

STUDY THE METHOD OF IMPLEMENTATION OF BORDER GATEWAY PROTOCOL ON IPV4 AND IPV6 INFRASTRUCTURE BY ANALYSIS AND EVALUATE OF SOME PROPERTIES AFFECTING PROTOCOL PERFORMANCE

Le Hoang Hiep^{1*}, Le Xuan Hieu²

¹TNU - University of Information and Communication Technology

²Thai Nguyen University

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	14/6/2021	In this paper, we focus on studying the performance of Border Gateway Protocol (BGP) on IPv4 infrastructure compared to IPv6 infrastructure through analysis, experimental simulation and input evaluation, thereby giving recommendations quantitative results in terms of performance, performance, and advantages and disadvantages of the protocol on each individual network infrastructure. Methods of analysis, research and empirical evaluation of BGP used parameters such as: how to choose the path to the destination of the packet; traffic passing through the transmission line; response time and latency; packet loss rate. The research results show that on IPv6 network infrastructure, the BGP protocol works with superior performance and efficiency compared to IPv4 network infrastructure such as the size of BGP packets on IPv6 is higher, the traffic goes through the media is larger and delay is smaller. This will be useful information for designers, administrators and deployers of network infrastructure solutions using the most optimized and most effective BGP protocol in practice.
Revised:	16/7/2021	
Published:	21/7/2021	
KEYWORDS		
Computer science		
Routing Algorithm		
Routing		
BGP		
Deployment of BGP		

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP TRIỂN KHAI BORDER GATEWAY PROTOCOL TRÊN HẠ TẦNG IPV4 VÀ IPV6 HIỆU QUẢ NHỜ PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ MỘT SỐ THUỘC TÍNH ẢNH HƯỞNG TỚI HIỆU NĂNG GIAO THỨC

Lê Hoàng Hiệp^{1*}, Lê Xuân Hiếu²

¹Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông – Đại học Thái Nguyên

²Đại học Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	14/6/2021	Trong bài báo này tập trung nghiên cứu hiệu quả hoạt động của giao thức Border Gateway Protocol (BGP) trên hạ tầng IPv4 so với hạ tầng IPv6 thông qua phân tích, mô phỏng thực nghiệm và đánh giá đầu vào, từ đó đưa ra các kết quả định lượng đầu ra về hiệu năng, hiệu suất và các ưu nhược điểm của giao thức trên mỗi hạ tầng mạng riêng biệt. Phương pháp phân tích, nghiên cứu đánh giá thực nghiệm BGP đã sử dụng các thông số như: cách chọn đường tới đích của gói tin; lưu lượng đi qua đường truyền; thời gian phản hồi và độ trễ; tỉ lệ mất gói tin. Kết quả nghiên cứu cho thấy trên hạ tầng mạng IPv6, giao thức BGP hoạt động với hiệu năng, hiệu quả vượt trội hơn so với trên hạ tầng mạng IPv4 như kích thước của gói tin BGP trên IPv6 cao hơn, lưu lượng đi qua đường truyền lớn hơn và có độ trễ nhỏ hơn. Đây sẽ là các thông tin hữu ích cho các nhà thiết kế, quản trị và triển khai giải pháp hạ tầng mạng có sử dụng giao thức BGP được tối ưu và hiệu quả cao nhất trên thực tế.
Ngày hoàn thiện:	16/7/2021	
Ngày đăng:	21/7/2021	
TỪ KHÓA		
Khoa học máy tính		
Thuật toán định tuyến		
Định tuyến		
BGP		
Triển khai BGP		

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4657>

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

1. Giới thiệu

Khi triển khai giải pháp hạ tầng mạng về quản trị mạng và quản trị hệ thống, các nhà thiết kế luôn muốn tìm ra một phương án tốt nhất để cho dự án triển khai của mình đạt được kết quả tối ưu nhất như đáp ứng được yêu cầu của khách hàng (người sử dụng hệ thống) về chi phí thiết kế thấp nhất, quy trình vận hành đơn giản nhất, quá trình duy trì và bảo trì hệ thống thuận lợi nhất. Bên cạnh việc đưa ra được mô hình thiết kế đáp ứng tốt cho một dự án cụ thể thì việc chọn lựa được một giao thức định tuyến phù hợp với các ưu điểm cao hơn so với giao thức khác là vấn đề được quan tâm chủ yếu của nhà thiết kế [1]. Border Gateway Protocol (BGP) là một giao thức định tuyến liên miền được sử dụng để trao đổi thông tin trên mạng Internet. Mạng Internet được tạo nên từ vô số các Autonomous System (AS). Giao thức BGP được dùng để truyền thông tin định tuyến giữa các AS khác nhau. Vì thế, BGP là một giao thức định tuyến tin cậy, nó giúp cho người quản trị có thể dễ dàng ứng dụng các chính sách định tuyến vào trong hệ thống mạng của mình [2]-[4]. Tại Việt Nam trong giai đoạn hiện nay, phần nhiều hạ tầng mạng của các tổ chức doanh nghiệp hiện đang sử dụng là hạ tầng 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 điểm hơn mà nó mang lại. Tuy nhiên, nền tảng hạ tầng và công nghệ IPv4 được 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 định tuyến 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 các đặc điểm, đánh giá hiệu năng, hiệu quả triển khai của giao thức định tuyến trong dự án thiết kế mạng 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 BGP độc lập ở riêng hạ tầng mạng IPv4 và trên hạ tầng mạng IPv6 nhằm đưa ra các phân tích định lượng về ưu nhược điểm của giao thức này trên các hạ tầng công nghệ khác nhau [5]. 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.

