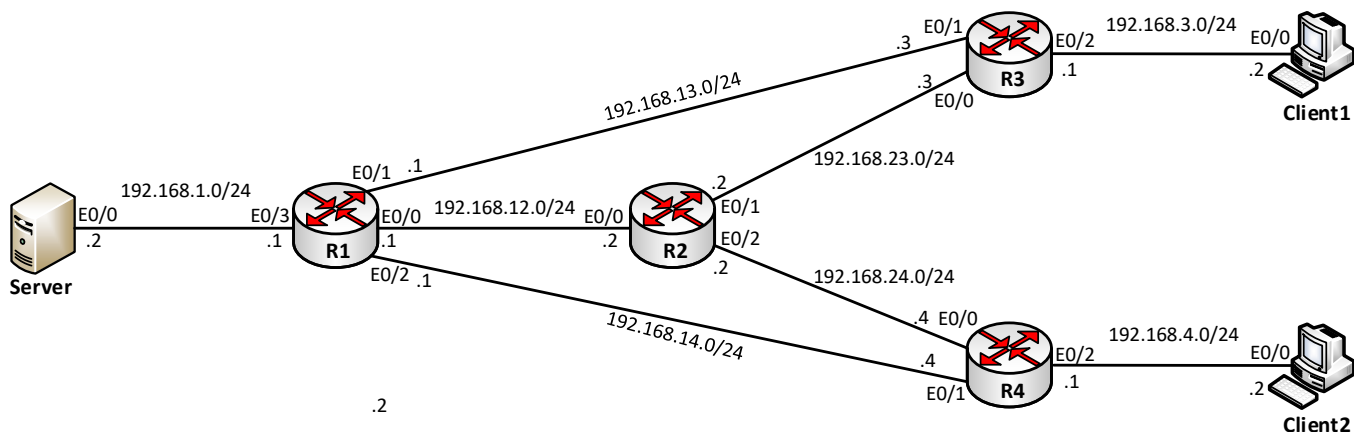


Lab 13 – Demo Multicast

Sơ đồ:



Hình 1 – Sơ đồ bài lab.

Mô tả:

- Bài lab này thực hiện xây dựng một mạng lưới multicast đơn giản hỗ trợ cho việc stream một luồng dữ liệu từ Server đến các Client 1 và 2. Mạng lưới multicast này gồm 4 router R1, R2, R3 và R4.
- Sơ đồ trên đã được xây dựng sẵn cấu hình ban đầu. Trong cấu hình này, các địa chỉ IP trên các interface của các thiết bị đều đã được thiết lập, bên cạnh đó, giao thức định tuyến OSPF cũng đã được triển khai trên các router đảm bảo mọi địa chỉ trên sơ đồ đi đến được nhau.
- Mạng lưới multicast được xây dựng sẽ được thử nghiệm trên hai loại giao thức định tuyến multicast PIM Dense – mode và PIM Sparse – mode để giúp học viên hình dung được cách thức chuyển dữ liệu multicast theo hai phương pháp này.
- Ngoài các địa chỉ IP đã thể hiện trên sơ đồ hình 1, trên mỗi router đều có cấu hình thêm interface loopback 0 với địa chỉ 10.0.0.x/32, với x là số hiệu của router. Các địa chỉ này cũng đều được quảng bá vào OSPF trên các router.

Thực hiện:

1. PIM Dense – mode:

- Cấu hình PIM Dense – mode trên tất cả các interface của các router.
- Trên Server, thực hiện phát một luồng dữ liệu multicast đến địa chỉ nhóm 225.0.0.1 đồng thời thực hiện cho các client tham gia vào nhóm này.
- Kiểm tra bảng định tuyến multicast trên các router và xác nhận rằng luồng lưu lượng multicast vừa nêu đã đi đến được các client.

Cấu hình:

Ta thực hiện bật định tuyến multicast trên các router sử dụng giao thức PIM Dense – mode.

