4# show running-config
Building configuration...

router-id 4.4.4.4
!
router ospf
 network 192.168.2.0/24 area 0
 network 192.168.3.0/24 area 2
!
```

5. Xem bảng routing của các router, thấy xuất hiện đủ tất cả các network 192.168.x.x và đường đi được tự động thiết lập cùng với thông số cost đi từ router đến các network:

```
R1# show ip route
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, D - SHARP,
       F - PBR, f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued route, r - rejected route

O 192.168.0.0/24 [110/100] is directly connected, enp0s8, 00:08:46
C>* 192.168.0.0/24 is directly connected, enp0s8, 00:08:46
O 192.168.1.0/24 [110/100] is directly connected, enp0s9, 00:07:45
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, enp0s9, 00:08:46
O>* 192.168.2.0/24 [110/200] via 192.168.1.2, enp0s9, 00:07:35
O>* 192.168.3.0/24 [110/300] via 192.168.1.2, enp0s9, 00:07:25
```

5.2 Vai trò của Summary-LSA và tối ưu loan báo LSA giữa các phân vùng

1. Phân tích LS Database trên R1, tập trung vào Area 1. Lưu ý R1 tham gia vào 2 vùng là area 0 (backbone) và area 1 (ngành vụ). Area 1 chỉ có 1 router-LSA do R1 quảng bá và 3 summary-LSA thông báo các network ở bên ngoài Area 1:

```
R1# show ip ospf database

Router Link States (Area 0.0.0.1)

Link ID      ADV Router   Age Seq#       CkSum Link count
1.1.1.1      1.1.1.1     928 0x80000003 0x1763 1

Summary Link States (Area 0.0.0.1)

Link ID      ADV Router   Age Seq#       CkSum Route
192.168.1.0  1.1.1.1     907 0x80000002 0x7a0f 192.168.1.0/24
192.168.2.0  1.1.1.1     897 0x80000001 0x5dc7 192.168.2.0/24
192.168.3.0  1.1.1.1     887 0x80000001 0x3d82 192.168.3.0/24
```

2. Phân tích LS Database trên R1 hoặc R2, tập trung vào Area 0. Ngoài các router-LSA và network-LSA nội bộ trong Area 0, có 3 summary-LSA được loan báo từ Area 1 và Area 2 vào Area 0 để thông báo về các mạng nằm ngoài Area 0 (là 192.168.0.0/24 và 192.168.3.0/24). Chú ý rằng network 192.168.3.0/24 được loan báo bằng 2 ABR là R3 và R4 vào Area 0 nên mặc dù chỉ có 2 network nằm ngoài Area 2 nhưng có 3 summary-LSA được loan báo về thông tin của 2 network này:

```
R2# show ip ospf database

OSPF Router with ID (2.2.2.2)

Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router   Age Seq#       CkSum Link count
1.1.1.1      1.1.1.1     1595 0x80000005 0x6c9e 1
```

```

2.2.2.2      2.2.2.2      1543 0x80000007 0x684c 2
3.3.3.3      3.3.3.3      1544 0x80000005 0xed0b 1
4.4.4.4      4.4.4.4      1543 0x80000005 0xaf40 1

Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router    Age Seq#      CkSum
192.168.1.2  2.2.2.2      1595 0x80000001 0xfade
192.168.2.1  2.2.2.2      1543 0x80000002 0x5d5f

Summary Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router    Age Seq#      CkSum Route
192.168.0.0  1.1.1.1      1656 0x80000001 0x8704 192.168.0.0/24
192.168.3.0  3.3.3.3      1593 0x80000001 0x2a56 192.168.3.0/24
192.168.3.0  4.4.4.4      1547 0x80000001 0xc70 192.168.3.0/24

```

3. Phân tích LS Database trên R3 hoặc R4, tập trung vào Area 2. Ngoài các router-LSA và network-LSA nội bộ trong Area 2, có 6 summary-LSA được loan báo từ Area 0 vào Area 2 để thông báo về 3 mạng nằm ngoài Area 2 (là 192.168.0.0/24, 192.168.1.0/24 và 192.168.2.0/24) bằng 2 ABR là R3 và R4:

```

R3# show ip ospf database

Router Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID      ADV Router    Age Seq#      CkSum Link count
3.3.3.3      3.3.3.3      99 0x80000005 0xf502 1
4.4.4.4      4.4.4.4      114 0x80000005 0xb737 1

Net Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID      ADV Router    Age Seq#      CkSum
192.168.3.1  3.3.3.3      99 0x80000002 0x774c

Summary Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID      ADV Router    Age Seq#      CkSum Route
192.168.0.0  3.3.3.3      119 0x80000002 0x2099 192.168.0.0/24
192.168.0.0  4.4.4.4      104 0x80000002 0x02b3 192.168.0.0/24
192.168.1.0  3.3.3.3      129 0x80000002 0x2af2 192.168.1.0/24
192.168.1.0  4.4.4.4      94 0x80000002 0xc0d 192.168.1.0/24
192.168.2.0  3.3.3.3      159 0x80000003 0x314e 192.168.2.0/24
192.168.2.0  4.4.4.4      54 0x80000003 0x1368 192.168.2.0/24

```

4. Thay đổi bandwidth của mạng 192.168.0.0/24 trong Area 1. Mỗi khi thay đổi bandwidth, xem LS database trong Area 2 trên R3 thấy không xuất hiện router-LSA và network-LSA (các giá trị Seq# của các LSA này giữ nguyên). Chỉ có summary-LSA liên quan đến prefix 192.168.0.0/24 là thay đổi Seq# rất nhiều. Tức là khi có thay đổi về trạng thái một prefix trong area ở xa, các router-LSA và network-LSA không lan tỏa ra ngoài area này (không tạo ra yêu cầu chạy lại thuật toán SPF), mà chỉ có summary-LSA liên quan đến prefix đó được lan tỏa để cập nhật thông tin cost cho các router bên ngoài area.

```

R1# configure
R1(config)# interface enp0s8
R1(config-if)# bandwidth 64
R1(config-if)# bandwidth 50
R1(config-if)# bandwidth 128

R3# show ip ospf database

Router Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID      ADV Router    Age Seq#      CkSum Link count
3.3.3.3      3.3.3.3      99 0x80000005 0xf502 1
4.4.4.4      4.4.4.4      114 0x80000005 0xb737 1

Net Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID      ADV Router    Age Seq#      CkSum
192.168.3.1  3.3.3.3      99 0x80000002 0x774c

Summary Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID      ADV Router    Age Seq#      CkSum Route
192.168.0.0  3.3.3.3      3 0x80000007 0x4353 192.168.0.0/24
192.168.0.0  4.4.4.4      4 0x80000007 0x256d 192.168.0.0/24
192.168.1.0  3.3.3.3      129 0x80000002 0x2af2 192.168.1.0/24
192.168.1.0  4.4.4.4      94 0x80000002 0xc0d 192.168.1.0/24
192.168.2.0  3.3.3.3      159 0x80000003 0x314e 192.168.2.0/24

```


5. Xem cụ thể các thông số của summary-LSA từ R3 loan báo về prefix 192.168.0.0/24 mỗi khi thay đổi bandwidth của R1 nối vào prefix này, thấy giá trị cost từ R3 đi đến prefix này được cập nhật bằng tổng cost đi từ R3 đến R2 (là 100), đến R1 (là 100) và vào prefix này (là $10^8/\text{bandwidth}$):

```
R1(config-if)# bandwidth 64

R3# show ip ospf database summary self-originate

        Summary Link States (Area 0.0.0.2)

LS age: 4
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|E|-
LS Flags: 0xb
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 192.168.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000009
Checksum: 0x6c89
Length: 28

Network Mask: /24
TOS: 0 Metric: 1763

R1(config-if)# bandwidth 1000

R3# show ip ospf database summary self-originate

        Summary Link States (Area 0.0.0.2)

        Summary Link States (Area 0.0.0.2)

LS age: 3
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|E|-
LS Flags: 0xb
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 192.168.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 8000000a
Checksum: 0x10a1
Length: 28

Network Mask: /24
TOS: 0 Metric: 300
```

5.3 Cập nhật đường đi ngắn nhất giữa các phân vùng

Trong bài này, tạo sự thay đổi tốc độ đường truyền (bandwidth) của một network trong Area 2 và xem đường đi ngắn nhất đến prefix này được cập nhật trong các area khác như thế nào (mặc dù không cần lan tỏa router-LSA và network-LSA để không cần chạy lại thuật toán tìm đường đi ngắn nhất – SPF).

1. Trên R2, xem đường đi đến prefix 192.168.3.0/24 thấy có 2 đường (qua R3 và R4), với cùng cost là 300:

```
R2# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N IA 192.168.0.0/24      [200] area: 0.0.0.0
                        via 192.168.1.1, enp0s8
N   192.168.1.0/24      [100] area: 0.0.0.0
                        directly attached to enp0s8
N   192.168.2.0/24      [100] area: 0.0.0.0
                        directly attached to enp0s9
N IA 192.168.3.0/24      [200] area: 0.0.0.0
                        via 192.168.2.2, enp0s9
                        via 192.168.2.3, enp0s9
```

2. Trên R3, thay đổi bandwidth nối vào network 192.168.3.0/24 từ 1.000 (mặc định) lên 10.000 (để cost giảm từ 100 xuống 10):

```
R3# configure
R3(config)# interface enp0s9
R3(config-if)# bandwidth 10000
```

3. Xem bảng routing trên R2 thấy đường đi ngắn nhất là được chuyển sang 1 đường, đi qua R3 (192.168.2.2) với tổng cost là 110:

```
R2# show ip ospf route
```

```

===== OSPF network routing table =====
N IA 192.168.0.0/24      [200] area: 0.0.0.0
                        via 192.168.1.1, enp0s8
N   192.168.1.0/24      [100] area: 0.0.0.0
                        directly attached to enp0s8
N   192.168.2.0/24      [100] area: 0.0.0.0
                        directly attached to enp0s9
N IA 192.168.3.0/24      [110] area: 0.0.0.0
                        via 192.168.2.2, enp0s9

```

- Trên R3, thay đổi bandwidth nối vào network 192.168.3.0/24 từ 10.000 xuống 64 (để cost tăng từ 10 lên 1563):

```

R3# configure
R3(config)# interface enp0s9
R3(config-if)# bandwidth 64

```

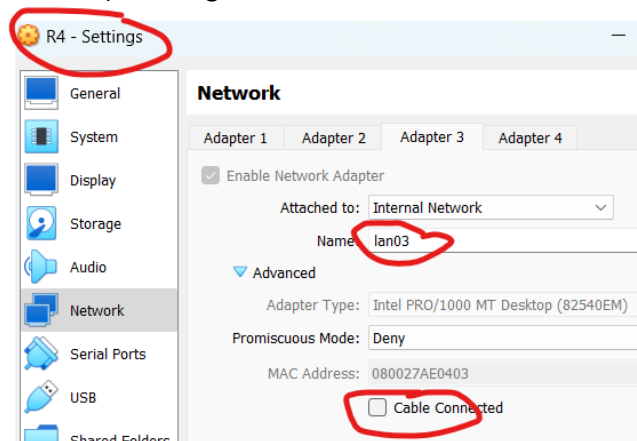
- Xem bảng routing trên R2 thấy đường đi chuyển từ R3 sang R4 (192.168.2.3) và tổng cost là 200:

```

R2# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N IA 192.168.0.0/24      [200] area: 0.0.0.0
                        via 192.168.1.1, enp0s8
N   192.168.1.0/24      [100] area: 0.0.0.0
                        directly attached to enp0s8
N   192.168.2.0/24      [100] area: 0.0.0.0
                        directly attached to enp0s9
N IA 192.168.3.0/24      [200] area: 0.0.0.0
                        via 192.168.2.3, enp0s9

```

- Ngắt kết nối R4 vào network 192.168.3.0/24, đợi một lúc hoặc khởi động lại service frr trên R4 để phát hiện đường truyền bị ngắt. Sau đó vào R2 xem bảng routing thấy đường đi đến prefix 192.168.3.0/24 đã được chuyển sang R3 (192.168.2.2) với tổng cost là 1663:



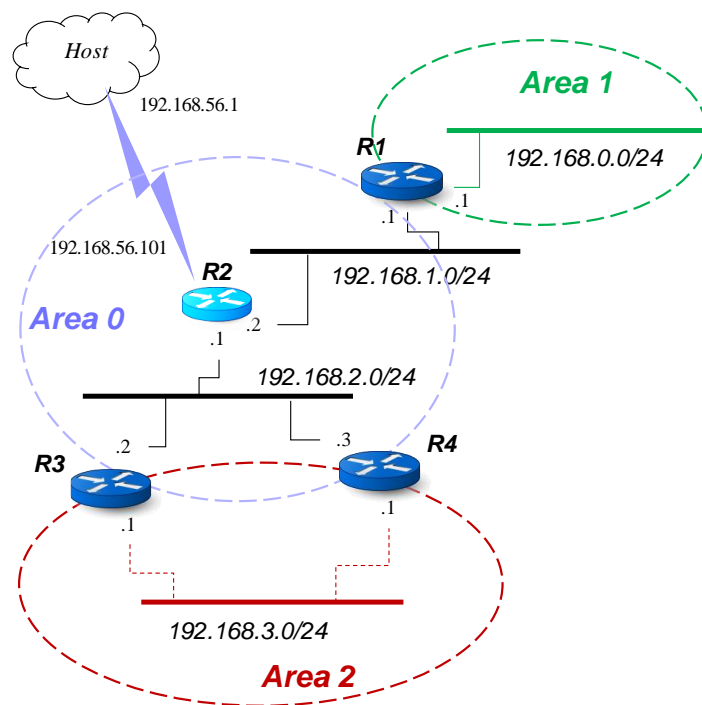
```

R2# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N IA 192.168.0.0/24      [200] area: 0.0.0.0
                        via 192.168.1.1, enp0s8
N   192.168.1.0/24      [100] area: 0.0.0.0
                        directly attached to enp0s8
N   192.168.2.0/24      [100] area: 0.0.0.0
                        directly attached to enp0s9
N IA 192.168.3.0/24      [1663] area: 0.0.0.0
                        via 192.168.2.2, enp0s9

```

5.4 External-LSA

Sơ đồ mạng: dùng kết nối với máy host (sử dụng Host-only Network Adapter) tại R2 để thiết lập mạng ngoài



1. Thiết lập Network Adapter kiểu Host-only cho R2 để kết nối với máy host, giả lập External Network. Đặt địa chỉ MAC đúng qui tắc:

Network

Adapter 1 Adapter 2 **Adapter 3** Adapter 4

☒ Enable Network Adapter

Attached to: Host-only Adapter

Name: VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter

▼ Advanced

Adapter Type: Intel PRO/1000 MT Desktop (82540EM)

Promiscuous Mode: Deny

MAC Address: 000000000203

☒ Cable Connected

Port Forwarding

2. Kết nối mạng Host-only của R2 được cấu hình IP động, địa chỉ tuân theo cấu hình Host-only network được cài đặt trong máy host. Mặc định Host-only network là: 192.168.56.0/24. R2: 192.168.56.101. Host machine: 192.168.56.1. Kiểm tra địa chỉ được gán cho kết nối Host-only của R2 hay chưa, nếu chưa thì chạy dhclient cho kết nối này

```
R2:~$ sudo dhclient -s enp0s10
R2:~$ ifconfig enp0s10
enp0s3: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.56.101 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.2.255
    inet6 fe80::a00:27ff:fe0b:101 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 08:00:27:0b:02:03 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 75 bytes 23627 (23.6 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 106 bytes 26171 (26.1 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

3. Kiểm tra kết nối giữa R2 với máy Host, có thể cần tắt Firewall trên máy Host

```
R2> ping 192.168.56.1
. . .
```

- Bổ sung cấu hình ospf trên R2 khai báo kết nối với external network. Cú pháp *redistribute connctected* yêu cầu OSPF import tất cả các kết nối trực tiếp của R2 vào không gian OSPF bằng external-LSA.

```
R2# show running-config
Building configuration...

router-id 2.2.2.2
!
router ospf
 redistribute connected
 network 192.168.1.0/24 area 0
 network 192.168.2.0/24 area 0
!
```

- Kiểm tra bảng router trên các router, bên cạnh bản OSPF network routing table, đã thấy xuất hiện bảng external routing với đường đi ra mạng ngoài (192.168.56.0/24) được chuyển qua R2:

```
R3# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
. . .

===== OSPF external routing table =====
N E2 192.168.56.0/24      [200/20] tag: 0
                        via 192.168.2.1, enp0s9
```