Các nghiên cứu đã công bố về BGP đến nay hầu như chưa có công trình nào nghiên cứu về các vấn đề trên, cụ thể là chưa so sánh về hiệu năng của BGP trên cả hai hạ tầng IPv4 và IPv6. Có một số công trình nghiên cứu nội dung liên quan, tuy nhiên chỉ phân tích đánh giá hoặc cải tiến BGP trên riêng IPv4 hoặc trên riêng IPv6 mà chưa chỉ rõ cụ thể về hiệu suất của BGP trên cả hai hạ tầng mạng. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung đánh giá hiệu năng của giao thức BGP 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 BGP trên mỗi hạ tầng công nghệ IPv4 với IPv6. Kết quả cho thấy, khi tiến hành thực nghiệm dựa theo các tiêu chí đã có trên các mẫu thì output là không đổi (tương tự nhau) [6]-[9].

2. Cơ sở nghiên cứu, phân tích và đánh giá

2.1. Sự khác biệt giữa hạ tầng IPv4 và IPv6

Trong Bảng 1 thể hiện sự tương phản về đặc điểm của hạ tầng mạng IPv4 so với IPv6 có ảnh hưởng rất nhiều tới việc triển khai giao thức BGP nói riêng.

Bảng 1. Sự khác nhau giữa hạ tầng IPv4 và IPv6

Cơ sở so sánh	IPv4	IPv6
Cấu hình địa chỉ	Hỗ trợ cấu hình thủ công và DHCP	Hỗ trợ cấu hình tự động và đánh số lại
Định dạng luồng dữ liệu	Không định dạng luồng dữ liệu	Có định dạng luồng dữ liệu nên hỗ trợ QoS tốt hơn
Không gian địa chỉ	Có giới hạn	Rất lớn, đủ đáp ứng yêu cầu
Các tính năng bảo mật	Bảo mật phụ thuộc vào ứng dụng	IPSEC được tích hợp sẵn trong giao thức IPv6

Cơ sở so sánh	IPv4	IPv6
Độ dài địa chỉ	32 bit (4 byte)	128 bit (16 byte)
Đại diện địa chỉ	Trong thập phân	Trong hệ thập lục phân
Phân mảnh được thực hiện bởi	Bộ định tuyến, người gửi và chuyển tiếp	Chỉ bởi người gửi
Checksum header	Có sẵn	Không có sẵn
Địa chỉ Broadcast	Địa chỉ Broadcast để gửi lưu lượng tới các node	Không có địa chỉ Broadcast thay vào đó là Multicast
Xác định địa chỉ của Gateway	Sử dụng IGMP (Internet Group Managerment Protocol)	IGMP được thay thế bởi MLD (Multicast Listener Discovery)
Phân giải tên miền	Ánh xạ tên Host thành địa chỉ IPv4 bằng việc sử dụng các mẫu tin A chứa tài nguyên địa chỉ Host trong DNS	Ánh xạ tên Host thành địa chỉ IPv6 bằng cách sử dụng các mẫu tin AAAA

2.2. Vấn đề triển khai giao thức BGP trên hạ tầng IPv4 và IPv6

Giao thức BGP được sử dụng để trao đổi thông tin định tuyến cho Internet và là giao thức được sử dụng giữa các ISP (là những AS khác nhau). Chức năng chính của BGP là trao đổi thông tin về khả năng tiếp cận mạng với các hệ thống BGP khác. BGP xây dựng đồ thị của hệ thống tự trị dựa trên thông tin được trao đổi giữa các router BGP. BGP hoạt động dựa trên thuật toán đường dẫn **BGP Best Path Selection Algorithm**, được sử dụng cho các tổ chức có quy mô rất lớn và là một giao thức gateway bên ngoài. Sự cần thiết của BGP bởi: khó có một chính sách và đơn vị chi phí chung (cost) giữa các nhà cung cấp dịch vụ mạng; cơ sở dữ liệu mạng quá lớn; mạng quá rộng, khó hội tụ và BGP định tuyến theo luật. Tuy nhiên khi triển khai BGP trên cả hai hạ tầng mạng IPv4 và IPv6 cần chú ý đến các vấn đề tồn tại của BGP đó là:

- Đường đi không ổn định, thay đổi liên tục theo chu kỳ (route flap/ping);
- Sự tăng trưởng của kích thước bảng tìm đường;
- Độ trễ của việc hội tụ bảng tìm đường (thời gian để cập nhật bảng tìm đường cho tất cả router khi có sự thay đổi, convergence delay);
- Vòng lặp trong việc chuyển thông tin đường đi (loop/ping behavior);
- Độ tin cậy và cơ chế mã hóa thông tin.

