

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN OPEN SHORTEST PATH FIRST TRÊN NỀN IPV4 VỚI IPV6

Lê Hoàng Hiệp^{1*}, Trần Thị Yên², Lương Thị Minh Huệ¹, Dương Thị Quy¹

¹Trường Đại học Công nghệ thông tin & Truyền thông – ĐH Thái Nguyên,

²Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Nam Định

TÓM TẮT

Bài báo này tập trung nghiên cứu, đánh giá hiệu năng của riêng giao thức Open Shortest Path First (OSPF) trên hai hạ tầng công nghệ IPv4 với IPv6 dựa trên phương pháp mô phỏng thực nghiệm và từ đó có các kết luận định lượng về hiệu năng của OSPF trên mỗi hạ tầng công nghệ IPv4 với IPv6. Kết quả cho thấy, việc thay đổi giá trị của băng thông trên các cổng của bộ định tuyến đã làm thay đổi kết quả tổng metric của giải thuật, băng thông càng lớn thì metric càng nhỏ. Tổng độ trễ của các gói tin trên hạ tầng IPv6 nhỏ hơn tổng độ trễ của các gói tin trên hạ tầng IPv4 (cụ thể là nhỏ hơn 10.083 ms trong nghiên cứu này). Thời gian truyền dữ liệu sử dụng giao thức OSPFv3 trên hạ tầng IPv6 nhanh hơn so với giao thức OSPFv2 trên hạ tầng IPv4.

Từ khóa: OSPFv2 và OSPFv3; đánh giá; hiệu năng; định tuyến; giao thức định tuyến

Ngày nhận bài: 20/7/2020; Ngày hoàn thiện: 31/8/2020; Ngày đăng: 31/8/2020

STUDY TO PERFORMANCE EVALUATION OF OPEN SHORTEST PATH FIRST PROTOCOL ON IPv4 AND IPv6 NETWORK

Le Hoang Hiep^{1*}, Tran Thi Yen², Luong Thi Minh Hue¹, Duong Thi Quy¹

¹TNU - University of Information and Communication Technology,

²Nam Dinh University of Technology Education

ABSTRACT

In this paper, we focus on researching and evaluating OSPF's own performance on two IPv4 technology infrastructures with IPv6 based on empirical simulation method and thereby making quantitative conclusions about the performance of OSPF on each IPv4 technology infrastructure with IPv6. The results show that changing the value of bandwidth on the ports of the router has changed the total metric results of the algorithm, the larger the bandwidth, the smaller the metric. The total latency of packets on the IPv6 infrastructure is less than the total latency of packets on the IPv4 infrastructure (specifically, less than 10,083 ms in this study). Data transmission time using OSPFv3 protocol on IPv6 infrastructure is faster than OSPFv2 protocol on IPv4 infrastructure.

Keywords: OSPFv2 and OSPFv3; evaluate; performance; routing; routing protocol

Received: 20/7/2020; Revised: 31/8/2020; Published: 31/8/2020

* Corresponding author. Email: lhhiiep@ictu.edu.vn

1. Giới thiệu

Trong quá trình triển khai thiết kế các dự án hạ tầng mạng, bước lựa chọn giao thức định tuyến để thực thi cấu hình cài đặt cho phù hợp với dự án cụ thể là khó và khá phức tạp. Điều này đòi hỏi nhà thiết kế cần có hiểu biết và kiến thức sâu rộng cũng như kinh nghiệm thực tế trong quá trình vận hành, cài đặt cũng như quản trị hạ tầng mạng với các giao thức mà mình đã chọn lựa và quản trị. Tại Việt Nam, trong giai đoạn hiện nay, chủ yếu hạ tầng mạng của tổ chức doanh nghiệp đang sử dụng là công nghệ IPv4. Hạ tầng IPv6 đang được triển khai ở mức giai đoạn đầu, tuy nhiên được đánh giá là sẽ bùng nổ trong thời gian tới đây bởi nhiều ưu việt mà nó mang lại. Tuy nhiên, nền tảng hạ tầng và công nghệ IPv4 được dự đoán, đánh giá là vẫn còn tồn tại trong giai đoạn này và vẫn phục vụ đắc lực cho môi trường mạng Internet của các nhà cung cấp dịch vụ mạng tại Việt Nam như nó đã từng và đang tiếp diễn. Khâu lựa chọn giao thức cho mỗi dự án thiết kế mạng trở nên quan trọng bởi nó sẽ ảnh hưởng tới hiệu năng của hệ thống đã được thiết kế triển khai một cách trực tiếp. Việc nhận dạng đặc điểm, đánh giá hiệu năng, hiệu quả triển khai của giao thức định tuyến trong dự án thiết kế trở nên cần thiết hơn bao giờ hết. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu đặc điểm và so sánh hiệu năng hoạt động của giao thức OSPF độc lập ở riêng hạ tầng mạng IPv4 với hạ tầng mạng IPv6 nhằm đưa ra các phân tích định lượng về ưu nhược điểm của mỗi giao thức trên các hạ tầng công nghệ khác nhau, điều này giúp xây dựng ý kiến tham khảo cho các nhà thiết kế mạng có thêm cái nhìn khoa học về tính năng cũng như hiệu quả để áp dụng trong các dự án thực tế có hiệu quả cao hơn.

Có nhiều nghiên cứu trước đó cũng đã thực hiện đánh giá hiệu năng của giao thức định tuyến OSPF [1]-[7]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này thường là so sánh hiệu năng của giao thức OSPF với hiệu năng của một số giao thức khác như với RIP, EIGRP,... hoặc đánh giá hiệu năng của riêng OSPFv2 (trên hạ tầng

IPv4) hoặc là đánh giá hiệu năng của riêng OSPFv3 (trên hạ tầng IPv6). Trong nghiên cứu này, tập trung đánh giá hiệu năng của giao thức OSPF trên hai hạ tầng công nghệ riêng biệt (trên IPv4 và trên IPv6) dựa vào dữ liệu đầu vào (input) để tìm ra kết quả đánh giá đầu ra (output) thông qua mô phỏng thực nghiệm và từ đó có các kết luận định lượng về hiệu năng của OSPF trên mỗi hạ tầng công nghệ IPv4 với IPv6.