Trên R1:

```
ip multicast-routing
interface range e0/0 - 3
 ip pim dense-mode
```

Trên R2, R3, R4:

```
ip multicast-routing
interface range e0/0 - 2
 ip pim dense-mode
```

Ghi chú:

Với truyền dữ liệu theo phương thức multicast, lưu lượng multicast sẽ chỉ đi đến những đối tượng nào cần đến nó. Điều này có nghĩa là lưu lượng multicast chỉ đi trên những đường link dẫn đến các user có tham gia vào nhóm multicast tương ứng. Phương thức phân phối kiểu này sẽ được cấu thành từ hai thành phần:

- Một cây phân phối cho mỗi group multicast sẽ được xây dựng với gốc cây là nguồn phát multicast và các nhánh cây là các link đi đến các user multicast của nhóm. Ta gọi cây này là SPT – Shortest Path Tree.
- Hoạt động phân phối các gói tin multicast từ nguồn phát đi xuống cây SPT sử dụng một cơ chế kiểm tra có tên gọi là RPF – Reverse Path Forwarding.

Để có thể xây dựng được một cây đường đi tối ưu SPT nhằm phân phối lưu lượng multicast một cách tối ưu từ nguồn đến đích, chúng ta cần phải sử dụng các phương thức định tuyến multicast. Có hai kỹ thuật định tuyến multicast cơ bản được sử dụng là PIM Dense Mode và PIM Sparse Mode.

PIM – Protocol Independent Multicast về bản chất là một giao thức báo hiệu, không hề có hoạt động trao đổi các thông tin định tuyến hay tính toán định tuyến giống như các giao thức định tuyến khác. PIM sử dụng bảng định tuyến đã được xây dựng sẵn trước đó bởi các giao thức định tuyến unicast để thực hiện kiểm tra RPF.

PIM Dense Mode giả thiết rằng các group multicast rất phổ biến đến mức mọi subnet trong mạng đều có ít nhất một receiver muốn nhận multicast traffic. Vì vậy, đầu tiên, khi một router chạy PIM Dense Mode nhận được lưu lượng multicast, nó sẽ thực hiện thao tác đẩy lưu lượng này ra tất cả các cổng trừ cổng nhận vào. Cứ như thế trên mọi router dẫn đến lưu lượng multicast sẽ được phân phối trên toàn hệ thống mạng.

Khi router nhận được một gói multicast, nó kiểm tra source IP của gói tin và thực hiện tra cứu bảng định tuyến unicast cho địa chỉ source IP này (thao tác kiểm tra RPF). Nếu outgoing interface của route đi đến source IP vừa nói ở trên trùng với interface mà từ đó router nhận được gói tin, gói tin được xem là đã pass kiểm tra RPF và sẽ được phân phối đi tiếp từ router; nếu outgoing interface của route không trùng với cổng tiếp nhận gói tin, gói tin sẽ bị drop bỏ. Ứng xử như vậy sẽ giúp loại trừ khả năng xảy ra loop khi router thực hiện trung chuyển lưu lượng multicast: chỉ các upstream router mới được phép chuyển lưu lượng multicast đi xuống, các downstream router không được phép đẩy ngược gói tin multicast lên phía trên.

Bên cạnh đó, tất cả các cổng mà router nhận được lưu lượng multicast nếu không qua được kiểm tra RPF sẽ được gửi tín hiệu “Prune” để router lảng giềng phía cổng đó không gửi lưu lượng multicast đến router đang xét nữa, ta gọi thao tác này là xén tỉa (prune) các input interface không tối ưu; khi tất cả các router đều thực hiện xong kiểm tra RPF cho lưu lượng multicast, chỉ còn các cổng tối ưu được phép nhận lưu lượng multicast và cây SPT tối ưu được hình thành.

Nếu một gói tin pass kiểm tra RPF, router sẽ phải xác định xem cần phải đẩy gói tin ra những cổng ra nào. Đầu tiên, những cổng ra mà router sẽ forward lưu lượng multicast là những cổng mà ở đó tồn tại PIM neighbor hoặc những cổng mà router nhận được yêu cầu tham gia nhóm từ end – user đầu cuối (bằng cách sử dụng giao thức IGMP). Tiếp đó, những router PIM nào thấy rằng nó không hề có đối tượng nào ở phía dưới muốn nhận lưu lượng multicast (không có PIM neighbor ở phía dưới và không hề có end user nào gửi tín hiệu xin nhận lưu lượng), sẽ thực hiện gửi lên các upstream neighbor gói tin Prune để yêu cầu phía trên không gửi lưu lượng multicast xuống cho nó nữa. Các upstream neighbor này sẽ đưa cổng nối đến router vừa nêu ra khỏi danh sách forward lưu lượng multicast xuống.