- Xem bảng routing trong data plan của R3, thấy xuất hiện đường đi đến external net:

```
hp@R3:~$ route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
10.0.0.0         0.0.0.0        255.255.255.0   U        0      0        0 enp0s3
192.168.56.0     192.168.2.1    255.255.255.0   UG       20     0        0 enp0s3
192.168.1.0      192.168.2.1    255.255.255.0   UG       20     0        0 enp0s8
192.168.2.0      0.0.0.0        255.255.255.0   U        0      0        0 enp0s8
192.168.3.0      0.0.0.0        255.255.255.0   U        0      0        0 enp0s9
```

- Kiểm tra External-LSA được R2 kích hoạt & lan truyền trong OSPF LS Database. Forward Address được thiết lập là 0.0.0.0 để thông báo muốn đi ra mạng ngoài cần route đến chính adv. Router

```
R2> show ip ospf database external
R2> show ip ospf database external

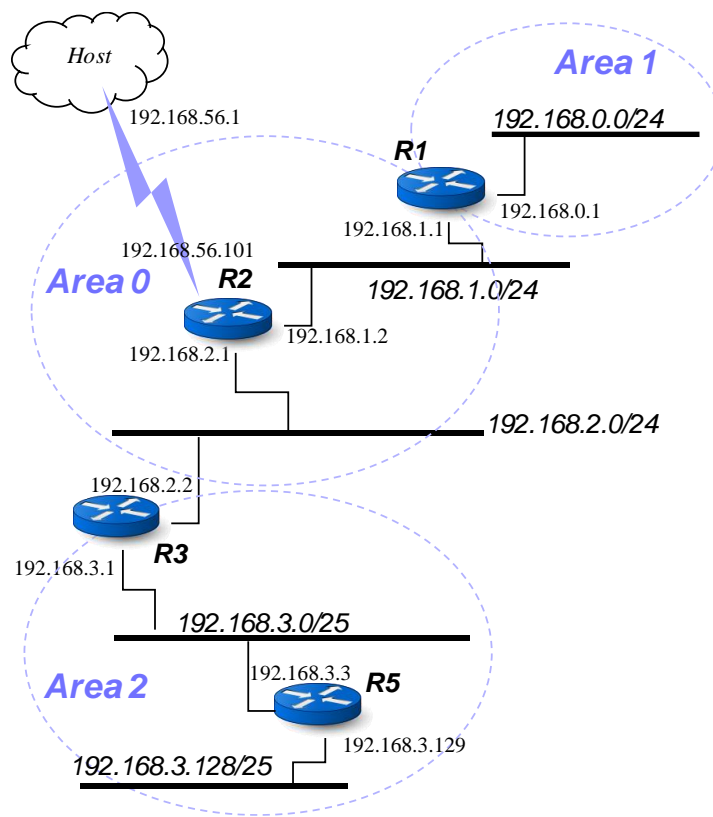
    OSPF Router with ID (2.2.2.2)

      AS External Link States

LS age: 76
Options: 0x2 : *I--I--I--I--I--I*
LS Flags: 0xb
LS Type: AS-external-LSA
Link State ID: 192.168.56.0 (External Network Number)
Advertising Router: 2.2.2.2
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0x4dc4
Length: 36
Network Mask: /24
Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
TOS: 0
Metric: 20
Forward Address: 0.0.0.0
External Route Tag: 0
```

5.5 Tối ưu OSPF Multi Area với Stub Area

Bỏ đi R4 trong sơ đồ mạng trên để Area 2 có kết nối duy nhất vào Area 0 qua router R3 (thỏa mãn điều kiện Stub Area):



- Thiết lập Stub Area trên R3 và R5 và khởi động lại service ospfd:

```
R3> nano /etc/quagga/ospfd.conf
```

```
router ospf
```

```
ospf router-id 3.3.3.3
```

```
network . . . . area 2
```

```
area 2 stub
```

```
. . .
```

```
R3> service ospfd restart
```

- Kiểm tra bảng routing R5:

```
R5> route -n
```

```
[root@R5 ~]# route -n
Kernel IP routing table
Destination    Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
192.168.3.0    0.0.0.0        255.255.255.128 U           0      0      0 eth1
192.168.3.128  0.0.0.0        255.255.255.128 U           0      0      0 eth2
192.168.2.0    192.168.3.1    255.255.255.0   UG          20     0      0 eth1
192.168.1.0    192.168.3.1    255.255.255.0   UG          30     0      0 eth1
192.168.0.0    192.168.3.1    255.255.255.0   UG          40     0      0 eth1
0.0.0.0        192.168.3.1    0.0.0.0         UG          11     0      0 eth1
```

➔ ngoài các route đến các mạng trong liên vùng, dòng route đi ra mạng ngoài (192.168.56.0/24) không còn nữa mà thay bằng dòng default gateway (0.0.0.0)

- Kiểm tra External-LSA trên R5 sẽ không thấy nữa:

```
R5> telnet 127.0.0.1 2604
```

```
. . .
```

```
R5> show ip ospf database external
```

```
R5> show ip ospf database external
```

```
OSPF Router with ID (5.5.5.5)
```

```
AS External Link States
```

```
R5>
```

- Kiểm tra các Summary-LSA được R3 kích hoạt trong Area 2:

R5> show ip ospf database summary

```
R5> show ip ospf database summary adv-router 3.3.3.3

      OSPF Router with ID (5.5.5.5)

                Summary Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

LS age: 500
Options: 0x0 : *I-I-I-I-I-I*
LS Flags: 0x6
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 0.0.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0x3919
Length: 28
Network Mask: /0
      TOS: 0 Metric: 1

LS age: 486
Options: 0x0 : *I-I-I-I-I-I*
LS Flags: 0x6
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 192.168.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xaa21
Length: 28
Network Mask: /24
      TOS: 0 Metric: 30

LS age: 486
Options: 0x0 : *I-I-I-I-I-I*
LS Flags: 0x6
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 192.168.1.0 (summary Network Number)
--More-- _
```

→ ngoài các Summary-LSA để thông báo các mạng thuộc liên vùng, có một Summary-LSA thông báo về mạng 0.0.0.0 để yêu cầu các router trong Area 2 tạo default gateway.

5.6 Tối ưu OSPF Multi Area với Stub Area

Sử dụng tiếp sơ đồ mạng trên nhưng thiết lập Area 2 là Totally Stub.

- Thiết lập Totally Stub Area trên R3 và R5 và khởi động lại service ospfd:

R3> nano /etc/quagga/ospfd.conf

router ospf

ospf router-id 3.3.3.3

network area 2

area 2 stub no-summary

...

R3> service ospfd restart

- Kiểm tra bảng routing R5:

R5> route -n

```
[root@R5 ~]# route -n
Kernel IP routing table
Destination    Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
192.168.3.0    0.0.0.0        255.255.255.128 U         0      0      0 eth1
192.168.3.128  0.0.0.0        255.255.255.128 U         0      0      0 eth2
0.0.0.0       192.168.3.1    0.0.0.0         UG        11     0      0 eth1
```

→ toàn bộ đường route đi ra ngoài area (cả đến external lẫn các mạng trong liên vùng) được thay bằng

default gateway

3. Kiểm tra các Summary-LSA trong Area 2: không còn các Summary-LSA của các mạng thuộc liên vùng nữa, thay vào đó là duy nhất Summary-LSA kiểu 0.0.0.0 kích hoạt từ R3

R5> show ip ospf database summary

```
R5> show ip ospf database summary

    OSPF Router with ID (5.5.5.5)

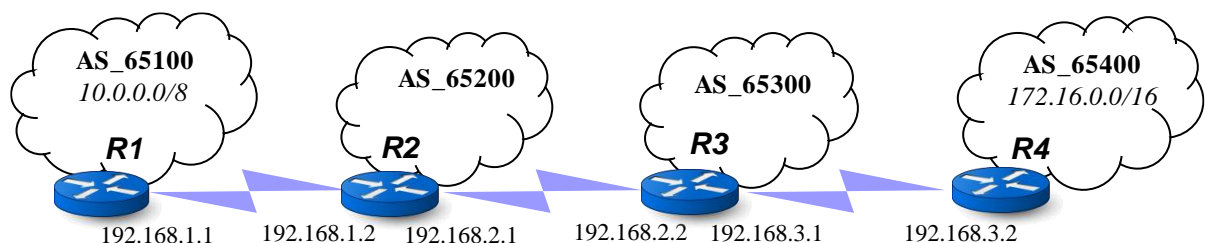
          Summary Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

LS age: 239
Options: 0x0 : *I-I-I-I-I-I-I*
LS Flags: 0x6
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 0.0.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0x3919
Length: 28
Network Mask: /0
    TOS: 0 Metric: 1
```

6 Kết nối liên vùng (inter-AS) với BGP

6.1 BGP export định tuyến nội bộ ra bên ngoài AS

Sơ đồ mạng: 4 AS kết nối nhau qua các BGP R1, R2, R3, R4. Trong AS 65100 có mạng 10.0.0.0/8. Trong AS 65400 có mạng 172.16.0.0/16. Các mạng này sẽ được tự động đưa vào cấu hình các bảng routing bằng BGP.