2. Cơ sở phân tích, nghiên cứu

2.1. Giao thức OSPF

Giao thức OSPF [1] được định nghĩa trong RFC 2328, là một giao thức định tuyến nội được sử dụng để phân phối thông tin định tuyến trong một AS (Autonomous System). Giao thức OSPF được xây dựng dựa trên trạng thái đường kết nối (Link-State). OSPF sử dụng thông tin trạng thái liên kết để đưa ra quyết định định tuyến, thực hiện tính toán tuyến đường bằng thuật toán đường dẫn ngắn nhất (SPF) đầu tiên (thuật toán Dijkstra). Mỗi bộ định tuyến khi chạy OSPF gửi đi các bản tin quảng cáo trạng thái liên kết trên toàn AS hoặc khu vực có chứa thông tin về bộ định tuyến được gắn công kết nối và các số liệu định tuyến. Mỗi bộ định tuyến sử dụng thông tin trong các quảng cáo trạng thái liên kết này để tính toán đường đi với chi phí thấp nhất cho mỗi mạng và xây dựng bảng định tuyến cho giao thức. OSPF định tuyến các gói IP chỉ dựa trên địa chỉ IP đích có trong tiêu đề gói IP. OSPF nhanh chóng phát hiện các thay đổi về sơ đồ mạng, chẳng hạn như khi các cổng của bộ định tuyến không khả dụng và tính toán các tuyến đường đi không có vòng lặp mới một cách nhanh chóng và tối thiểu lưu lượng truy cập định tuyến. Giao thức OSPF có thể phát hiện các thay đổi trong cấu trúc liên kết của mạng, chẳng hạn như lỗi liên kết và hội tụ trên cấu trúc định tuyến không có vòng lặp mới trong vài giây.

2.2. Thuật toán cho OSPF

OSPF sử dụng thuật toán Shortest Path First (Dijkstra) để xây dựng và tính toán đường đi ngắn nhất tới mạng đích. Các đặc điểm chính của thuật toán bao gồm:

- Khi khởi tạo hoặc do có bất kỳ thay đổi nào trong thông tin định tuyến, router sẽ tạo ra thông tin quảng bá trạng thái liên kết. Quá trình này đại diện cho tập hợp tất cả các trạng thái liên kết trên router đó.

- Tất cả các router trao đổi trạng thái liên kết bằng cách tạo lũ lụt (flooding) bản tin. Mỗi router nhận được bản tin này sẽ cập nhật trạng thái liên kết và lưu trữ một bản sao trong cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết của nó, sau đó truyền bản cập nhật đến các router khác.

- Sau khi cơ sở dữ liệu của mỗi router hoàn tất, nó sẽ tính toán đường dẫn ngắn nhất đến tất cả các đích trong mạng. Các điểm đến, chi phí liên quan và bước nhảy tiếp theo để đến các điểm đến đó tạo thành bảng định tuyến

- Trong trường hợp không có thay đổi nào trong mạng OSPF xảy ra, chẳng hạn như chi phí của một liên kết hoặc một mạng được thêm hoặc xóa. Mọi thay đổi xảy ra đều được truyền đạt thông qua các trạng thái liên kết và thuật toán Dijkstra được tính toán lại để tìm ra con đường ngắn nhất trong sơ đồ mạng.

2.3. OSPF Cost

Giá trị Cost (còn gọi là metric) của một cổng interface trong OSPF cho thấy chi phí cần thiết để gửi các gói tin qua một interface nhất định. Cost của một interface tỷ lệ nghịch với băng thông của interface đó. Nếu băng thông càng cao thì Cost sẽ càng thấp. Giá trị Cost tổng của một tuyến đường là tổng của tất cả các Cost ở out interface (cổng mà các router sẽ đẩy gói tin ra). Tuyến đường nào có giá trị tổng cost bé hơn là tuyến đường tốt nhất.

Công thức được sử dụng để tính chi phí là:

Metric = cost = 10⁸/Bandwidth (đơn vị bps)

Với:

- + Ethernet (BW = 10Mbps) → cost = 10
- + Fast Ethernet (BW = 100Mbps) → cost=1
- + Serial (BW = 1.544Mbps) → cost=64 (bỏ phần thập phân trong phép chia).

2.4. So sánh đặc điểm OSPFv2 và OSPFv3

Giao thức OSPFv3 là phiên bản mới của OSPFv2 được xây dựng để thực hiện định tuyến cho các hệ thống mạng trên nền IPv6,

được định nghĩa trong RFC – 2740 của IETF. Về mặt hoạt động, OSPFv3 giữ lại rất nhiều đặc điểm trong nguyên tắc hoạt động của OSPFv2 (chạy cho IPv4) như [1]-[3]:

- Cũng vẫn là một kiểu giao thức Link – state điển hình giống như OSPFv2: Các thông tin định tuyến được trao đổi là các bản tin LSA; sử dụng giải thuật Dijkstra để tính toán tìm ra đường đi tối ưu đến mọi đích đến trong mạng.

- Trên router Cisco, OSPFv3 cũng sử dụng giá trị AD là 110, metric vẫn được tính theo giá trị cost tích lũy trên các interface.

