

CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG TRUYỀN TẢI TRONG HỆ THỐNG MẠNG THẾ HỆ MỚI SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ SD-WAN

Trần Thị Thương
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

Tóm tắt: Mạng diện rộng định nghĩa bằng phần mềm (SD-WAN) cho phép điều khiển và quản lý mạng thông minh, đồng thời sử dụng hiệu quả tài nguyên mạng thông qua kỹ thuật điều khiển lưu lượng trong thời gian thực để có mạng WAN hiệu suất cao hơn, đáp ứng được yêu cầu chất lượng truyền tải mà khách hàng mong muốn. Bài báo này đề xuất một hệ thống định tuyến nâng cao, điều khiển việc chọn đường đi tối ưu cho SD-WAN bằng cách đánh giá đặc tính độ trễ kết nối WAN. Hệ thống theo dõi các dữ liệu này để chọn tuyến đường giúp truyền tải độ trễ mạng thấp cùng tính khả dụng và độ tin cậy cao. Tác giả đánh giá hệ thống của mình trong mô hình Lab giả lập. Kết quả thử nghiệm cho thấy cách tiếp cận của nhóm tác giả đã chứng minh khả năng lựa chọn đường đi tối ưu hơn bằng cách áp dụng lập trình của SDN cho mạng WAN.

Từ khóa: SD-WAN; Kỹ thuật điều khiển; độ trễ; thông lượng.

IMPROVING TRANSMISSION QUALITY IN NEXT-GENERATION NETWORK SYSTEMS USING SD-WAN TECHNOLOGY

Tran Thi Thuong
Vinh University of Technology Education

Abstract: Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN) enables intelligent network control and management while efficiently utilizing network resources through real-time traffic control techniques. This leads to higher WAN performance, meeting the transmission quality requirements expected by users. This paper proposes an advanced routing system that optimally selects paths for SD-WAN by evaluating WAN connection latency characteristics. The system monitors this data to choose routes that offer low network latency, high availability, and reliability. The author evaluates the proposed system using a simulated lab model. Experimental results demonstrate that the proposed approach effectively selects optimal paths by applying SDN programming techniques to WAN networks.

Keywords: SD-WAN; Control Techniques; Latency; Throughput.

Nhận bài: 18/02/2025

Phản biện: 17/03/2025

Duyệt đăng: 21/03/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, sự mở rộng nhanh chóng của mạng lưới và sự xuất hiện của các ứng dụng ảo hóa, IoT, các yêu cầu hoạt động dựa trên đám mây cần đáp ứng nhanh chóng, thuận tiện làm gia tăng thêm các đòi hỏi ngày càng lớn đối với mạng WAN. Nhưng do chi phí xây dựng, quản lý và xử lý lỗi trên mạng WAN rất cao và mạng diện rộng truyền thống gặp khó trong việc nâng cấp mạng nên việc xây dựng mạng diện rộng với thiết kế mới là cần thiết. Mặc dù, công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS (Multiprotocol Label Switching) trong mạng WAN vẫn đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS (Quality of Service), nhưng nó cũng đưa ra một số thách thức, chẳng hạn như chi phí băng thông cao, không thể triển khai cấu hình tập trung, thời gian cần thiết để chuyển đổi/nâng cấp mạng hiện hữu. Mạng diện rộng định nghĩa bằng phần mềm SD-WAN (Software Defined Wide Area Network) được coi là kiến trúc đầy hứa hẹn của mạng diện rộng thế hệ tiếp theo, được thiết kế để thay thế cho mạng WAN dựa trên MPLS truyền thống. Với SD-WAN, các doanh nghiệp có thể sử dụng dịch vụ linh hoạt hơn, dễ dự đoán hơn với

chi phí thấp hơn trong thời gian ngắn hơn so với các dịch vụ MPLS. Thiết lập mạng trở nên nhanh chóng hơn; tận dụng bất kỳ dịch vụ đường truyền dữ liệu có sẵn như MPLS, truy cập Internet chuyên dụng DIA (Dedicated Internet Access), băng thông rộng FTTH (Fiber To The Home) hoặc không dây 4G/5G; Và có thể cấu hình tự động các khu vực từ xa ngay lập tức. SD-WAN có thể cung cấp các cải tiến về tính dự phòng và tính khả dụng vượt trội so với MPLS. Doanh nghiệp có thể chuyển đổi nhà cung cấp dịch vụ Internet, dùng chung hay kết hợp các nhà cung cấp dịch vụ khác và tạo mạng SD-WAN/ MPLS kết hợp để có thể định tuyến lưu lượng qua một cơ chế truyền tải khác trong trường hợp có kết nối kém hoặc ngừng hoạt động.