1. Cấu hình kết nối mạng cho các router và kiểm tra kết nối. Ví dụ giữa R1 và R2:

```
R1:~$ sudo nano /etc/netplan/00-installer-config.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s9:
      dhcp4: false
      addresses: [192.168.1.1/24]
  version: 2
R1:~$ sudo netplan apply
R2:~$ sudo nano /etc/netplan/00-installer-config.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [192.168.1.2/24]
    enp0s9:
      dhcp4: false
      addresses: [192.168.2.1/24]
  version: 2
R2:~$ sudo netplan apply
R2:~$ ping 192.168.1.1
PING 192.168.1.1 (192.168.1.1) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.1.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.49 ms
64 bytes from 192.168.1.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.26 ms
```

2. Cấu hình service BGP trên các router:

```

R1:~$ sudo nano /etc/frr/daemons
bgpd=yes
...
vtysh_enable=yes

R1:~$ sudo systemctl restart frr
R1:~$ sudo systemctl status frr
● frr.service - FRRouting
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/frr.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Sat 2023-12-02 09:53:55 UTC; 3s ago
     Docs: https://frrouting.readthedocs.io/en/latest/setup.html
  Process: 1269 ExecStart=/usr/lib/frr/frrinit.sh start (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Tasks: 12 (limit: 2257)
   Memory: 13.9M
    CGroup: /system.slice/frr.service
            └─1294 /usr/lib/frr/watchfrr -d zebra bgpd staticd
              └─1310 /usr/lib/frr/zebra -d -A 127.0.0.1 -s 90000000
                └─1315 /usr/lib/frr/bgpd -d -A 127.0.0.1
                  └─1323 /usr/lib/frr/staticd -d -A 127.0.0.1

```

3. Cấu hình BGP trên R1 cho phép export thông tin định tuyến mạng nội bộ 10.0.0.0/8 thuộc AS 65100 ra bên ngoài AS bằng BGP. **Lưu ý thiết lập `no bgp ebgp-requires-policy` và `no bgp network import-check`:**

```

R1:~$ sudo vtysh

Hello, this is FRRouting (version 7.2.1).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

R1# configure
R1(config)# router bgp 65100
R1(config)# no bgp ebgp-requires-policy
R1(config)# no bgp network import-check
R1(config-router)# neighbor 192.168.1.2 remote-as 65200
R1(config-router)# network 10.0.0.0/8
R1(config-router)# end
R1# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 10.0
frr defaults traditional
hostname R1
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
ip router-id 1.1.1.1
!
router bgp 65100
 no bgp ebgp-requires-policy
 no bgp network import-check
 neighbor 192.168.1.2 remote-as 65200
exit
!
end
R1#

```

4. **Giải thích `no bgp ebgp-requires-policy`:** Từ FRR 7.5 trở đi, BGP áp dụng chính sách mặc định kiểm tra policy khi export và import network. Nếu các policy không được khai báo, không có network (prefix) nào được quảng bá giữa các router BGP. Khai báo `no bgp ebgp-requires-policy` tắt chế độ kiểm tra policy của BGP trong FRR. Chi tiết tham khảo ở đây: <https://docs.frrouting.org/en/latest/bgp.html#clcmd-bgp-ebgp-requires-policy>
5. **Giải thích `no bgp network import-check`:** Từ FRR 7.4 trở đi, BGP mặc định kiểm tra sự tồn tại của network khi thực hiện quá trình loan báo prefix này sang BGP láng giềng. Trong bước thực hành này, các network (prefix) được khai báo trong AS nhưng chưa quan tâm đến sự tồn tại của chúng, nên cần tắt chế độ kiểm tra này đi. Chi tiết tham khảo ở đây: <https://docs.frrouting.org/en/latest/bgp.html#clcmd-bgp-network-import-check>
6. Tương tự, cấu hình BGP trên R2. Đối với AS 65200 hiện tại chưa export thông tin nào về các đường định tuyến nội bộ. Chú ý là với R2 thì có 2 router BGP láng giềng là R1 và R3 tương ứng với 2 AS 65100 và 65300

```

R2:~$ sudo vtysh

Hello, this is FRRouting (version 7.10).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

R2# configure

```



```

R2(config)# router bgp 65200
R2(config)# no bgp ebgp-requires-policy
R2(config)# no bgp network import-check
R2(config-router)# neighbor 192.168.1.1 remote-as 65100
R2(config-router)# neighbor 192.168.2.2 remote-as 65300
R2(config-router)# end
R2# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 10.0
frr defaults traditional
hostname R2
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
router-id 2.2.2.2
!
router bgp 65200
no bgp ebgp-requires-policy
no bgp network import-check
neighbor 192.168.1.1 remote-as 65100
neighbor 192.168.2.2 remote-as 65300
!
line vty
!
end
R2# write
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
restart

```

7. Sau khi các service BGP trên R1 và R2 lan tỏa các thông tin định tuyến nội bộ AS của mình, xem bảng routing trên R2 thấy xuất hiện đường đi đến mạng 10.0.0.0/8 thuộc AS 65100:

```

R2# show ip route
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, D - SHARP,
       F - PBR, f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued route, r - rejected route

B>* 10.0.0.0/8 [20/0] via 192.168.1.1, enp0s8, 00:01:28
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, enp0s8, 00:01:56
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, enp0s9, 00:01:56

```

8. Thực hiện tương tự cấu hình BGP trên router R3, R4. Riêng R4 có export thêm thông tin định tuyến nội bộ của mạng 172.16.0.0/16 của AS 65400.

```

R4:~$ sudo vtysh

Hello, this is FRRouting (version 7.2.1).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

R4# configure
R4(config)# router bgp 65400
R4(config-router)# neighbor 192.168.3.1 remote-as 65300
R4(config-router)# network 172.16.0.0/16
R4(config-router)# end
R4# write
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]

```

9. Kiểm tra bảng định tuyến trên R2 sẽ thấy xuất hiện thêm mạng nội bộ 172.16.0.0/16 của AS 65400:

```

R2# show ip route
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, D - SHARP,
       F - PBR, f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued route, r - rejected route

B>* 10.0.0.0/8 [20/0] via 192.168.1.1, enp0s8, 00:08:33
B>* 172.16.0.0/16 [20/0] via 192.168.2.2, enp0s9, 00:00:25
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, enp0s8, 00:09:01

```

```
| C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, enp0s9, 00:09:01
```

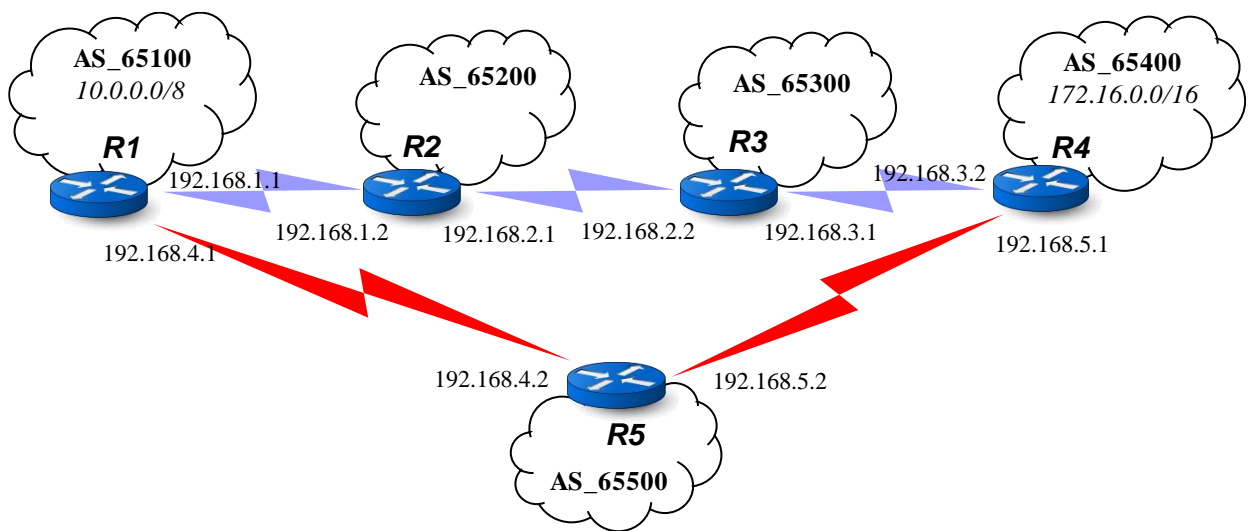
10. Xem bảng routing BGP trên R2 để thấy chi tiết các AS path được loan báo cho 2 prefix trong AS 65100 và 65400:

```
R2# show ip bgp
BGP table version is 2, local router ID is 2.2.2.2, vrf id 0
Default local pref 100, local AS 65200
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, = multipath,
               i internal, r RIB-failure, S Stale, R Removed
Nexthop codes: @NNN nexthop's vrf id, < announce-nh-self
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 10.0.0.0/8      192.168.1.1          0         0 65100 i
*> 172.16.0.0/16   192.168.2.2          0         0 65300 65400 i
```