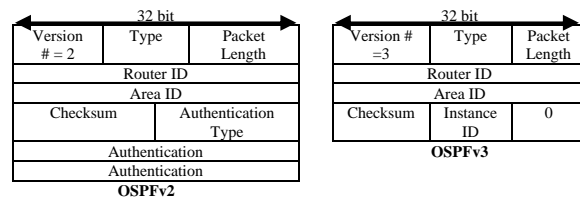
- Sử dụng các loại gói tin/bản tin giống như với OSPFv2: Hello, Database Description (DBD), Link State Request (LSR) và Link State Update (LSU).

- Một số cơ chế khác như: các network – type, area – type, thiết lập neighbor,... cũng vẫn được giữ nguyên.

Tất nhiên, khi chuyển sang hoạt động trên nền IPv6, OSPFv3 sẽ phải có một số khác biệt như:

- Địa chỉ multicast được sử dụng trong trao đổi thông tin định tuyến hiển nhiên phải là các địa chỉ IPv6 dạng: FF02::5 và FF02::6.

- Các địa chỉ IPv6 không còn xuất hiện trong header của các gói tin OSPFv3 như với OSPFv2 như mô tả tại hình 1.



Hình 1. So sánh phần Header trong gói tin OSPFv2 và OSPFv3

- Hơn nữa, vì một link của một mạng IPv6 có thể được gán nhiều địa chỉ IP nên các bản tin LSA type 1 và type 2 không mang theo các địa chỉ IP trên các link giống như với IPv4 mà chỉ mang theo thông tin về bản thân các link để phục vụ cho việc tính toán Dijkstra nội vùng.

- Từ đó, để cập nhật được thông tin về các địa chỉ IP trên các link sau khi tính toán định tuyến xong, một loại LSA mới được đưa ra chỉ để vận chuyển thông tin về các subnet IP trong nội bộ một Area là LSA type 9 – Intra

Area Prefix LSA. LSA type 9 chỉ lan truyền trong nội bộ Area.

- Bên cạnh LSA type 9, một loại LSA mới khác cũng được thêm vào là LSA type 8 – Link LSA. Đây là loại LSA dùng để cung cấp thông tin về địa chỉ link – local trên link của một router cho tất cả các router khác cùng kết nối vào cùng một link với router ấy. LSA type 8 chỉ lan truyền trên nội bộ một đường link.

Ngoài hai loại LSA mới này, các LSA khác vẫn được giữ nguyên giống như với OSPFv2 (LSA type 1, 2, 3, 4, 5 và 7).

- Cuối cùng, giao thức OSPFv3 sử dụng tính năng IP Sec của IPv6 với các header mở rộng AH và ESP để thực hiện xác thực định tuyến, thay vì phải đưa ra các cơ chế xác thực riêng như với giao thức OSPFv2.

Ngoài ra, có thể tóm tắt sự khác nhau giữa OSPFv2 và OSPFv3 như trong bảng 1.

3. Triển khai thực nghiệm, đánh giá

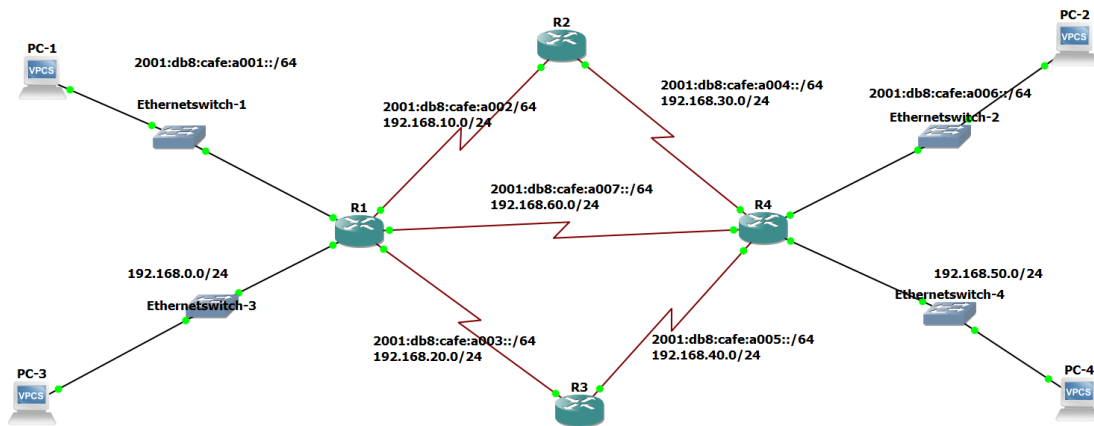
Bảng 1. Sự khác nhau giữa OSPFv2 và OSPFv3

Đặc điểm giao thức	OSPFv2	OSPFv3
Distance Vector / Link State	Link State	Link State
Routed Protocol Supported	IPv4	IPv6
VLSM Support	Yes	Yes
Router ID	32 bit Binary ID	32 bit Binary ID
Metric Value	Cost (Based on Bandwidth)	Cost (Based on Bandwidth)
How DR and BDR are elected	Based on highest priority value and then highest RID	Based on highest priority value and then highest RID
OSPF multicast all routers IP address	224.0.0.5	FF02::5
OSPF DR and BDR multicast IP address	224.0.0.6	FF02::6

3.1. Đặt vấn đề

Bản thân OSPF là giao thức định tuyến theo trạng thái đường liên kết, nó sẽ chọn đường có giá trị cost nhỏ nhất làm đường đi tới đích. Từ công thức tính Cost (metric của OSPF) ở trên ta thấy, băng thông (bandwidth) có ảnh hưởng rất lớn tới việc tính toán metric nên nó cũng có ảnh hưởng rất lớn tới việc định tuyến tìm đường đi tốt nhất trong giao thức định tuyến OSPF. Vì vậy ở các bước tiếp theo, ta tiến hành thực nghiệm thay đổi giá trị băng thông trên cổng để lấy số liệu định lượng nhằm so sánh hiệu năng của giao thức OSPF trên nền công nghệ IPv4 với IPv6 [4]-[7].