3. Triển khai thực nghiệm, phân tích và đánh giá

3.1. Đặt vấn đề

Để phân tích thực nghiệm và đánh giá hiệu năng giao thức BGP trên nền công nghệ IPv4 và IPv6 cần dựa trên đặc điểm đặc trưng của BGP đó là: BGP định tuyến lưu lượng bằng cách sử dụng các thuộc tính. Việc sử dụng các thuộc tính ám chỉ đến việc sử dụng các biến trong quá trình chọn lựa đường đi trong BGP. Quá trình này dựa trên những thuộc tính và các giá trị của nó. Các tiêu chí dùng để thực nghiệm so sánh ở phần tiếp theo dựa trên cách hoạt động của BGP trong mạng. Việc thực thi các yêu cầu định tuyến trên hạ tầng mạng đã được mô tả trong giải thuật **BGP Best Path Selection Algorithm** (đã được lập trình trước các bước thực hiện). Tuy nhiên, trong quá trình triển khai thực tế, nhà thiết kế hoặc người quản trị có thể dựa trên danh sách các luật được dùng để xác định đường đi tốt nhất trong thuật toán của BGP như: Chọn đường đi tường minh trong bảng trước (so với đường đi mặc định); Ưu tiên đường đi có trọng số WEIGHT cao nhất; Ưu tiên những đường đi có thuộc tính AS_PATH ngắn nhất; Ưu tiên các đường đi có nguồn gốc thấp nhất,... để tối ưu hóa việc triển khai, cấu hình để hệ thống của mình đạt được hiệu năng cao nhất. Việc tối ưu thuộc tính nào đó (thay đổi input) đương nhiên có ảnh hưởng tới kết quả của thuật toán định tuyến, làm cho đầu ra (output) thay đổi. Sự thay đổi kết quả từ việc điều chỉnh lại các thuộc tính của BGP có thể định lượng được thông qua việc thực nghiệm mô phỏng trên thực tế. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã tiến hành xây dựng nhiều mẫu sơ đồ mạng (topology) khác nhau, với các thông số đầu vào (input) như số node mạng (Router), địa chỉ mạng IPv4 hoặc IPv6, vị trí node mạng,... đa dạng để từ đó tìm/nhận thông số đầu ra

(output). Kết quả cho thấy, khi tiến hành thực nghiệm dựa theo các tiêu chí đã có trên các mẫu thì output là không đổi (tương tự nhau).

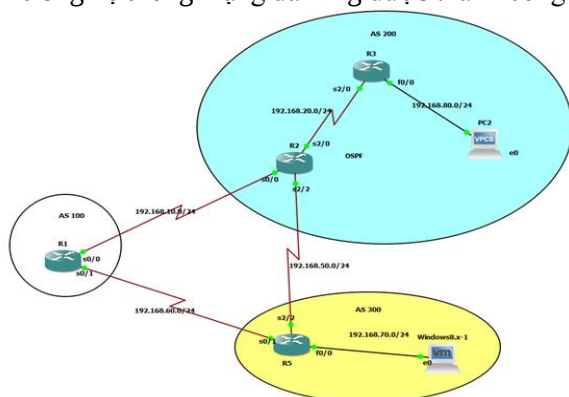
3.2. Tiêu chí thực nghiệm so sánh

Để làm rõ hơn về ưu nhược điểm của BGP trên cả hai hạ tầng IPv4 và IPv6, nhóm tác giả đã đề xuất một số tiêu chí để tiến hành thực nghiệm, đánh giá và so sánh sau đây:

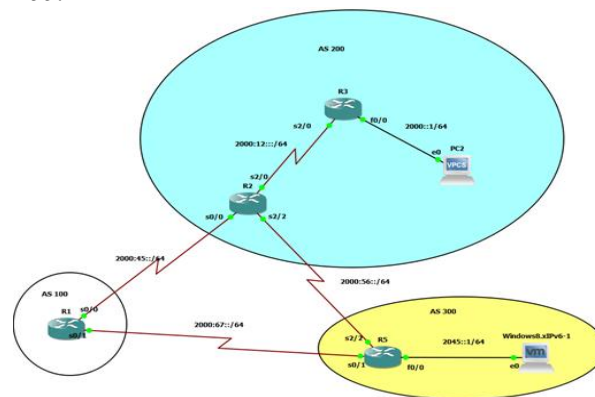
- ❖ So sánh các gói tin BGP
- ❖ Cách chọn lựa đường đi từ nguồn đến đích
- ❖ Lưu lượng dữ liệu đi qua đường truyền
- ❖ Thời gian phản hồi
- ❖ Độ trễ và tỉ lệ mất gói tin

3.3. Kịch bản so sánh, đánh giá

Trong kịch bản so sánh như Hình 1 và Hình 2, nhóm tác giả đã xây dựng mẫu điển hình để tiến hành nghiên cứu thực nghiệm. Sơ đồ mạng được cấu hình thành công, các nút mạng (node) trong hệ thống mạng đã Ping được thành công đến nhau.