6.2 BGP routing policies

Sơ đồ mạng: bổ sung AS 65500 có router BGP R5 kết nối trực tiếp với R1 và R4. Thiết lập các routing policy để kiểm soát đường đi đến các mạng nội bộ giữa các AS.



1. Bổ sung AS 65500 với BGP router R5. Cấu hình các địa chỉ IP để kết nối R5 với R1 và R4 tương ứng theo các mạng 192.168.4.0 và 192.168.5.0:

```
R5:~$ sudo nano /etc/netplan/00-installer-config.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [192.168.4.2/24]
    enp0s9:
      dhcp4: false
      addresses: [192.168.5.2/24]
  version: 2
R5:~$ sudo netplan apply

R5:~$ ping 192.168.4.1
PING 192.168.4.1 (192.168.4.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.4.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.366 ms
64 bytes from 192.168.4.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.476 ms
64 bytes from 192.168.4.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.459 ms

R5:~$ ping 192.168.5.1
PING 192.168.5.1 (192.168.5.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.406 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.427 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.366 ms
```

2. Cấu hình BGP trên R5 để nhận các router R1 và R4 là láng giềng:

```
R5:~$ sudo vtysh
Hello, this is FRRouting (version 7.2.1).
```

```
R5# configure
R5(config)# router bgp 65500
R5(config-router)# neighbor 192.168.4.1 remote-as 65100
R5(config-router)# neighbor 192.168.5.1 remote-as 65400
R5(config-router)# end
R5# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 7.2.1
frr defaults traditional
hostname clear
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
hostname R5
service integrated-vtysh-config
!
router bgp 65500
  neighbor 192.168.4.1 remote-as 65100
  neighbor 192.168.5.1 remote-as 65400
!
line vty
!
end
R5# write
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Warning: /etc/frr/frr.conf.sav unlink failed
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

3. Cấu hình thêm kết nối mạng 192.168.4.0 trên R1 và bổ sung cấu hình BGP để nhận R5 là láng giềng:

```
R1# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 7.2.1
frr defaults traditional
hostname R1
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
router-id 1.1.1.1
!
router bgp 65100
  neighbor 192.168.1.2 remote-as 65200
  neighbor 192.168.4.2 remote-as 65500
!
  address-family ipv4 unicast
    network 10.0.0.0/8
  exit-address-family
!
line vty
!
end
```

4. Thực hiện cấu hình tương tự trên R4 để thêm kết nối mạng 192.168.5.0 và nhận R5 là láng giềng. Cấu hình bổ sung BGP trên R4 để nhận R5 là láng giềng. Kiểm tra bảng routing trên R1 nhận thấy đường đi đến mạng 176.16.0.0 đã được cập nhật sang hướng đi qua R5 (AS 65500):

```
R1# show ip route
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, D - SHARP,
       F - PBR, f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued route, r - rejected route

B>* 172.16.0.0/16 [20/0] via 192.168.4.2, enp0s8, 00:00:12
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, enp0s9, 00:00:12
C>* 192.168.4.0/24 is directly connected, enp0s8, 00:00:12
```

5. Kiểm tra AS path trên R1 đến mạng 172.16.0.0 thấy có 2 AS path: (65200 65300 65400 i) và (65500 65400 i) với cùng trong số weight = 0. Theo BGP policy, đường đi có AS path ngắn hơn được chọn đưa vào routing table của ubuntu kernel.

```
R1# show ip bgp
BGP table version is 3, local router ID is 1.1.1.1, vrf id 0
Default local pref 100, local AS 65100
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, = multipath,
               i internal, r RIB-failure, S Stale, R Removed
Next hop codes: @NNN nexthop's vrf id, < announce-nh-self
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
*> 10.0.0.0/8       0.0.0.0              0         32768 i
*> 172.16.0.0/16    192.168.4.2          0 65500 65400 i
*                   192.168.1.2          0 65200 65300 65400 i

Displayed 2 routes and 3 total paths
```

6. Đặt các giá trị trọng số weight của các kết nối BGP láng giềng giữa R1 với R2 và R1 với R5 và khởi động lại service bgpd:

```
R1# configure
R1(config)# router bgp 65100
R1(config-router)# neighbor 192.168.1.2 weight 1000
R1(config-router)# neighbor 192.168.4.2 weight 500
R1(config-router)# end
R1# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 7.2.1
frr defaults traditional
hostname R1
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
router-id 1.1.1.1
!
router bgp 65100
 neighbor 192.168.1.2 remote-as 65200
 neighbor 192.168.4.2 remote-as 65500
!
 address-family ipv4 unicast
  network 10.0.0.0/8
  neighbor 192.168.1.2 weight 1000
  neighbor 192.168.4.2 weight 500
 exit-address-family
!
line vty
!
end
R1# write
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

7. Kiểm tra routing table thấy đường đi đến mạng 172.16.0.0 đã chuyển sang đi qua R2 (có weight lớn hơn):

```
R1# show ip route
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, D - SHARP,
       F - PBR, f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued route, r - rejected route

B>* 172.16.0.0/16 [20/0] via 192.168.1.2, enp0s9, 00:01:41
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, enp0s9, 00:06:06
C>* 192.168.4.0/24 is directly connected, enp0s8, 00:06:06
```

8. Kiểm tra các AS path trên R1 thì thấy vẫn có 2 AS path như trước nhưng trọng số weight đã khác nhau (1000 và 500, đúng như đã cấu hình trọng số trên R1). BGP routing policy đặt mức ưu tiên trọng số weight cao hơn độ dài AS path nên đường đi qua R2, R3, R4 được chọn để đưa vào kernel routing table.

```

R1# show ip bgp
BGP table version is 4, local router ID is 1.1.1.1, vrf id 0
Default local pref 100, local AS 65100
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, = multipath,
               i internal, r RIB-failure, S Stale, R Removed
Next hop codes: @NNN nexthop's vrf id, < announce-nh-self
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
*> 10.0.0.0/8        0.0.0.0              0         32768 i
* 172.16.0.0/16     192.168.4.2          500    65500 65400 i
*>                  192.168.1.2          1000   65200 65300 65400 i

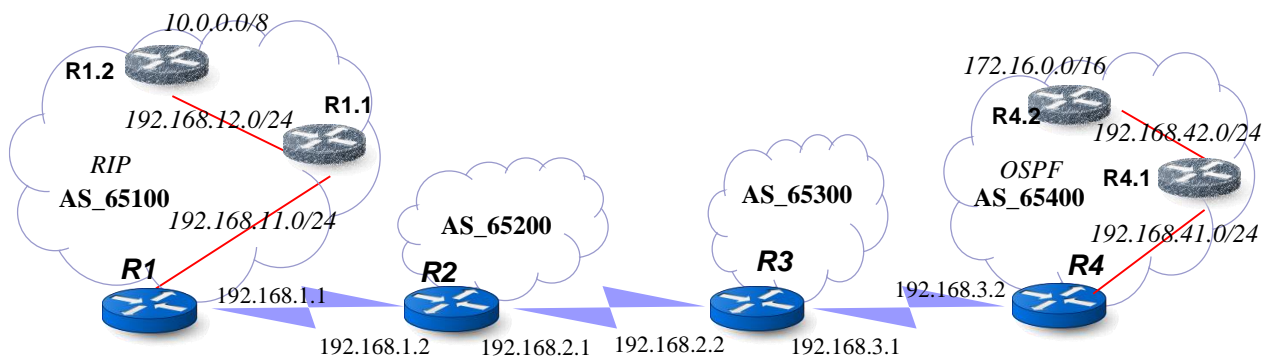
Displayed 2 routes and 3 total paths