Nghiên cứu đã sử dụng nhiều mẫu sơ đồ mạng (Topology) khác nhau triển khai kết hợp hạ tầng IPv4 và IPv6 kết quả thực nghiệm triển khai cho thấy có sự trùng hợp với sơ đồ mạng trong hình 2.



Hình 2. Sơ đồ mạng tổng thể kết hợp hạ tầng mạng IPv4 và hạ tầng mạng IPv6

Trong sơ đồ mạng ở hình 2 sử dụng 4 thiết bị router, 2 thiết bị switch và 4 máy tính. Kết nối giữa các thiết bị này sử dụng 5 đường serial (WAN) và 4 đường Ethernet (LAN). Sơ đồ cũng sẽ áp dụng giao thức định tuyến OSPFv2 và OSPFv3 trên cả hai hạ tầng IPv4 và IPv6 để thực nghiệm.

Tiến hành cấu hình cho sơ đồ mạng hoàn chỉnh sử dụng OSPF trên cả hạ tầng IPv4 và IPv6, lúc này hệ thống mạng đã thông nhau hoàn toàn và tất cả các router đã có thông tin về đích đến, các PC có thể Ping thành công tới tất cả các đích trong sơ đồ mạng.

3.2. Thực nghiệm, đánh giá

3.2.1. Trường hợp 1: So sánh giữa Hello Packet trên OSPFv2 và OSPFv3

Các kịch bản truyền gói được thực hiện bằng cách gửi các gói ICMP cho các gói IPv4 và ICMPv6 cho IPv6 dưới dạng gói PING. IPv6 có các cải tiến hơn hẳn IPv4, các cải tiến không chỉ bao gồm trong tiêu đề gói IPv6 mà còn trong giao thức định tuyến. Có một sự đơn giản hóa trên giao thức định tuyến bên trong, đặc biệt là trên OSPFv3. Như trong OSPFv2, có một gói tin Hello được truyền theo định kỳ. Hình 3 và hình 4 cho thấy sự so sánh giữa Hello Packet trên OSPFv2 và OSPFv3. Các số liệu cho thấy OSPFv3 có định dạng đơn giản hơn.

```

Open Shortest Path First
  OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 192.168.60.1 (192.168.60.1)
    Area ID: 0.0.0.1
    Packet Checksum: 0xf344 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0
    Hello Interval: 10 seconds
    Options: 0x12 (L, E)
    Router Priority: 1
    Router Dead Interval: 40 seconds
    Designated Router: 0.0.0.0
    Backup Designated Router: 0.0.0.0
    Active Neighbor: 192.168.60.2
  OSPF LLS Data Block
    Checksum: 0xffff6
    LLS Data Length: 12 bytes
  Extended options TLV
  
```

Hình 3. Hello Packet của OSPFv2

Từ Hello Packet bị bắt, tổng chiều dài của khung mang gói tin Hello trên OSPFv2 là 90 byte. Kích thước của gói tin Hello là kích thước của khung trừ đi độ dài của tiêu đề IPv4 và tiêu đề lớp Liên kết dữ liệu là 48 byte. Ngược lại, độ dài của khung chứa Hello Packet trên OSPFv3 cũng là 90 byte và kích thước của Hello Packet là 40 byte.

Từ phân tích đã nói ở trên về kích thước gói Hello, OSPFv3 phải nhanh hơn OSPFv2 về mặt truyền bá bản tin Hello Message đến các bộ định tuyến lân cận. Để làm rõ điều này, các thử nghiệm đã được thực hiện bằng cách gửi một số lệnh PING từ PC3 đến PC4. Lệnh

PING được thực thi sau khi định cấu hình định tuyến thành công. Hình 5 là tóm tắt về thông báo PING trên IPv4 và hình 6 là thông báo PING trên IPv6.

```

Open Shortest Path First
  OSPF Header
    OSPF Version: 3
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 40
    Source OSPF Router: 4.4.4.4 (4.4.4.4)
    Area ID: 0.0.0.1
    Packet Checksum: 0x03d4 [correct]
    Instance ID: 0 (IPv6 unicast AF)
    Reserved: 0
  OSPF Hello Packet
    Interface ID: 8
    Router Priority: 1
    Options: 0x000013 (R, E, V6)
    Hello Interval: 10 seconds
    Router Dead Interval: 40 seconds
    Designated Router: 0.0.0.0
    Backup Designated Router: 0.0.0.0
    Active Neighbor: 1.1.1.1
  
```

Hình 4. Hello Packet của OSPFv3

```

ping 192.168.50.2
192.168.50.2 icmp_seq=1 timeout
192.168.50.2 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=3 ttl=62 time=84.742 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=4 ttl=62 time=42.627 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=5 ttl=62 time=47.609 ms
  
```

Hình 5. Ping khi sử dụng giao thức OSPFv2 trên IPv4

```

PC-1> ping 2001:db8:cafe:a006::2
2001:db8:cafe:a006::2 icmp6_seq=1 ttl=58 time=100.742 ms
2001:db8:cafe:a006::2 icmp6_seq=2 ttl=58 time=42.928 ms
2001:db8:cafe:a006::2 icmp6_seq=3 ttl=58 time=31.902 ms
2001:db8:cafe:a006::2 icmp6_seq=4 ttl=58 time=29.936 ms
2001:db8:cafe:a006::2 icmp6_seq=5 ttl=58 time=31.916 ms
  
```

Hình 6. Ping khi sử dụng giao thức OSPFv3 trên IPv6

Ở hình 5 là kết quả của việc áp dụng lệnh PING khi sử dụng giao thức OSPFv2 trên IPv4 cho thấy có 5 gói tin được gửi đi nhưng có 2 gói đầu tiên bị request timeout (bị mất trong quá trình truyền). Ngược lại, ở hình 6 cho thấy khi PING trên IPv6 thì vẫn nhận được đầy đủ các gói (5/5 gói) không bị mất bất kỳ gói nào.