SD-WAN được hình thành bằng cách thiết lập các đường hầm được mã hóa ("lớp phủ") giữa các khu vực. Mỗi khu vực đều được trang bị thiết bị SD-WAN như trong hình 1. Mỗi thiết bị SD-WAN được kết nối với một tập hợp các dịch vụ mạng (thường là MPLS và một số dịch vụ Internet) và giám sát tính khả dụng và hiệu suất hiện tại của

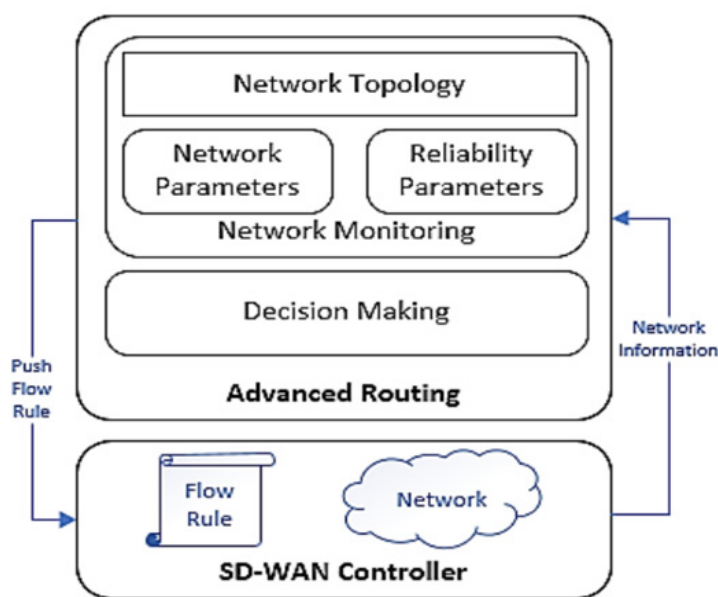
từng dịch vụ này. Lưu lượng đi ra ngoài được định tuyến theo đường dẫn tối ưu dựa trên các chính sách ứng dụng và điều kiện mạng theo thời gian thực.

Bài viết đề cập đến xây dựng một hệ thống định tuyến được gọi là định tuyến nâng cao (Advanced Routing) trong SD-WAN. Hệ thống liên tục theo dõi trạng thái mạng thông qua một máy chủ cục bộ được kết nối với các thiết bị SD-WAN cũng như thông tin mạng thời gian thực dựa trên SDN. Nhóm tác giả thiết kế một thuật toán học có giám sát (supervised learning) dựa trên các thông số đường truyền (độ trễ).

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Đề xuất phương pháp điều khiển lưu lượng trong mạng SD-WAN

Chương trình với tên gọi định tuyến nâng cao của SD-WAN được đề xuất áp dụng. Về các chi tiết thành phần của khung chương trình trong Hình 2: Thành phần Giám sát mạng (Network Monitoring) và Quyết định đường đi (Decision Making). Thuật toán định tuyến đề xuất cần một tập hợp các tham số đầu vào và đầu ra để xác định đường dẫn tối ưu nhất có thể. Các đầu vào cho thuật toán này được hình thành với sự trợ giúp của mô-đun Giám sát mạng, thu thập số liệu thống kê từ thông tin cấu trúc mạng WAN gồm các tham số đường truyền (độ trễ).



Hình 2. Đề xuất mô hình điều khiển lưu lượng.

Giao thức kết nối và truy xuất dữ liệu của chương trình tới thiết bị SD-WAN Controller là sử dụng Application Programming Interface - API. API là một tập hợp các quy trình, giao thức và công cụ để xây dựng các ứng dụng phần mềm, nó quy định cách các thành phần phần mềm tương tác và chia sẻ thông tin với nhau.