Cùng với thao tác kiểm tra RPF, thao tác gửi Prune vừa nói đến sẽ cùng nhau thực hiện tối ưu hóa cây SPT để cuối cùng chỉ còn lại những nhánh cây cần thiết và tối ưu đi đến các end – user.

PIM Dense Mode sử dụng một timer cho hoạt động Prune có giá trị mặc định là 3 phút. Mọi cổng bị Prune khỏi danh sách cổng ra (OIL – Outgoing Interface List) của lưu lượng multicast sẽ chỉ bị khóa 3 phút, sau đó sẽ lại được mở để truyền dữ liệu multicast xuống tiếp, nếu ở phía ấy vẫn không có ai cần nhận lưu lượng multicast, PIM neighbor ở phía ấy phải gửi tiếp thông điệp Prune để router đang xét lại khóa cổng này lại, .v.v....

Ưu điểm thấy rõ của PIM Dense Mode là tính chất “plug – and – play”. Chúng ta chỉ cần cấu hình xong các cổng tham gia PIM Dense Mode là mạng đã có thể truyền lưu lượng multicast.

Để bật định tuyến multicast trên một router, chúng ta cần phải sử dụng lệnh:

```
R(config)#ip multicast-routing
```

Chúng ta cũng cần phải chỉ rõ cổng nào của router sẽ tham gia PIM để có thể gửi/nhận lưu lượng multicast trên cổng ấy:

```
R(config-if)#ip pim dense-mode
```

Kiểm tra:

Ta kiểm tra rằng các router đã thiết lập quan hệ láng giềng PIM đầy đủ với nhau:

```
R1#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      P - Proxy Capable, S - State Refresh Capable, G - GenID Capable
Neighbor      Interface      Uptime/Expires    Ver    DR
Address
192.168.12.2   Ethernet0/0      00:01:06/00:01:37 v2      1 / DR S P G
192.168.13.3   Ethernet0/1      00:01:01/00:01:42 v2      1 / DR S P G
192.168.14.4   Ethernet0/2      00:00:55/00:01:18 v2      1 / DR S P G
```

R2#show ip pim neighbor

PIM Neighbor Table

 Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
 P - Proxy Capable, S - State Refresh Capable, G - GenID Capable

Neighbor Address	Interface	Uptime/Expires	Ver	DR Prio/Mode
192.168.12.1	Ethernet0/0	00:01:11/00:01:33	v2	1 / S P G
192.168.23.3	Ethernet0/1	00:01:05/00:01:38	v2	1 / DR S P G
192.168.24.4	Ethernet0/2	00:01:00/00:01:43	v2	1 / DR S P G

R3#show ip pim neighbor

PIM Neighbor Table

 Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
 P - Proxy Capable, S - State Refresh Capable, G - GenID Capable

Neighbor Address	Interface	Uptime/Expires	Ver	DR Prio/Mode
192.168.23.2	Ethernet0/0	00:01:23/00:01:20	v2	1 / S P G
192.168.13.1	Ethernet0/1	00:01:23/00:01:19	v2	1 / S P G

R4#show ip pim neighbor

PIM Neighbor Table

 Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
 P - Proxy Capable, S - State Refresh Capable, G - GenID Capable

Neighbor Address	Interface	Uptime/Expires	Ver	DR Prio/Mode
192.168.24.2	Ethernet0/0	00:01:20/00:01:22	v2	1 / S P G
192.168.14.1	Ethernet0/1	00:01:20/00:01:22	v2	1 / S P G

Ta thực hiện cho các client (Client1 và Client2) tham gia vào nhóm 225.0.0.1, các client này khi đó sẽ báo hiệu cho các router gần nhất (ở đây là R3 và R4) bằng IGMP rằng chúng đã tham gia nhóm này.