Hình 1. Sơ đồ mô phỏng trên GNS3 với IPv4



Hình 2. Sơ đồ mô phỏng trên GNS3 với IPv6

3.3.1. So sánh các gói tin BGP

Sử dụng Wireshark để bắt các gói tin BGP trên IPv4 và IPv6 kết quả thu được Bảng 2, số liệu về kích thước các gói tin BGP sau:

Bảng 2. Thông tin về gói tin định tuyến trên IPv4 và IPv6

Gói tin	IPv4	IPv6
Open Message	89 bytes	117 bytes
Keepalive Message	63 bytes	83 bytes
Update Message	103-108 bytes	141-145 bytes

Từ Bảng 2 có thể thấy được kích thước của các gói tin BGP trên IPv6 lớn hơn kích thước các gói tin BGP trên IPv4. Các gói tin BGP trên IPv6 mang nhiều dữ liệu hơn các gói tin BGP trên IPv4.

3.3.2. Tìm đường đi từ nguồn đến đích

Để xác định đường đi từ nguồn tới đích thì BGP dựa vào các giá trị có thứ tự ưu tiên lần lượt là **Weight** → **Local Preference** → **AS_Path** → **Metric**.

Khi để các giá trị mà BGP dùng để xác định đường đi từ nguồn đến đích là mặc định, kết quả được mô tả trên Hình 3 và Hình 4.

```

R5#show ip bgp
BGP table version is 10, local router ID is 5.5.5.5
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
              r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 192.168.70.0    0.0.0.0                0      32768 i
*> 192.168.80.0    192.168.50.2           0      200 i
* 192.168.60.1    192.168.60.1           0      100 200 i

```

Hình 3. Chọn đường đi tới đích trong IPv4

```

R5#show bgp ipv6 unicast
BGP table version is 8, local router ID is 4.4.4.4
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
              r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 2000::/64       2000:67::1           0      100 200 i
*> 2000::/64       2000:56::2           0      200 i
* 2045::1/64      ::                0      32768 i

```

Hình 4. Chọn đường đi tới đích trong IPv6

Qua Hình 3 và Hình 4 có thể thấy, khi để tất cả các giá trị là mặc định thì BGP tìm đường đến đích là 192.168.80.0/24 với IPv4 và 2000::1/64 với IPv6, đều cùng chọn tuyến có AS_Path ít hơn (cụ thể là chọn AS 200), tuyến được chọn sẽ có dấu ">". Khi tiến hành thay đổi một trong các giá trị mà BGP dùng để xác định đường đi từ nguồn đến đích (thay đổi giá trị Weight):

```

R5#show ip bgp
BGP table version is 12, local router ID is 5.5.5.5
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
              r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 192.168.70.0    0.0.0.0                0      32768 i
* 192.168.80.0    192.168.50.2          100     200 i
*> 192.168.60.1    192.168.60.1          150    100 200 i

```

Hình 5. Xác định đường đi tới đích trong IPv4

```

R5#show bgp ipv6
BGP table version is 10, local router ID is 4.4.4.4
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
              r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 2000::/64       2000:67::1          150    100 200 i
* 2000::/64       2000:56::2          100     200 i
* 2045::1/64      ::                0      32768 i

```

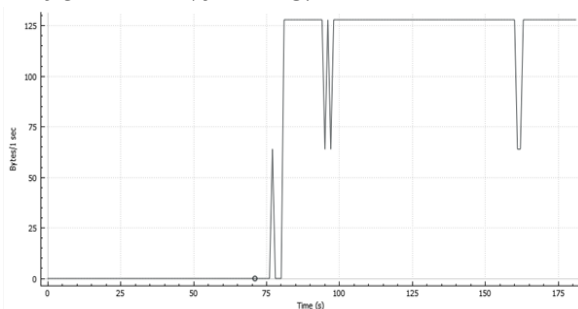
Hình 6. Xác định đường đi tới đích trong IPv6

Khi thay đổi giá trị Weight thì việc chọn đường đi đến đích của BGP đã có sự thay đổi. Qua Hình 5 và Hình 6 có thể thấy, BGP đã chọn đường có giá trị Weight lớn hơn làm đường đi tới đích mặc cho AS_Path có nhiều hơn với AS_Path là AS 100 và AS 200 (tuyến được chọn sẽ có dấu ">").

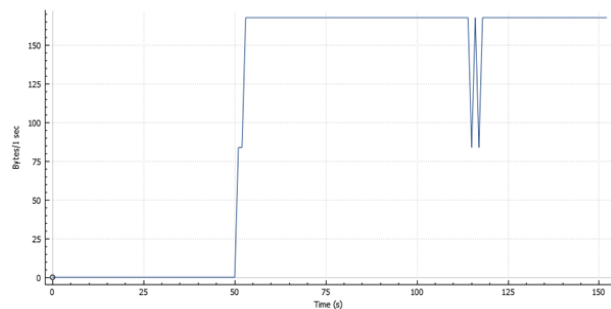
Từ những dữ liệu trên cho thấy, việc chọn đường đi từ nguồn đến đích của giao thức BGP trên cả hai hạ tầng IPv4 và IPv6 là như nhau.