Phân tích nói trên cho cả kích thước gói và tóm tắt thông báo PING cho thấy việc truyền gói IPv6 nhanh hơn và ổn định hơn so với IPv4. Kết quả này là do tiêu đề IPv6 đơn giản hơn tiêu đề IPv4, mặc dù kích thước của tiêu đề chính IPv6 lớn hơn tiêu đề cơ bản của IPv4. Hơn nữa việc cải tiến giao thức định tuyến trong IPv6, đặc biệt là trong OSPFv3 có độ dài của tiêu đề nhỏ hơn OSPFv2. Tiếp theo ta sẽ xét đến các trường hợp xem việc thay đổi băng thông trên công có ảnh hưởng như thế nào tới định tuyến trên OSPFv2 và OSPFv3.

3.2.2. Trường hợp 2: Giữ nguyên băng thông mặc định trên các cổng Serial của router R1

Băng thông mặc định trên các cổng Serial của router trong sơ đồ là 1544 Kbit như hiển thị trong hình 7.

```
R1#show int se0/0
Serial0/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Internet address is 192.168.10.1/24
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation HDLC, loopback not set
```

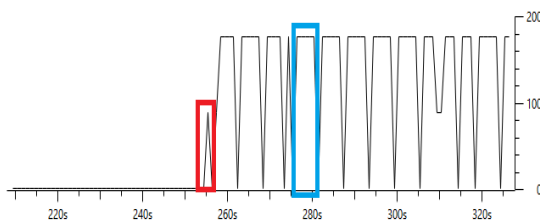
Hình 7. Băng thông mặc định trên cổng Serial 0/0 của router R1 (cổng Serial 0/1 và 1/0 còn lại cũng tương tự)

Với băng thông để mặc định như trên ta có thông tin băng định tuyến như trong bảng 2:

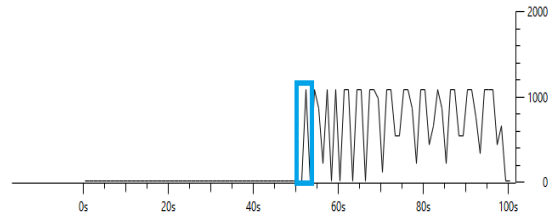
Bảng 2. Thông tin băng định tuyến trên nền IPv4 với IPv6

IPv4	IPv6
O 192.168.30.0/24 [110/128] via 192.168.60.2, Serial 1/0 [110/128] via 192.168.10.2, Serial 0/0	2001:db8:cafe:a004::/64 [110/128] via FE80:C002:2FFF:FEBC:0, Serial 0/0 via FE80:C004:30FF:FE9C:0, Serial 1/0
O 192.168.40.0/24 [110/128] via 192.168.60.2, Serial 1/0 [110/128] via 192.168.20.2, Serial 0/1	2001:db8:cafe:a005::/64 [110/128] via FE80:C003:20FF:FEC4:0, Serial 0/1 via FE80:C004:30FF:FE9C:0, Serial 1/0
O 192.168.50.0/24 [110/74] via 192.168.60.2, Serial 1/0	2001:db8:cafe:a006::/64 [110/74] via FE80:C004:30FF:FE9C:0, Serial 1/0

Từ thông tin bảng định tuyến trong bảng 2 cho thấy lưu lượng đi từ nguồn (PC1, PC3) đi đến đích (PC2, PC4) sẽ đi qua đường kết nối giữa cổng Serial 1/0 của R1 và Serial 1/0 của R4. Sử dụng WireShark để tiến hành bắt gói tin ICMP của IPv4 và ICMPv6 của IPv6 khi thực hiện lệnh Ping, ta có biểu đồ thể hiện trong hình 8 và hình 9:



Hình 8. Lưu lượng byte/giây của bài mô phỏng trên IPv4



Hình 9. Lưu lượng byte/giây của bài mô phỏng trên IPv6

Hình 8 và hình 9 mô tả biểu đồ thể hiện lưu lượng byte/giây đi qua đường truyền khi thực hiện lệnh PING trên hai hạ tầng IPv4 và IPv6. Trên hình phân được đánh dấu màu đỏ thể hiện cho 1 lần thực hiện lệnh PING.

Kết luận trường hợp 2:

- Từ bảng định tuyến ta thấy, giao thức OSPFv2 cho IPv4 và OSPFv3 cho IPv6 có thông tin định tuyến đến các mạng đích giống nhau về metric và công ra trên router R1.

- Khi PING thì trên hạ tầng IPv4 (hình 8) xuất hiện tình trạng request timeout (bị mất gói tin được đánh dấu ô vuông màu đỏ). Còn PING trên hạ tầng IPv6 (hình 9) thì không xuất hiện tình trạng này.

- Trong quá trình PING, với IPv4 việc gửi 5 gói tin ICMP và đợi phản hồi lại hết mất thời gian khá lâu (khoảng 5 giây); còn IPv6 thì ngược lại quá trình này diễn ra rất nhanh (khoảng 1-2 giây).

- Qua biểu đồ (hình 8, hình 9) cũng cho thấy, khi thực hiện lệnh PING giữa hai máy tính thì số lượng byte/giây đi qua đường truyền trong mô hình thực nghiệm với IPv6 lớn hơn nhiều so với IPv4 (cụ thể là IPv6: 1100 byte/giây, IPv4: 190 byte/giây). Phần được đánh dấu ô vuông màu xanh thể hiện cho 1 lần thực hiện lệnh Ping thành công. Còn phần được đánh dấu ô vuông màu đỏ thể hiện việc Ping bị mất gói (request timeout).