Trên Client1 và Client2:

```
interface e0/0
ip igmp join-group 225.0.0.1
```

Trên các router R3 và R4 kiểm tra rằng chúng đã tiếp nhận được yêu cầu tham gia nhóm 225.0.0.1 từ các client bằng IGMP:

R3#show ip igmp groups

IGMP Connected Group Membership

Group Address	Interface	Uptime	Expires	Last Reporter	Group Accounted
225.0.0.1	Ethernet0/2	00:00:44	00:02:46	192.168.3.2	
224.0.1.40	Ethernet0/0	00:07:14	00:02:49	192.168.23.3	

R4#show ip igmp groups

IGMP Connected Group Membership

Group Address	Interface	Uptime	Expires	Last Reporter	Group Accounted
225.0.0.1	Ethernet0/2	00:00:56	00:02:43	192.168.4.2	
224.0.1.40	Ethernet0/0	00:07:25	00:02:23	192.168.24.4	

Từ Server, ta thực hiện stream một luồng dữ liệu multicast vào nhóm 225.0.0.1. Điều này được thực hiện một cách đơn giản bằng hoạt động ping đến địa chỉ 225.0.0.1:

```
Server#ping 225.0.0.1 repeat 100
```

```
Type escape sequence to abort.  
Sending 100, 100-byte ICMP Echos to 225.0.0.1, timeout is 2 seconds:
```

```
Reply to request 0 from 192.168.3.2, 2 ms  
Reply to request 0 from 192.168.4.2, 2 ms  
Reply to request 1 from 192.168.4.2, 2 ms  
Reply to request 1 from 192.168.3.2, 7 ms  
Reply to request 2 from 192.168.4.2, 1 ms  
Reply to request 2 from 192.168.3.2, 1 ms  
(...)
```

Ta thấy, ứng với mỗi gói ICMP Echo Request của Server sẽ có hai gói Echo Reply trả về từ hai client (192.168.3.2 và 192.168.4.2). Như vậy Server đã stream thành công lưu lượng nhóm 225.0.0.1 đến các client.

Ta thực hiện kiểm tra bảng định tuyến multicast của các router:

```
R1#show ip mroute 225.0.0.1
```

```
(...)  
(* , 225.0.0.1), 00:09:47/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D  
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0  
  Outgoing interface list:  
    Ethernet0/2, Forward/Dense, 00:09:47/stopped  
    Ethernet0/1, Forward/Dense, 00:09:47/stopped  
    Ethernet0/0, Forward/Dense, 00:09:47/stopped  
  
(192.168.1.2, 225.0.0.1), 00:09:47/00:02:12, flags: T  
  Incoming interface: Ethernet0/3, RPF nbr 0.0.0.0  
  Outgoing interface list:  
    Ethernet0/0, Prune/Dense, 00:03:51/00:02:05  
    Ethernet0/1, Forward/Dense, 00:01:02/stopped  
    Ethernet0/2, Forward/Dense, 00:00:49/stopped
```

```
R2#show ip mroute 225.0.0.1
```

```
(...)  
(* , 225.0.0.1), 00:09:51/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D  
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0  
  Outgoing interface list:  
    Ethernet0/2, Forward/Dense, 00:09:51/stopped  
    Ethernet0/1, Forward/Dense, 00:09:51/stopped  
    Ethernet0/0, Forward/Dense, 00:09:51/stopped  
  
(192.168.1.2, 225.0.0.1), 00:01:00/00:01:59, flags: PT  
  Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 192.168.12.1  
  Outgoing interface list:  
    Ethernet0/1, Prune/Dense, 00:00:58/00:02:01  
    Ethernet0/2, Prune/Dense, 00:01:00/00:01:59
```

```
R3#show ip mroute 225.0.0.1
(...)
(*, 225.0.0.1), 00:23:51/stopped, RP 0.0.0.0, flags: DC
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    Ethernet0/2, Forward/Dense, 00:01:11/stopped
    Ethernet0/1, Forward/Dense, 00:23:51/stopped
    Ethernet0/0, Forward/Dense, 00:23:51/stopped

(192.168.1.2, 225.0.0.1), 00:09:57/00:02:02, flags: T
  Incoming interface: Ethernet0/1, RPF nbr 192.168.13.1
  Outgoing interface list:
    Ethernet0/2, Forward/Dense, 00:01:11/stopped
    Ethernet0/0, Prune/Dense, 00:09:57/00:01:55, A

R4#show ip mroute 225.0.0.1
(...)
(*, 225.0.0.1), 00:23:54/stopped, RP 0.0.0.0, flags: DC
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    Ethernet0/2, Forward/Dense, 00:01:05/stopped
    Ethernet0/1, Forward/Dense, 00:23:54/stopped
    Ethernet0/0, Forward/Dense, 00:23:54/stopped

(192.168.1.2, 225.0.0.1), 00:10:03/00:01:58, flags: T
  Incoming interface: Ethernet0/1, RPF nbr 192.168.14.1
  Outgoing interface list:
    Ethernet0/2, Forward/Dense, 00:01:05/stopped
    Ethernet0/0, Prune/Dense, 00:10:03/00:01:47, A
```