3.3.3. Lưu lượng đi qua đường truyền

Để kiểm tra lưu lượng đi qua đường truyền, sử dụng Wireshark để bắt các gói ICMP của IPv4 và ICMPv6 của IPv6 đi qua đường truyền (tiến hành Ping 100 lần trên cả hai hạ tầng) như trên Hình 7 và Hình 8.



Hình 7. Lưu lượng ICMP qua đường truyền của IPv4



Hình 8. Lưu lượng ICMP qua đường truyền của IPv6

Qua Hình 7 và Hình 8 có thể thấy lưu lượng qua đường truyền của IPv6 (167 byte/giây) gấp gần 1,3 lần lưu lượng qua đường truyền của IPv4 (130 byte/giây) và lưu lượng IPv6 đi qua đường truyền ổn định hơn lưu lượng IPv4 đi qua đường truyền trong mạng.

3.3.4. Thời gian phản hồi

Tiếp tục sử dụng Wireshark bắt các gói tin ICMP và ICMPv6 đi qua đường truyền (tiến hành Ping 100 lần trên cả hai hạ tầng):

No.	Time	Source	Destination	Protocol
38	38.77108075	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
44	41.771121	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
45	41.802584	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
46	42.770700	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
47	42.801965	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
48	43.817337	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
49	43.840484	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
50	44.833108	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
51	44.879779	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
54	45.844379	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
55	45.879372	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
56	46.861451	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
57	46.892094	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
58	47.867967	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4
59	47.904102	192.168.70.2	192.168.80.2	ICMPv4

Hình 9. Bắt gói tin ICMP của IPv4

No.	Time	Source	Destination	Protocol
34	34.51.862199	2001::2	2001::2	ICMPv6
35	35.955689	2001::2	2001::2	ICMPv6
36	35.953799	2001::2	2001::2	ICMPv6
37	35.960815	2001::2	2001::2	ICMPv6
38	36.834028	2001::2	2001::2	ICMPv6
39	36.864983	2001::2	2001::2	ICMPv6
42	45.880039	2001::2	2001::2	ICMPv6
43	45.111886	2001::2	2001::2	ICMPv6
44	46.879952	2001::2	2001::2	ICMPv6
45	46.111282	2001::2	2001::2	ICMPv6
46	47.879719	2001::2	2001::2	ICMPv6
47	47.118964	2001::2	2001::2	ICMPv6
48	48.860312	2001::2	2001::2	ICMPv6
49	48.126533	2001::2	2001::2	ICMPv6
50	58.116577	2001::2	2001::2	ICMPv6

Hình 10. Bắt gói tin ICMPv6 của IPv6

Hình 9 cho thấy thời gian gửi gói tin ICMP đầu tiên là 77,1 giây, thời gian nhận gói tin ICMP cuối cùng là 181,3 giây. Hình 10 cho thấy thời gian gửi gói tin ICMPv6 đầu tiên là 51,9 giây, thời gian nhận gói tin ICMPv6 cuối cùng là 152,6 giây. Qua đây có thể nhận thấy thời gian gửi gói tin đầu tiên đến khi nhận gói tin cuối cùng trên hạ tầng IPv4 là 104,2 giây; còn trên hạ tầng IPv6 là 100,7 giây. Vì vậy, ta thấy được trên hạ tầng IPv6 nhanh hơn IPv4 là 3,5 giây, mặc dù lượng dữ liệu phải chuyển đi lớn hơn.

3.3.5. Độ trễ và tỉ lệ mất gói

Vẫn tiến hành Ping 100 lần trên cả hai hạ tầng IPv4 và IPv6 ta thu được kết quả như trong Hình 11 và Hình 12.

```

Reply from 192.168.80.2: bytes=32 time=82ms TTL=61
Reply from 192.168.80.2: bytes=32 time=102ms TTL=61
Reply from 192.168.80.2: bytes=32 time=95ms TTL=61
Reply from 192.168.80.2: bytes=32 time=78ms TTL=61
Reply from 192.168.80.2: bytes=32 time=79ms TTL=61

Ping statistics for 192.168.80.2:
    Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 66ms, Maximum = 3125ms, Average = 130ms
C:\Users\traip_000>

```

Hình 11. Kết quả Ping trên IPv4

```

Reply from 2000::2: time=62ms
Reply from 2000::2: time=66ms
Reply from 2000::2: time=62ms
Reply from 2000::2: time=74ms
Reply from 2000::2: time=82ms
Reply from 2000::2: time=82ms

Ping statistics for 2000::2:
    Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 49ms, Maximum = 155ms, Average = 83ms

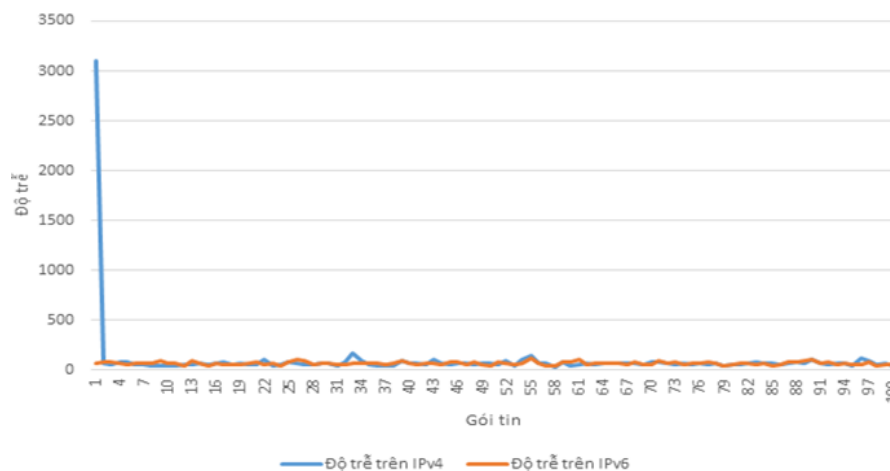
```