3.2.3. Trường hợp 3: Tăng gấp đôi băng thông trên các cổng Serial của router R1

Lúc này băng thông trên các cổng Serial của router R1 sẽ là 3088 Kbit như hiển thị trong hình 10.

```
R1(config-if)#do show int se1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up
Hardware is M4T
Internet address is 192.168.60.1/24
MTU 1500 bytes, BW 3088 Kbit, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation HDLC, crc 16, loopback not set
```

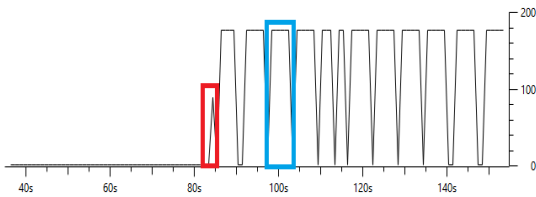
Hình 10. Thay đổi băng thông mặc định trên cổng Serial 0/0 của router R1

Với bảng thông thay đổi như trên ta có thông tin bảng định tuyến như trong bảng 3:

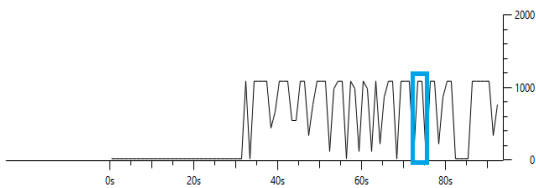
Bảng 3. Thông tin bảng định tuyến trên nền IPv4 với IPv6

IPv4	IPv6
O 192.168.30.0/24 [110/96] via 192.168.60.2, Serial 1/0 [110/96] via 192.168.10.2, Serial 0/0	2001:db8:cafe:a004::/64 [110/96] via FE80:C002:2FFF:FEBC:0, Serial 0/0 via FE80:C004:30FF:FE9C:0, Serial 1/0
O 192.168.40.0/24 [110/96] via 192.168.60.2, Serial 1/0 [110/96] via 192.168.20.2, Serial 0/1	2001:db8:cafe:a005::/64 [110/96] via FE80:C003:20FF:FEC4:0, Serial 0/1 via FE80:C004:30FF:FE9C:0, Serial 1/0
O 192.168.50.0/24 [110/42] via 192.168.60.2, Serial 1/0	2001:db8:cafe:a006::/64 [110/42] via FE80:C004:30FF:FE9C:0, Serial 1/0

Từ thông tin bảng định tuyến (mô tả trong bảng 3) cho thấy lưu lượng đi từ nguồn (PC1, PC3) đi đến đích (PC2, PC4) sẽ đi qua đường kết nối giữa cổng Serial 1/0 của R1 và Serial 11/0 của R4. Sử dụng WireShark để tiến hành bắt gói tin ICMP của IPv4 và ICMPv6 của IPv6 khi thực hiện lệnh Ping, từ đó ta có biểu đồ sau:



Hình 11. Lưu lượng byte/giây của bài mô phỏng trên IPv4



Hình 12. Lưu lượng byte/giây của bài mô phỏng trên IPv6

Kết quả trong hình 11, hình 12 là biểu đồ thể hiện lưu lượng byte/giây đi qua đường truyền khi thực hiện lệnh PING trên hai hạ tầng IPv4 và IPv6. Trên hình phần được đánh dấu màu đỏ (khung vuông) thể hiện cho 1 lần thực hiện lệnh Ping.

Kết luận trường hợp 3:

- Mặc dù đã thay đổi bảng thông trên cổng nhưng từ bảng định tuyến ta thấy giao thức OSPFv2 cho IPv4 và OSPFv3 cho IPv6 có

thông tin định tuyến đến các mạng đích giống nhau về metric và cổng ra trên router R1.

- Khi PING trên hạ tầng IPv4 (hình 11) ta lại thấy xuất hiện tình trạng bị mất gói tin (phần được đánh dấu khung vuông màu đỏ).

- Qua 2 biểu đồ ở hình 11 và hình 12 ta thấy, tốc độ phản hồi và số lượng byte truyền qua của IPv6 vượt trội hơn nhiều so với IPv4. Phần được đánh dấu ô vuông màu xanh thể hiện cho 1 lần thực hiện lệnh Ping thành công. Còn phần được đánh dấu ô vuông màu đỏ thể hiện việc Ping bị mất gói (request timeout).

3.2.4. Trường hợp 4: Tăng băng thông trên các cổng Serial của router R1 lên 10000 Kbit

Lúc này băng thông tại các cổng Serial trên router R1 được thiết lập là 10000 Kbit.

```
R1(config-if)#do show int se0/0
Serial0/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Internet address is 192.168.10.1/24
MTU 1500 bytes, BW 10000 Kbit, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation HDLC, loopback not set
```

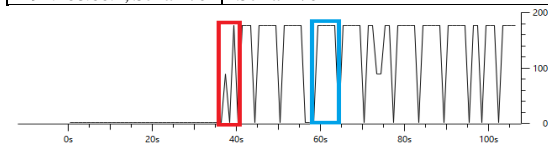
Hình 13. Bảng thông mặc định trên cổng Serial 0/0 của router R1 (cổng Serial 0/0 và 1/0 còn lại cũng tương tự)

Với bảng thông thay đổi như trên hình 13 ta có thông tin bảng định tuyến như trong bảng 4.