Các dòng (S,G) mô tả cây SPT cho source S và group G. Lưu ý rằng, bên cạnh đó, các dòng (*,G) cũng xuất hiện trong bảng định tuyến multicast của router, entry này không có ý nghĩa khi xem xét với PIM Dense Mode mà được tạo ra để thuận tiện cho hoạt động định tuyến với PIM của Cisco IOS.

Với mỗi dòng (S,G), ta đều thấy đầy đủ các thông tin về “Incoming interface” và “Outgoing interface list”.

Căn cứ vào kết quả show ở trên, ta thấy rằng lưu lượng multicast từ Server sẽ đi qua R1, xuống các client theo các nhánh nối đến R3 và R4, bỏ qua R2. Đây chính là một lộ trình phân phối tối ưu lưu lượng multicast. Từ kết quả show ta cũng thấy rằng các nhánh khác của sơ đồ đều đã được “tỉa bỏ” (“Prune”).

2. PIM Sparse – mode:

- Gỡ bỏ cấu hình PIM Dense – mode vừa thực hiện trên các router.
- Thực hiện cấu hình PIM Sparse – mode trên các router. Trong cấu hình này, trên các router thực hiện chỉ định tĩnh RP về địa chỉ 10.0.0.2 (loopback 0) của R2.
- Cấu hình để lưu lượng multicast đi đến Client1 luôn đi theo cây Shared Tree (đi qua router RP) và lưu lượng đi đến Client2 sẽ chuyển qua cây SPT với source là Server multicast.
- Tương tự như ở trên, từ server thực hiện stream một luồng lưu lượng multicast đến nhóm 225.0.0.1 và kiểm tra xác nhận rằng các client đều nhận được lưu lượng này.

Cấu hình:

Trên R1:

```
ip pim rp-address 10.0.0.2
interface range e0/0 - 3
  no ip pim dense-mode
  ip pim sparse-mode
```

Trên R2, R3 và R4:

```
ip pim rp-address 10.0.0.2
interface range e0/0 - 2
  no ip pim dense-mode
  ip pim sparse-mode
```

Trên R3, ta cấu hình để router này không bao giờ chuyển qua cây SPT, chỉ sử dụng cây Sparse – tree:

```
R3(config)#ip pim spt-threshold infinity
```

Ghi chú:

Khác với PIM Dense Mode, PIM Sparse Mode (PIM SM) không sử dụng phương thức Flood and Prune, ban đầu dữ liệu multicast sẽ không được router tự động đẩy ra tất cả các cổng trừ cổng nhận vào rồi sau đó mới được giảm bớt bằng các thông điệp Prune. Với PIM SM, các thực thể nhận lưu lượng phải thực hiện báo hiệu rằng mình muốn nhận lưu lượng để có thể nhận được lưu lượng multicast. Hơn nữa, các thực thể nhận còn phải xây dựng một cây phân phối multicast tường minh về nguồn phát.

Với PIM SM, một thực thể trung gian bắt buộc phải được chỉ định để giúp cho nguồn phát và đối tượng nhận có thể trao đổi được dữ liệu với nhau là Rendezvous Point (RP). RP cần phải được biết bởi tất cả các router multicast. Khi các thực thể nhận muốn nhận lưu lượng của nhóm G, router gateway tại phía thực thể nhận sẽ thực hiện xây dựng một cây chia sẻ (share tree), kí hiệu (*,G) từ nó về phía RP. Router gateway này thực hiện điều đó bằng cách gửi gói tin PIM Join nhóm G ngược lên RP.