Hình 12. Kết quả Ping trên IPv6

Sau khi tiến hành Ping 100 lần trên cả hai hạ tầng ta thu được Bảng 3, số liệu như sau:

Bảng 3. Thông tin về tỉ lệ gói tin gửi, nhận, mất gói và độ trễ của gói tin

Thông tin	IPv4	IPv6
Số gói gửi	100 gói	100 gói
Số gói nhận	100 gói	100 gói
Tỉ lệ mất gói	0%	0%
Độ trễ thấp nhất	66 ms	49 ms
Độ trễ cao nhất	3125 ms	155 ms
Độ trễ trung bình	130 ms	83 ms



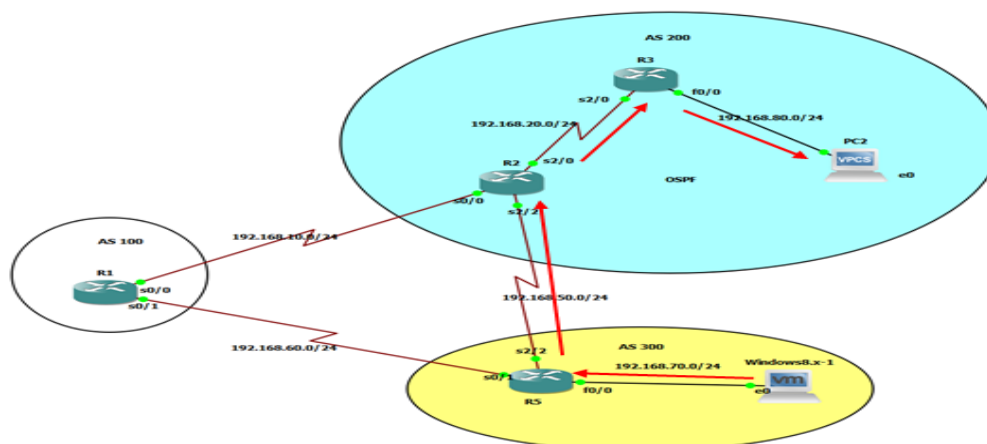
Hình 13. Biểu đồ về độ trễ trên hạ tầng IPv4 và IPv6

Từ Bảng 3 ta thấy, trên cả hai hạ tầng tuy không xuất hiện tình trạng mất gói tin nhưng độ trễ trung bình trên IPv6 nhỏ hơn trên IPv4. Từ kết quả thu được sau khi Ping 100 lần trên cả hai hạ tầng IPv4 và IPv6 ta thu được biểu đồ như trên Hình 13. Nhìn vào biểu đồ hình 13 cho thấy, độ trễ trên hạ tầng IPv6 nhỏ hơn, ổn định và ít dao động hơn độ trễ trên hạ tầng IPv4. Từ các so sánh về độ trễ ở trên ta có thể kết luận được rằng, việc truyền dữ liệu của giao thức BGP trên hạ tầng IPv6 nhanh hơn trên hạ tầng IPv4.

3.3.6. So sánh độ trễ cụ thể trên từng phân đoạn mạng

a. Trường hợp 1: Trường hợp đường đi từ nguồn Windows8-x đến đích PC-2 sử dụng vùng có AS_PATH là: AS 300 và AS 200 (tuyến đường đi được đánh dấu bằng mũi tên màu đỏ) như Hình 14.

Tiến hành Ping 1 lần trên các phân đoạn mạng (ví dụ: từ R5 tới R2) sau đó sử dụng WireShark bắt gói tin ICMP để tính ra độ trễ trên phân đoạn mạng ta được thông tin như Hình 15.



Hình 14. Tuyến đường tính độ trễ trong trường hợp 1

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
25 43.798913	192.168.20.2	192.168.20.3	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x0000, seq=0/0, ttl=255 (reply in 26)
26 43.801411	192.168.20.3	192.168.20.2	ICMP	104	Echo (ping) reply id=0x0000, seq=0/0, ttl=255 (request in 25)
27 43.816380	192.168.20.2	192.168.20.2	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x0000, seq=1/256, ttl=255 (reply in 28)
28 43.834329	192.168.20.3	192.168.20.2	ICMP	104	Echo (ping) reply id=0x0000, seq=1/256, ttl=255 (request in 27)
29 43.846495	192.168.20.2	192.168.20.3	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x0000, seq=2/512, ttl=255 (reply in 30)
30 43.858324	192.168.20.3	192.168.20.2	ICMP	104	Echo (ping) reply id=0x0000, seq=2/512, ttl=255 (request in 29)
31 43.883252	192.168.20.2	192.168.20.3	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x0000, seq=3/768, ttl=255 (reply in 32)