```

6.3 Tích hợp BGP với IGP

Trong các bài thực hành trên, mạng nội bộ 10.0.0.0/8 và 172.16.0.0/16 của hai AS tương ứng 65100 và 65400 đã được public ra bên ngoài các vùng AS của mình, và thông qua các BGP router trung gian AS 65200 và 65300, các mạng nội bộ này đã được quản bá đến AS ở xa. Tuy nhiên chưa thể *ping* từ một trạm trong mạng 10.0.0.0/8 đến trạm trong mạng 172.16.0.0/16. Lý do là mặc dù mạng nội bộ 10.0.0.0/8 đã quản bá đến được BGP router R4 của AS 65400 nhưng nó chưa được lan truyền vào bên trong AS này. Kết quả là một trạm trong mạng nội bộ 172.16.0.0/16 chưa “nhìn thấy” mạng nội bộ 10.0.0.0 ở xa. Bài thực hành tiếp theo sẽ xử lý vấn đề này bằng cách tích hợp BGP với IGP.

Sơ đồ mạng: AS 65100 sử dụng IGP RIP để liên kết các router R1.1, R1.2 và bản thân R1. Các đường định tuyến (routing path) giữa các mạng nội bộ của AS trong đó có 10.0.0.0/8 được lan tỏa bên trong AS 65100 và được cập nhật tự động vào tất cả các router IGP của AS 65100 bao gồm cả R1. Do được cấu hình chạy cả IGP và BGP, router R1 lan tỏa một phần hoặc tất cả các đường định tuyến nội vùng ra bên ngoài AS. Ngược lại, khi R1 nhận được các đường định tuyến liên vùng bên ngoài AS 65100 (ví dụ đường định tuyến đến mạng 172.16.0.0/16), nó sẽ chuyển tiếp đường định tuyến này vào bên trong AS và như vậy, mạng nội bộ 10.0.0.0/8 sẽ được cập nhật thêm đường định tuyến đến các mạng ngoại vùng AS 65100. Thực hiện tương tự với AS 65400 bằng IGP OSPF.



1. Thiếp lập địa chỉ IP cho R1:

```

R1> sudo nano /etc/netplan/01-netcfg.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s9:
      addresses: [192.168.1.1/24]
    enp0s3:
      addresses: [192.168.11.1/24]

> sudo netplan apply

```

2. Thiếp lập cấu hình BGP cho R1 để export mạng nội vùng 10.0.0.0/8 ra bên ngoài

```

R1> sudo nano /etc/quagga/bgpd.conf
password zebra
router bgp 65100
neighbor 192.168.1.2 remote-as 65200
network 10.0.0.0/8

> sudo service bgpd restart

```

3. Thiết lập cấu hình IGP sử dụng RIP cho R1. Để import các mạng ngoại vùng từ BGP vào bên trong AS, sử dụng khai báo “redistribute bgp”.

```
R1> sudo nano /etc/quagga/ripd.conf
password zebra
router rip
network 192.168.11.0/24
redistribute bgp
> sudo service ripd restart
```

4. Cấu hình địa chỉ IP và IGP sử dụng RIP cho R1.1

```
R1.1> sudo nano /etc/netplan/01-netcfg.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s8:
      addresses: [192.168.12.1/24]
    enp0s3:
      addresses: [192.168.11.2/24]

> sudo netplan apply

R1.1> sudo nano /etc/quagga/ripd.conf
hostname r11
password zebra
router rip
network 192.168.12.0/24
network 192.168.11.0/24

> sudo service ripd restart
```

5. Xem bảng routing trên R1.2 thấy đã xuất hiện mạng ngoại vùng 172.16.0.0/16

```
route -n
Kernel IP routing table
Destination Gateway Genmask Flags Metric Ref Use Iface
10.0.0.0 192.168.12.2 255.0.0.0 UG 20 0 0 enp0s8
172.16.0.0 192.168.11.1 255.255.0.0 UG 20 0 0 enp0s3
192.168.11.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 enp0s3
192.168.12.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 enp0s8
```

6. Cấu hình địa chỉ IP và IGP sử dụng RIP cho R1.2

```
R1.2> sudo nano /etc/netplan/01-netcfg.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s8:
      addresses: [10.0.0.1/8]
    enp0s3:
      addresses: [192.168.12.2/24]

> sudo netplan apply

R1.2> sudo nano /etc/quagga/ripd.conf
hostname r12
password zebra
router rip
network 192.168.12.0/24
network 10.0.0.0/8

> sudo service ripd restart
```

7. Xem bảng routing trên R1.2 thấy đã xuất hiện mạng ngoại vùng 172.16.0.0/16. Như vậy là R12 (gateway của mạng 10.0.0.0/8) đã nhận được thông tin đường định tuyến để đi đến mạng ngoại vùng 172.16.0.0/16).

```
R1.2> route -n
Kernel IP routing table
Destination Gateway Genmask Flags Metric Ref Use Iface
10.0.0.0 0.0.0.0 255.0.0.0 U 0 0 0 enp0s8
172.16.0.0 192.168.12.1 255.255.0.0 UG 20 0 0 enp0s3
192.168.11.0 192.168.12.1 255.255.255.0 UG 20 0 0 enp0s3
192.168.12.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 enp0s3
```

8. Chuyển sang AS 65400, thiết lập địa chỉ IP cho R4:

```
R4> sudo nano /etc/netplan/01-netcfg.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s8:
      addresses: [192.168.3.2/24]
    enp0s3:
```

```
addresses: [192.168.41.1/24]
> sudo netplan apply
```

9. Thiết lập cấu hình BGP cho R4 để export tất cả các mạng nội vùng được cập nhật theo IGP OSPF ra bên ngoài (sử dụng khai báo “redistribute ospf”). Lưu ý chỗ này khác với cấu hình BGP trên R1 chỉ export một mạng nội vùng. Với khai báo này, toàn bộ mạng nội vùng của AS 65400 (trong đó có 172.16.0.0/16) sẽ được export bằng BGP ra bên ngoài AS.

```
R4> sudo nano /etc/quagga/bgpd.conf
password zebra
router bgp 65400
neighbor 192.168.3.1 remote-as 65300
redistribute ospf

> sudo service bgpd restart
```

10. Thiết lập cấu hình IGP sử dụng OSPF cho R4. Để import các mạng ngoại vùng từ BGP vào bên trong AS, sử dụng khai báo “redistribute bgp”.

```
R4> sudo nano /etc/quagga/ospfd.conf
hostname R4
password zebra
router ospf
network 192.168.41.0/24 area 1
redistribute bgp

> sudo service ospfd restart
```

11. Cấu hình địa chỉ IP và IGP sử dụng OSPF cho R4.1

```
R1.1> sudo nano /etc/netplan/01-netcfg.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s8:
      addresses: [192.168.42.1/24]
    enp0s3:
      addresses: [192.168.41.2/24]

> sudo netplan apply

R4.1> sudo nano /etc/quagga/ospfd.conf
hostname R41
password zebra
router ospf
  network 192.168.41.0/24 area 1
  network 192.168.42.0/24 area 1

> sudo service ospfd restart
```

12. Xem bảng routing trên R4.1 thấy đã xuất hiện mạng ngoại vùng 10.0.0.0/8

```
R4.1> route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
10.0.0.0         192.168.41.1   255.0.0.0       UG    20    0      0 enp0s3
192.168.41.0     0.0.0.0        255.255.255.0   U     0     0      0 enp0s3
192.168.42.0     0.0.0.0        255.255.255.0   U     0     0      0 enp0s8
```

13. Cấu hình địa chỉ IP và IGP sử dụng OSPF cho R4.2

```
R4.2> sudo nano /etc/netplan/01-netcfg.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s8:
      addresses: [172.16.0.1/16]
    enp0s3:
      addresses: [192.168.42.2/24]

> sudo netplan apply

R4.2> sudo nano /etc/quagga/ospfd.conf
hostname r42
password zebra
router ospf
  network 192.168.42.0/24 area 1
  network 172.16.0.0/16 area 1

> sudo service ospfd restart
```