Tại phía nguồn phát, router gateway của nguồn phát sẽ thực hiện đăng ký lưu lượng multicast của nguồn phát đến router RP bằng cách sử dụng một gói tin của giao thức PIM là PIM Register. Gói tin này sẽ đóng gói multicast đầu tiên của luồng lưu lượng và được router gateway gửi *unicast* đến RP. RP sau khi biết được thông tin về luồng lưu lượng multicast sẽ thực hiện xây dựng một cây SPT từ nó về router gateway của nguồn phát bằng cách gửi đi gói tin PIM Join cho nhóm G của luồng multicast ngược theo các router PIM đi về nguồn phát. Với cây SPT mới này, RP sẽ tiếp nhận lưu lượng multicast từ nguồn phát và forward xuống cây chia sẻ (shared tree) để xuống đến tay người nhận.

Router gateway của các client sau khi nhận được lưu lượng được chuyển xuống từ RP thông qua cây chia sẻ và forward đến các end – user, sẽ thực hiện thiết lập một cây SPT thẳng về nguồn phát, từ đó router gateway sẽ nhận lưu lượng multicast từ cây SPT nối đến nguồn phát mà không cần thông qua trung gian RP và cây shared tree nữa. Tác vụ này được gọi là SPT switchover.

Để cấu hình sparse mode, chúng ta lên các cổng của các router bật PIM Sparse Mode:

```
R(config-if)#ip pim sparse-mode
```


Trên tất cả các router, chúng ta cần phải khai báo địa chỉ của router RP:

```
R(config)#ip pim rp-address Địa_chỉ_RP
```

Ta có thể cấu hình hiệu chỉnh hoạt động SPT – switchover để hoạt động này chỉ diễn ra khi tốc độ của luồng multicast vượt quá một tốc độ nào đó, nếu không, hoạt động chuyển lưu lượng multicast sẽ chỉ sử dụng cây shared tree:

```
R(config)#ip pim spt-threshold Tốc_độ_kbps
```

Câu lệnh này chỉ cần thực hiện trên router gateway của các client. Mặc định, các router gateway tại các client sẽ chuyển ngay sang cây SPT sau khi forward đi gói đầu tiên của luồng multicast. Nếu trong biến số tốc độ khai báo, ta sử dụng từ khóa “infinity”, router sẽ không bao giờ sử dụng cây SPT mà chỉ sử dụng cây shared tree để tiếp nhận lưu lượng multicast mà thôi.

Kiểm tra:

Trước khi thực hiện stream từ Server, ta kiểm tra bảng định tuyến của các router để thấy rằng, vì các router R3 và R4 nhận được yêu cầu cho nhóm 225.0.0.1 từ các client, chúng chủ động xây dựng trước một cây shared tree (*,225.0.0.1) về gốc là router RP và từ router RP về source vẫn chưa hề có cây SPT nào cả (source chưa phát):

```
R1#show ip mroute 225.0.0.1
Group 225.0.0.1 not found

R2#show ip mroute 225.0.0.1
(...)
(*, 225.0.0.1), 00:06:24/00:02:58, RP 10.0.0.2, flags: S
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    Ethernet0/2, Forward/Sparse, 00:05:49/00:02:36
    Ethernet0/1, Forward/Sparse, 00:06:24/00:02:58

R3#show ip mroute 225.0.0.1
(...)
(*, 225.0.0.1), 00:07:07/00:02:54, RP 10.0.0.2, flags: SC
  Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 192.168.23.2
  Outgoing interface list:
    Ethernet0/2, Forward/Sparse, 00:07:05/00:02:54

R4#show ip mroute 225.0.0.1
(...)
(*, 225.0.0.1), 00:06:11/00:02:45, RP 10.0.0.2, flags: SJC
  Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 192.168.24.2
  Outgoing interface list:
    Ethernet0/2, Forward/Sparse, 00:06:11/00:02:45
```


Tiếp theo, ta thực hiện stream một luồng lưu lượng từ Server đến 225.0.0.1:

```
Server#ping 225.0.0.1 repeat 100
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Sending 100, 100-byte ICMP Echos to 225.0.0.1, timeout is 2 seconds:
```

```
Reply to request 0 from 192.168.3.2, 17 ms
```

```
Reply to request 0 from 192.168.4.2, 46 ms
```

```
Reply to request 1 from 192.168.4.2, 3 ms
```

```
Reply to request 1 from 192.168.3.2, 14 ms
```

```
Reply to request 1 from 192.168.3.2, 5 ms
```

```
(...)
```

Ta thấy, hoạt động ping đã có hồi đáp từ các client chứng tỏ lưu lượng multicast đã đi thành công từ Server đến các client này.