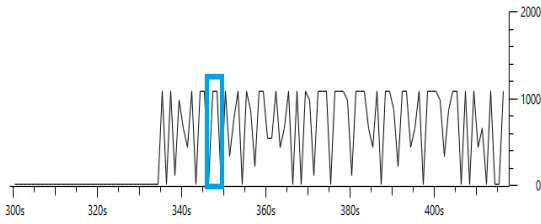
Từ thông tin bảng định tuyến (như trong bảng 3) cho thấy, lưu lượng đi từ nguồn (PC1, PC3) đi đến đích (PC2, PC4) sẽ đi qua đường kết nối giữa cổng Serial 1/0 của R1 và Serial 11/0 của R4. Sử dụng WireShark để tiến hành bắt gói tin ICMP của IPv4 và ICMPv6 của IPv6 khi thực hiện lệnh Ping, từ đó ta có biểu đồ sau:

Bảng 4. Thông tin bảng định tuyến trên nền IPv4 với IPv6

IPv4	IPv6
O 192.168.30.0/24 [110/74] via 192.168.60.2, Serial 1/0	2001:db8:cafe:a004::/64 [110/74] via FE80:C002:2FFF:FEBC:0, Serial 0/0 via FE80:C004:30FF:FE9C:0, Serial 1/0
O 192.168.40.0/24 [110/74] via 192.168.60.2, Serial 1/0	2001:db8:cafe:a005::/64 [110/74] via FE80:C003:20FF:FEC4:0, Serial 0/1 via FE80:C004:30FF:FE9C:0, Serial 1/0
O 192.168.50.0/24 [110/20] via 192.168.60.2, Serial 1/0	2001:db8:cafe:a006::/64 [110/20] via FE80:C004:30FF:FE9C:0, Serial 1/0



Hình 14. Lưu lượng byte/giây của bài mô phỏng trên IPv4



Hình 15. Lưu lượng byte/giây của bài mô phỏng trên IPv6

Kết quả hiển thị trong hình 14 và hình 15 là biểu đồ thể hiện lưu lượng byte/giây đi qua đường truyền khi thực hiện lệnh PING trên hai hạ tầng IPv4 và IPv6. Trên hình phần được đánh dấu màu đỏ (khung vuông) thể hiện cho 1 lần thực hiện lệnh PING.

Kết luận trường hợp 4:

- Từ 3 lần thay đổi giá trị bandwidth, thông qua bảng định tuyến ta thấy được việc định tuyến tìm đường đi của giao thức định tuyến OSPFv2 trên IPv4 và OSPFv3 trên IPv6 là giống nhau, đều sử dụng giá trị metric để định tuyến đến đích (chọn đường có metric nhỏ nhất). Tuy nhiên, ở trường hợp với bandwidth trên các cổng Serial là 10000 thì tại bảng định tuyến của OSPFv2 cho IPv4 tuyến đường tốt nhất được chọn lại (dùng 1 đường duy nhất đi qua cổng Serial 1/0) còn tại bảng định tuyến của OSPFv3 cho IPv6 thì các tuyến đường vẫn được giữ nguyên.

- Qua 2 biểu đồ thể hiện trong hình 14 và hình 15 ta thấy, tốc độ phản hồi và số lượng byte truyền qua của IPv6 vượt trội hơn nhiều so với IPv4. Phần được đánh dấu ô vuông màu xanh thể hiện cho 1 lần thực hiện lệnh Ping thành công. Còn phần được đánh dấu ô vuông màu đỏ thể hiện việc Ping bị mất gói (request timeout).

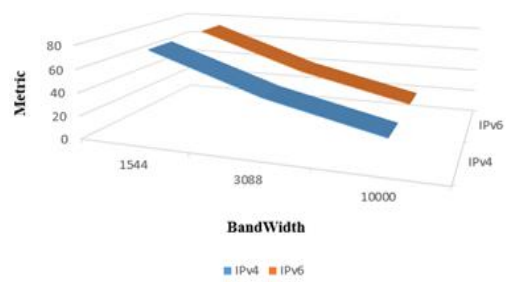
3.2.5. Nhận xét, đánh giá chung

Dựa vào thông tin bảng định tuyến của các trường hợp thực nghiệm bên trên khi tiến hành thay đổi giá trị bandwidth ta lập được bảng 5:

Bảng 5. Giá trị bảng thông ở các trường hợp thực nghiệm

Bandwidth	1544	3088	10000
Metric trên IPv4	74	42	20
Metric trên IPv6	74	42	20

Từ bảng 5 ta tiến hành vẽ biểu đồ để so sánh sự thay đổi của metric khi thay đổi bằng thông trong giao thức OSPFv2 trên hạ tầng IPv4 và OSPFv3 trên hạ tầng IPv6, biểu đồ được thể hiện như trong hình 16:



Hình 16. Biểu đồ so sánh sự thay đổi của metric trong hai phiên bản giao thức

- Việc thay đổi bandwidth trên các cổng của router (cụ thể là trên các cổng Serial của router R1) đã làm thay đổi metric để router dùng để xác định đường đi tốt nhất từ nguồn (các mạng LAN của router R1) đến đích (các mạng LAN của router R4).

- Từ biểu đồ hình 16 ta thấy với giá trị bandwidth càng lớn thì metric càng nhỏ.

- Từ số liệu và biểu đồ cho thấy OSPFv2 và OSPFv3 có cùng cách tính metric (metric trên 2 giao thức ứng với mỗi lần thay đổi bandwidth là bằng nhau) dùng để xác định đường đi tốt nhất từ nguồn đến đích nên suy ra đường đi từ nguồn đến đích trong 2 giao thức trên sơ đồ mạng là cùng một đường.