14. Xem bảng routing trên R4.2 thấy đã xuất hiện mạng ngoại vùng 10.0.0.0/8

```
R4.3> route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
10.0.0.0         192.168.42.1   255.0.0.0       UG    20    0      0 enp0s3
172.16.0.0       0.0.0.0        255.255.0.0     U     0     0      0 enp0s8
192.168.41.0     192.168.42.1   255.255.255.0   UG    20    0      0 enp0s3
192.168.42.0     0.0.0.0        255.255.255.0   U     0     0      0 enp0s3
```

15. Quay lại AS 65100 xem bảng routing trên R1, thấy xuất hiện đường định tuyến đến mạng ngoại vùng 172.16.0.0/8 và cả 192.168.42.0/24. Lý do là BGP router R4 được khai báo *"redistribute ospf"* nên BGP R4 lan truyền tất cả các đường định tuyến mạng nội vùng được cập nhật theo OSPF. Lưu ý là mạng nội vùng 192.168.41.0/24 đối với R4 không được cập nhật theo OSPF vì kết nối trực tiếp, vì vậy nó không được lan truyền theo BGP ra bên ngoài.

```
R1> route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
10.0.0.0         192.168.12.2   255.0.0.0       UG    20    0      0 enp0s8
172.16.0.0       192.168.11.1   255.255.0.0     UG    20    0      0 enp0s3
192.168.11.0     0.0.0.0        255.255.255.0   U     0     0      0 enp0s3
192.168.12.0     0.0.0.0        255.255.255.0   U     0     0      0 enp0s8
192.168.42.0     192.168.11.1   255.255.255.0   UG    20    0      0 enp0s3
```

16. Về trở lại R1.2 để xem bảng định tuyến của router nội vùng AS 65100 này, thấy xuất hiện đường định tuyến đến mạng ngoại vùng 172.16.0.0/8 và cả 192.168.42.0/24:

```
R1.2> route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
10.0.0.0         0.0.0.0        255.0.0.0       U     0     0      0 enp0s8
172.16.0.0       192.168.12.1   255.255.0.0     UG    20    0      0 enp0s3
192.168.11.0     192.168.12.1   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 enp0s3
192.168.42.0     192.168.12.1   255.255.255.0   UG    20    0      0 enp0s3
```

17. Thiết lập một máy trạm trong mạng nội bộ 10.0.0.0/8, đặt default gateway là R1.2 (10.0.0.1) và thấy kết nối ping thành công đến 172.16.0.1:

```
host> sudo nano /etc/netplan/01-netcfg.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [10.0.0.15/8]

> sudo netplan apply

> sudo route add default gateway 10.0.0.1
> route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
0.0.0.0          10.0.0.1        0.0.0.0         UG    0     0      0 enp0s3
10.0.0.0         0.0.0.0        255.0.0.0       U     0     0      0 enp0s3

> ping 172.16.0.1
PING 172.16.0.1 (172.16.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 172.16.0.1: icmp_seq=1 ttl=57 time=2.43 ms
64 bytes from 172.16.0.1: icmp_seq=2 ttl=57 time=1.97 ms
64 bytes from 172.16.0.1: icmp_seq=3 ttl=57 time=2.38 ms
64 bytes from 172.16.0.1: icmp_seq=4 ttl=57 time=2.77 ms
^C
--- 172.16.0.1 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3006ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.971/2.393/2.777/0.290 ms
```

18. Nếu sử dụng *tracpath* để xem đường đi từ trạm làm việc này đến mạng ngoại vùng 172.16.0.0/16 sẽ thấy các gói tin ICMP gửi từ các router BGP (là các router trung gian trên đường đi đến đích 172.16.0.0/16) không gửi thành công đến trạm làm việc hiện tại. **Hãy suy nghĩ tìm nguyên nhân và đề xuất giải pháp???**

```
> tracepath -n 172.16.0.1
1?: [LOCALHOST] pmtu 1500
1: 10.0.0.1 0.323ms
1: 10.0.0.1 0.244ms
2: 192.168.12.1 0.512ms
3: 192.168.11.1 0.613ms
```



```

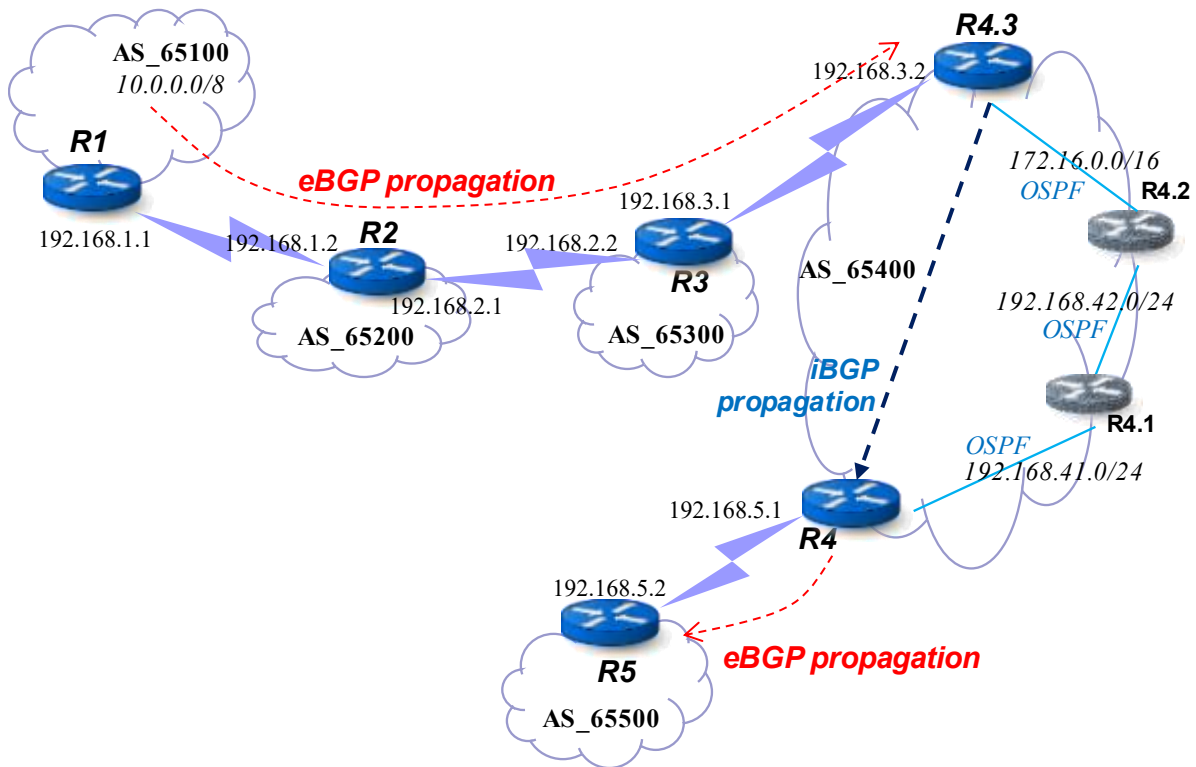
4: no reply
5: no reply
6: no reply
7: no reply
8: 172.16.0.1
Resume: pmtu 1500 hops 8 back 8

```

2.349ms reached

6.4 eBGP và iBGP

Các router BGP kết nối “láng giềng” với nhau để loan báo các network giữa các AS. Bài thực hành này mô phỏng trường hợp các router BGP kết nối giữa 2 AS (eBGP) hoặc kết nối cùng trong 1 AS (iBGP). Sơ đồ mạng như trong hình vẽ bên dưới. Để network 10.0.0.0/8 của AS 65100 được loan báo đến AS 65500, các BGP router R1, R2, R3 và R4.3 sử dụng eBGP. Khi vào đến AS 65400, BGP router R4.3 sử dụng iBGP để loan báo network 10.0.0.0/8 đến BGP router R4. Cuối cùng, BGP router R4 lại sử dụng eBGP để loan báo đến R5.