Thực hiện kiểm tra bảng định tuyến multicast cho nhóm 225.0.0.1 của các router:

```
R1#show ip mroute 225.0.0.1
```

```
(...)
```

```
(* , 225.0.0.1), 00:00:28/stopped, RP 10.0.0.2, flags: SPF
```

```
Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 192.168.12.2
```

```
Outgoing interface list: Null
```

```
(192.168.1.2, 225.0.0.1), 00:00:28/00:03:05, flags: FT
```

```
Incoming interface: Ethernet0/3, RPF nbr 0.0.0.0
```

```
Outgoing interface list:
```

```
Ethernet0/2, Forward/Sparse, 00:00:28/00:03:01
```

```
Ethernet0/0, Forward/Sparse, 00:00:28/00:03:03
```

```
R2#show ip mroute 225.0.0.1
```

```
(...)
```

```
(* , 225.0.0.1), 00:12:13/stopped, RP 10.0.0.2, flags: S
```

```
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
```

```
Outgoing interface list:
```

```
Ethernet0/2, Forward/Sparse, 00:11:38/00:02:42
```

```
Ethernet0/1, Forward/Sparse, 00:12:13/00:03:04
```

```
(192.168.1.2, 225.0.0.1), 00:00:23/00:02:40, flags: T
```

```
Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 192.168.12.1
```

```
Outgoing interface list:
```

```
Ethernet0/1, Forward/Sparse, 00:00:23/00:02:36
```

```
R3#show ip mroute 225.0.0.1
```

```
(...)
```

```
(* , 225.0.0.1), 00:12:38/00:02:30, RP 10.0.0.2, flags: SC
```

```
Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 192.168.23.2
```

```
Outgoing interface list:
```

```
Ethernet0/2, Forward/Sparse, 00:12:37/00:02:30
```

```
R4#show ip mroute 225.0.0.1
(...)
(*, 225.0.0.1), 00:11:29/stopped, RP 10.0.0.2, flags: SJC
  Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 192.168.24.2
  Outgoing interface list:
    Ethernet0/2, Forward/Sparse, 00:11:29/00:02:27

(192.168.1.2, 225.0.0.1), 00:00:14/00:02:45, flags: JT
  Incoming interface: Ethernet0/1, RPF nbr 192.168.14.1
  Outgoing interface list:
    Ethernet0/2, Forward/Sparse, 00:00:14/00:02:45
```

Từ kết quả show ở trên, ta thấy:

- Có một cây SPT (192.168.1.2, 225.0.0.1) được hình thành giữa R1 và R2 để chuyển dữ liệu multicast từ source đi đến RP – là gốc của cây shared tree nối xuống R3 và R4.
- Có một cây shared tree (*, 225.0.0.1) với gốc cây là router RP (R2) và hai nhánh nối xuống hai router R3 và R4 – là các router gateway của các client.
- Vì R3 cấu hình không chuyển qua SPT, ta thấy trong bảng định tuyến multicast của R3 chỉ có một cây shared tree (*, 225.0.0.1) cho nhóm 225.0.0.1, như thế, lưu lượng multicast đi đến Client1 được lan truyền thông qua cây này.
- Router R4, ngược lại, sau khi nhận được gói đầu tiên của nhóm 225.0.0.1, nó chủ động xây dựng một cây SPT (192.168.1.2, 225.0.0.1) về thẳng source của lưu lượng (Incoming interface là E0/1 với next – hop là 192.168.14.1). Lưu lượng multicast đi đến Client2, vì vậy không đi qua shared tree (*, 225.0.0.1) mà đi thông qua cây SPT được xây dựng sau này (ta để ý ký hiệu “J” trên các entry định tuyến – ký hiệu này cho biết R4 đã chuyển sang sử dụng cây SPT thay vì cây shared tree).

Như vậy, đến đây, chúng ta đã hoàn thành test thử hai kỹ thuật định tuyến multicast cơ bản ở mức độ đơn giản nhất.