So sánh thêm về độ trễ của các gói tin khi thực hiện lệnh PING:

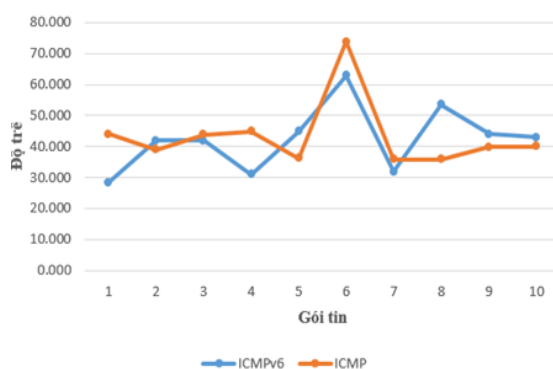
Tiếp theo ta sẽ so sánh về độ trễ của các gói tin ICMP khi thực hiện lệnh PING trên hai hạ tầng IPv4 và IPv6. Tại đây sử dụng độ trễ của 10 gói tin ICMP (trong 10 gói không có gói nào bị request timeout) trên cả 2 hạ tầng để vẽ biểu đồ so sánh.

Ta có bảng thống kê độ trễ của các gói tin ICMP trên 2 hạ tầng như trong bảng 6:

Bảng 6. Độ trễ của gói tin ICMP trên IPv4 và trên IPv6

Gói tin	Độ trễ gói tin ICMPv6	Độ trễ gói tin ICMPv4
1	28.296	43.897
2	41.887	38.896
3	41.887	43.754
4	30.917	44.883
5	44.880	36.227
6	62.832	73.804
7	31.916	35.903
8	53.586	35.903
9	43.884	39.890
10	42.883	39.894
Tổng độ trễ	422.968	433.051

Từ số liệu thu được như trong bảng 6 ta có biểu đồ về độ trễ của 10 gói tin ICMP trên hai hạ tầng IPv4 và IPv6 như sau:



Hình 17. Biểu đồ so sánh độ trễ trong hai phiên bản giao thức

Từ bảng số liệu (bảng 6) và biểu đồ hình 17 ta thấy:

- Gói tin có độ trễ thấp nhất trên hạ tầng IPv4 là gói tin thứ 1 có độ trễ là 28.296 (đơn vị ms).
- Gói tin có độ trễ thấp nhất trên hạ tầng IPv6 là gói tin thứ 7 và 8 có độ trễ cùng là 35.903 (đơn vị ms).
- Ta thấy độ trễ nhỏ nhất trên hạ tầng IPv6 nhỏ hơn độ trễ nhỏ nhất trên hạ tầng IPv4 (điều này cũng tương tự với gói tin có độ trễ lớn nhất trên cả 2 hạ tầng).
- Tổng độ trễ của các gói tin trên hạ tầng IPv6 nhỏ hơn tổng độ trễ của các gói tin trên hạ tầng IPv4 (cụ thể là nhỏ hơn 10.083 ms).

4. Kết luận

Việc nắm rõ được đặc điểm và đánh giá được chính xác ở mức cao nhất của giao thức định tuyến OSPFv2 và OSPFv3 rất quan trọng, giúp nhà thiết kế mạng vận dụng và áp dụng linh hoạt trong hệ thống của mình, nâng cao hiệu quả hoạt động và xử lý sự cố hệ thống. Bài báo đã tập trung nghiên cứu, đánh giá hiệu năng của riêng giao thức OSPF trên hai hạ tầng công nghệ IPv4 với IPv6 dựa trên phương pháp mô phỏng thực nghiệm và từ đó có các kết luận định lượng về hiệu năng của OSPF trên mỗi hạ tầng công nghệ IPv4 với IPv6 như đã trình bày bên trên. Kết quả cho thấy, việc thay đổi giá trị của bảng thông trên

các cổng của bộ định tuyến đã làm thay đổi kết quả tổng metric của giải thuật, bảng thông càng lớn thì metric càng nhỏ. Tổng độ trễ của các gói tin trên hạ tầng IPv6 nhỏ hơn tổng độ trễ của các gói tin trên hạ tầng IPv4 (cụ thể là nhỏ hơn 10.083 ms trong nghiên cứu này). Thời gian truyền dữ liệu sử dụng giao thức OSPFv3 trên hạ tầng IPv6 nhanh hơn so với giao thức OSPFv2 trên hạ tầng IPv4.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/REFERENCES

- [1]. M. E. Mustafa, "Comparison between OSPFv3 and OSPFv2," *Wireless Sensor Network, Scientific Research*, vol. 6, pp. 43-48, 2014.
- [2]. S. T. Chandel, and S. Sharma, "Performance Evaluation of IPv4 and IPv6 Routing Protocols on Wired, Wireless and Hybrid Networks," *International Journal of Computer Networks and Applications*, vol. 3, no. 3, pp. 57-62, 2016.
- [3]. R. J. Whitfield, and S. Y. Zhu, "A Comparison of OSPFv3 and EIGRPv6 in a small IPv6 Enterprise Network," *IJACSA*, vol. 6, no. 1, pp. 162-167, 2015.
- [4]. S. Kamalakannan, S. Venkatesh, and M. Mohan, "Convergence Analysis of RIP and OSPF in IPv6 Network," *IJIREICE*, vol. 2, no. 3, pp. 1281-1284, March 2014.
- [5]. R. Narula, and P. Aggarwal, "Performance Evaluation of RIP and OSPF in IPv6 using OPNET 14.5 Simulator," *IJTRA*, vol. 2, no. 6, pp. 37-41, Nov. 2014.
- [6]. J. V. Jancy, and S. Kumar et al., "Performance evaluation of OSPFv3 routing protocol on IPv6 heterogeneous network," *Journal of Innovation in Science and Engineering Research*, vol. 2, no.1, pp. 582-588, 2018.
- [7]. H. H. Le et al., "Study the impacts of route summarization on the performance of OSPFv3 and EIGRPv6 in hybrid IPV4-IPV6 network," *Dalat University Journal of Science*, vol. 6, pp. 77-89, 2019.