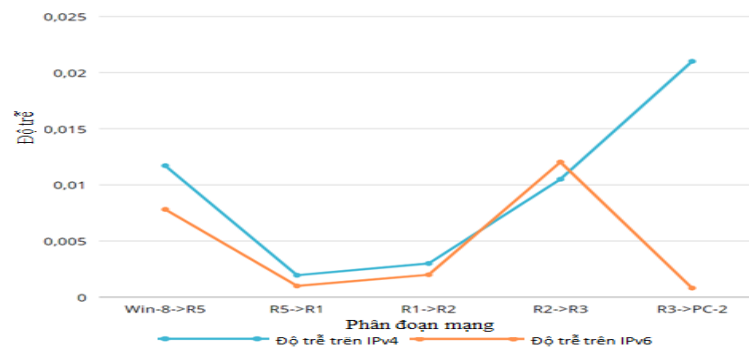
Hình 15. Sử dụng WireShark bắt gói tin ICMP

Sau khi bắt các gói ICMP trên từng phân đoạn mạng ta thu được Bảng 4, dữ liệu về độ trễ như sau:

Bảng 4. Thông tin về độ trễ trường hợp 1

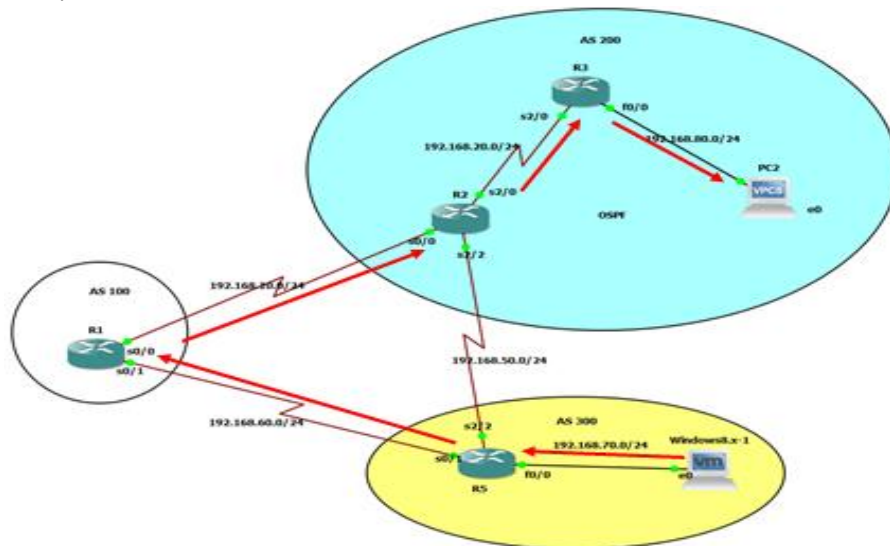
Nguồn	Đích	Độ trễ trên IPv4 (Đơn vị: giây)	Độ trễ trên IPv6 (Đơn vị: giây)
Windows8-x	R5	0,011708	0,007813
R5	R2	0,014247	0,007014
R2	R3	0,010498	0,012027
R3	PC-2	0,021002	0,000807
Tổng		0,057455	0,027661

Dựa vào số liệu Bảng 4 ta có thể xây dựng được biểu đồ về độ trễ trên từng phân đoạn mạng như Hình 16.



Hình 16. Biểu đồ độ trễ trên từng phân đoạn mạng trong trường hợp 1

b. Trường hợp 2: Trường hợp đường đi từ nguồn Windows8-x đến đích PC-2 sử dụng vùng có AS_PATH là: AS 300, AS 100 và AS 200 (tuyến đường đi được đánh dấu bằng mũi tên màu đỏ) như Hình 17.



Hình 17. Tuyến đường tính độ trễ trong trường hợp 2

Tiến hành Ping 1 lần trên các phân đoạn mạng (ví dụ: từ R5 tới R2) sau đó sử dụng WireShark bắt gói tin ICMP như Hình 18 để tính ra độ trễ trên phân đoạn mạng:

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
25 43.790913	192.168.20.2	192.168.20.3	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x0000, seq=0/0, ttl=255 (reply in 26)
26 43.801411	192.168.20.3	192.168.20.2	ICMP	104	Echo (ping) reply id=0x0000, seq=0/0, ttl=255 (request in 25)
27 43.816380	192.168.20.2	192.168.20.3	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x0000, seq=1/256, ttl=255 (reply in 28)
28 43.834329	192.168.20.3	192.168.20.2	ICMP	104	Echo (ping) reply id=0x0000, seq=1/256, ttl=255 (request in 27)
29 43.846495	192.168.20.2	192.168.20.3	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x0000, seq=2/512, ttl=255 (reply in 30)
30 43.858324	192.168.20.3	192.168.20.2	ICMP	104	Echo (ping) reply id=0x0000, seq=2/512, ttl=255 (request in 29)
31 43.883252	192.168.20.2	192.168.20.3	ICMP	104	Echo (ping) request id=0x0000, seq=3/768, ttl=255 (reply in 32)