1. Cấu hình network và BGP cho các router R1, R2, R3 như bài trên. Cấu hình network R4.3:

```

R4.3> sudo nano /etc/netplan/01-netcfg.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s3:
      dhcp4: false
      addresses: [192.168.3.2/24]
    enp0s8:
      dhcp4: false
      addresses: [172.16.0.2/16]
> sudo netplan apply

```

2. Cấu hình OSPF và BGP cho router R4.3. Lưu ý là R4.3 có 2 router BGP láng giềng là R3 (thuộc AS 65300) và R4 thuộc cùng AS 65400:

```

R4.3> sudo nano /etc/quagga/ospfd.conf
hostname r43
password zebra
router ospf
  network 172.16.0.0/16 area 1
> sudo service ospfd restart

R4.3> sudo nano /etc/quagga/bgpd.conf
password zebra
router bgp 65400
  neighbor 192.168.3.1 remote-as 65300

```

```
neighbor 192.168.41.1 remote-as 65400
> sudo service bgpd restart
```

3. Cấu hình địa chỉ IP và IGP (OSPF) cho các router R4.1 và R4.2 như bài trước. Cấu hình BGP R4 cũng có 2 router BGP láng giềng là R5 (thuộc AS 65500) và R4.3 thuộc cùng AS 65400:

```
R4> sudo nano /etc/quagga/ospfd.conf
hostname r4
password zebra
router ospf
  network 192.168.41.0/24 area 1

> sudo service ospfd restart

R4> sudo nano /etc/quagga/bgpd.conf
password zebra
router bgp 65400
  neighbor 172.16.0.2 remote-as 65400
  neighbor 192.168.5.2 remote-as 65500

> sudo service bgpd restart
```

4. Vào console của Zebra trên R4.3 để kiểm tra bảng routing (có đủ thông tin về các nguồn cập nhật từ RTE hơn là chỉ dùng lệnh *route*), thấy đã có network 10.0.0.0/8 được cập nhật theo BGP và các network trong AS 65400 được cập nhật theo OSPF:

```
R4.3> telnet 127.0.0.1 2601
Trying 127.0.0.1...

R43> show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, P - PIM, A - Babel, N - NHRP,
       > - selected route, * - FIB route

B>* 10.0.0.0/8 [20/0] via 192.168.3.1, enp0s3, 00:11:58
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
O 172.16.0.0/16 [110/10] is directly connected, enp0s8, 00:08:16
C>* 172.16.0.0/16 is directly connected, enp0s8
C>* 192.168.3.0/24 is directly connected, enp0s3
O>* 192.168.41.0/24 [110/30] via 172.16.0.1, enp0s8, 00:08:06
O>* 192.168.42.0/24 [110/20] via 172.16.0.1, enp0s8, 00:08:06
```

5. Vào console của Zebra trên R4 để kiểm tra bảng routing, không thấy xuất hiện mạng 10.0.0.0/8 mặc dù vào console của BGP cũng trên R4 thấy AS path 10.0.0.0/8:

```
R4> telnet 127.0.0.1 2601
Trying 127.0.0.1...

r4> show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, P - PIM, A - Babel, N - NHRP,
       > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
O>* 172.16.0.0/16 [110/30] via 192.168.41.2, enp0s3, 03:30:50
C>* 192.168.5.0/24 is directly connected, enp0s9
O 192.168.41.0/24 [110/10] is directly connected, enp0s3, 07:08:03
C>* 192.168.41.0/24 is directly connected, enp0s3
O>* 192.168.42.0/24 [110/20] via 192.168.41.2, enp0s3, 07:07:51
r4> exit

R4> telnet 127.0.0.1 2605
Trying 127.0.0.1...

r4> show ip bgp
BGP table version is 0, local router ID is 192.168.56.204
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, = multipath,
               i internal, r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
 10.0.0.0           192.168.3.1             100      0 65300 65200 65100 i

Displayed 1 out of 1 total prefixes
```

Lý do là R4 được kết nối láng giềng với R4.3 nên nhận được thông tin về network 10.0.0.0/8 theo giao thức BGP và xây dựng AS path vào bảng BGP routing của mình (chú ý là AS path của R4 đi đến mạng 10.0.0.0/8 giống như AS path trên R4.3 và có cùng next hop là R3). Tuy nhiên, network 10.0.0.0/8 không được lan tỏa vào trong AS

65400 (R4 không nhận được network này thông qua IGP OSPF) và như vậy các router nội bộ của AS65400 không biết đường routing đến mạng 10.0.0.0/8. Đây là lý do R4 không cập nhập mạng 10.0.0.0/8 từ bảng BGP routing vào bảng routing của router (vì R4 không xác định được next hop cho network 10.0.0.0/8 – phân biệt với next hop trong bảng routing BGP là router AS láng giềng). Nếu xem bảng routing của các router nội bộ AS65400 cũng sẽ không thấy đường đi đến 10.0.0.0/8:

```
r4.1> route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask          Flags Metric Ref    Use Iface
172.16.0.0        192.168.42.2    255.255.0.0      UG        20     0      0 enp0s8
192.168.41.0      0.0.0.0         255.255.255.0    U         0     0      0 enp0s3
192.168.42.0      0.0.0.0         255.255.255.0    U         0     0      0 enp0s8

R4.2> route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask          Flags Metric Ref    Use Iface
172.16.0.0        0.0.0.0         255.255.0.0      U         0     0      0 enp0s8
192.168.41.0      192.168.42.1    255.255.255.0    UG        20     0      0 enp0s3
192.168.42.0      0.0.0.0         255.255.255.0    U         0     0      0 enp0s3
```

6. Cấu hình địa chỉ IP và BGP cho R5, kiểm tra bảng routing BGP không thấy mạng 10.0.0.0/8 được lan truyền từ R4 đến R5:

```
R5> sudo nano /etc/netplan/01-netcfg.yaml
network:
  ethernets:
    enp0s8:
      addresses: [192.168.5.2/24]

> sudo netplan apply

R5> sudo nano /etc/quagga/bgpd.conf
password zebra
router bgp 65500
  neighbor 192.168.5.1 remote-as 65400

> sudo service bgpd restart

R5> telnet 127.0.0.1 2605
Trying 127.0.0.1...

r5> show ip route
No BGP prefixes displayed, 0 exist
```

Cũng như lý do bên trên, bảng routing BGP của R4 nhận được thông tin mạng 10.0.0.0/8 nhưng nó không xác định được next hop để đi đến mạng này nên không quảng bá tiếp mạng 10.0.0.0/8 sang BGP láng giềng là R5.

7. Cấu hình “redistribute bgp” OSPF trên R4.3 để lan tỏa các bản ghi BRP vào nội bộ AS 65400. Xem bảng routing của R4.3 thấy xuất hiện mạng 10.0.0.0/8:

```
R4.3> sudo nano /etc/quagga/ospfd.conf
hostname r43
password zebra
router ospf
  network 172.16.0.0/16 area 1

redistribute bgp

> sudo service ospfd restart

> route -n
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask          Flags Metric Ref    Use Iface
10.0.0.0         192.168.3.1     255.0.0.0        UG        20     0      0 enp0s3
172.16.0.0        0.0.0.0         255.255.0.0      U         0     0      0 enp0s8
192.168.3.0       0.0.0.0         255.255.255.0    U         0     0      0 enp0s3
192.168.41.0      172.16.0.1     255.255.255.0    UG        20     0      0 enp0s8
192.168.42.0      172.16.0.1     255.255.255.0    UG        20     0      0 enp0s8
```

8. Kiểm tra bảng routing BGP trên R4 thấy xuất hiện mạng 10.0.0.0/8 đã được cập nhập từ R4.3. Đối chiếu với bước 5 thấy AS path đến mạng 10.0.0.0/8 tại R4 giống như tại R4.3 (đều lấy R3 với địa chỉ 192.168.3.1 là next hop)

```
R4> telnet 127.0.0.1 2605
Trying 127.0.0.1...

r4> show ip bgp
BGP table version is 0, local router ID is 192.168.56.204
```

```
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, = multipath,
               i internal, r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
10.0.0.0            192.168.3.1              100      0 65300 65200 65100 i

Displayed 1 out of 1 total prefixes
```

9. Trên R5, kiểm tra BGP láng giềng đã thấy R4 tuy nhiên mạng 10.0.0.0/8 vẫn chưa được lan tỏa từ R4. **Hãy suy nghĩ tìm nguyên nhân và đề xuất giải pháp???**

```
R5> telnet 127.0.0.1 2605
Trying 127.0.0.1...

r5> show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 192.168.5.1, remote AS 65400, local AS 65500, external link
  BGP version 4, remote router ID 192.168.56.204
  BGP state = Established, up for 03:58:09
. . . . .

r5> show ip bgp
No BGP prefixes displayed, 0 exist
```