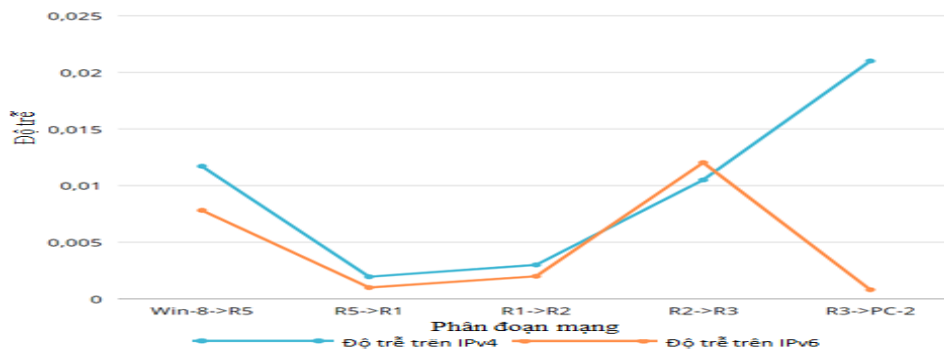
Hình 18. Sử dụng WireShark bắt gói tin ICMP

Sau khi bắt các gói ICMP trên từng phân đoạn mạng, thu được dữ liệu về độ trễ như trên Bảng 5.

Bảng 5. Thông tin về độ trễ trường hợp 2

Nguồn	Đích	Độ trễ trên IPv4 (Đơn vị: giây)	Độ trễ trên IPv6 (Đơn vị: giây)
Windows8-x	R5	0,011708	0,007813
R5	R1	0,001950	0,000997
R1	R2	0,002999	0,001996
R2	R3	0,010498	0,012027
R3	PC-2	0,021002	0,000807
Tổng		0,048157	0,02364

Dựa vào Bảng 5 ta có thể xây dựng được biểu đồ về độ trễ trên từng phân đoạn mạng như trên Hình 19.



Hình 19. Biểu đồ độ trễ trên từng phân đoạn mạng trong trường hợp 2

Từ Bảng 5 và biểu đồ Hình 19 ta có thể rút ra nhận xét sau: Độ trễ tại mỗi phân đoạn mạng trên cả hai hạ tầng IPv4 và IPv6 là rất nhỏ; Độ trễ tại từng phân đoạn mạng trên hạ tầng IPv6 nhỏ hơn độ trễ trên hạ tầng IPv4; Tổng độ trễ của các phân đoạn mạng trên hạ tầng IPv4 lớn gấp đôi trên hạ tầng IPv6.

4. Kết luận

Từ những kết quả nghiên cứu và thực nghiệm ta có thể thấy được giao thức BGP trên cả hai hạ tầng IPv4 và IPv6 đều có cách chọn tuyến đường từ nguồn đến đích là như nhau. Trên hạ tầng IPv6 cho thấy sự vượt trội hơn hạ tầng IPv4 về kích thước gói tin BGP, lưu lượng đi qua đường truyền lớn hơn và độ trễ nhỏ hơn. Trong các nghiên cứu tiếp theo trong thời gian tới, nhóm tác giả sẽ làm rõ hơn sự ảnh hưởng qua lại, sự tác động (mối liên hệ) của các tiêu chí đem thực nghiệm so sánh và chỉ ra các kết quả cụ thể (định lượng đầu ra) được tường minh và tăng độ chính xác ở các kết luận về hiệu năng của BGP trên mỗi hạ tầng IPv4 hoặc IPv6. Đây sẽ là các thông tin tham khảo hữu ích cho các nhà thiết kế về hạ tầng mạng và các nhà cung cấp dịch vụ mạng để đưa ra các giải pháp thiết kế và triển khai giao thức BGP trên thực tế được hiệu quả nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] P. Oppenheimer, *Top-Down Network Design*, Cisco Press, 2014.
- [2] N. Kocharians and T. Vinson, *CCIE Routing and Switching v5.0 Official Cert Guide*, vol. 2, Fifth Edition, Pearson Education, 2014.
- [3] N. Kocharians, *CCIE Routing and Switching v5.1 Foundations: Bridging the Gap Between CCNP and CCIE*, Pearson India, 2018.
- [4] R. Zhang and M. Bartell, *BGP Design and Implementation*, Cisco Press, 2016.
- [5] 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.
- [6] L. H. Hiep *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.
- [7] T. D. Nguyen, H. H. Le, T. L. Pham, and D. M. Nguyen, "Network design of IPv6 safety based on analysis, feature assessment of IPv6 protocol," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 188, no. 12, pp. 85-91, 2018.
- [8] H. H. Le *et al.*, "Study the impacts of bandwidth and delay to performance of EIGRP in IPv4 and IPv6 network," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 204, no. 11, pp. 31-38, 2019.
- [9] D. Chauhan and S. Sharma, "Performance Evaluation of Different Routing Protocols in IPv4 and IPv6 Networks on the basis of Packet Sizes," *Procedia computer science*, vol. 46, pp. 1072-1078, 2015.