2.2. Thuật toán đề xuất

Đầu tiên, ta chỉ định khoản thời gian ban đầu để thu thập dữ liệu quan sát về độ trễ của tất cả kết nối WAN từ mạng SD-WAN và tính toán giá trị trung bình của độ trễ để thiết lập giá trị ngưỡng về độ trễ cho hệ thống. Sau đó, với mỗi chu kỳ thời gian được thiết lập từ người quản trị, một giá trị trung bình mới của các kết nối WAN được tính toán lại và so sánh với ngưỡng. WAN nào có độ trễ nhỏ hơn hoặc bằng ngưỡng thì sẽ được chọn làm đường đi, cụ thể các yêu cầu của thuật toán như sau:

- Tự động tính toán thiết lập giá trị ngưỡng hệ thống về độ trễ cho hệ thống.
- Lưu lượng san tải qua các WAN khi có các giá trị độ trễ thấp hơn (hoặc bằng) mức ngưỡng hệ thống. Nếu không có kết nối WAN nào thỏa điều kiện trên, có thể tùy chọn san tải đều trên các kết nối WAN hoặc chọn WAN có độ trễ thấp nhất.
- Thông lượng trên WAN được chọn đạt tới mức nghẽn (mặc định cấu hình 90% băng thông của WAN) thì lưu lượng được tự động san tải sang các kết nối còn lại.

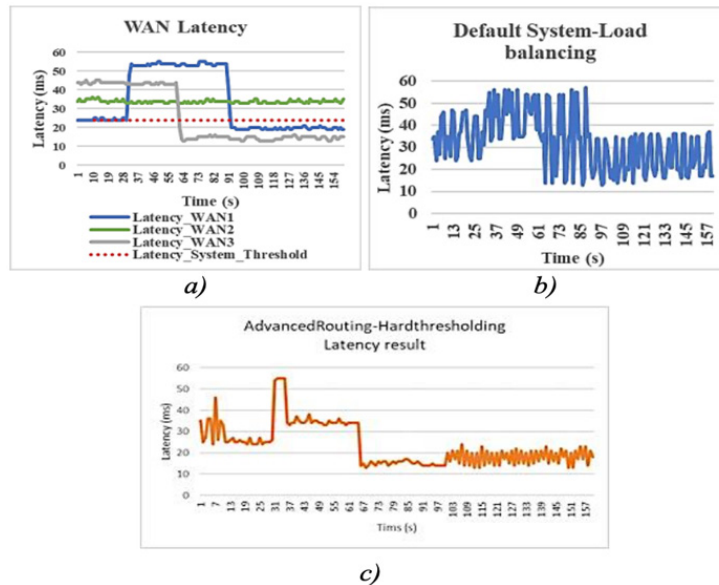
Ngoài ra, thuật toán này còn có tùy chọn kết hợp mức độ ưu tiên theo độ trễ theo yêu cầu để có thể đạt được đồng thời độ trễ tốt nhất có thể. Lưu lượng san tải qua các WAN phải đồng thời vừa có độ trễ nhỏ hơn (hoặc bằng) ngưỡng độ trễ của hệ thống. Nếu không có kết nối WAN nào thỏa điều kiện trên thì WAN có độ trễ nhỏ nhất

sẽ được chọn.

2.3. Kết quả thử nghiệm

Khởi tạo chương trình Advanced Routing với TE Hard thresholding, để truy vấn tính giá trị ngưỡng hệ thống ta tùy chọn cấu hình thời gian thu thập (span) giá trị độ trễ của các hướng WAN và đưa ra giá trị ngưỡng tương ứng. Ví dụ, với span = 10 (tương ứng 10 giá trị ban đầu trong 10

giây đầu tiên) và sau mỗi chu kỳ interval = 5s thì sẽ tính giá trị độ trễ của WAN và so sánh với ngưỡng để cập nhật lại tuyến đường đi. Việc chọn giá trị span đảm bảo vừa đủ hợp lý tránh quá ngắn hoặc quá dài sẽ không phản ánh chính xác thông số của kết nối WAN, tương tự lựa chọn interval giúp hệ thống xử lý hiệu quả tránh tăng tải hoặc xử lý chậm khi có thay đổi.



Hình 3. Độ trễ các kết nối WAN (a), Độ trễ khi dùng TE mặc định (b), Độ trễ khi dùng Hardthresholding (c).

Hình 3a miêu tả độ trễ của các WAN thay đổi trong quá trình đo kiểm. Hình 3b chỉ rõ hệ thống mặc định quyết định lưu lượng người dùng được san tải đều nên có kết quả dao động lớn tương ứng với ba hướng WAN. Hình 3c thể hiện kết quả sau khi áp dụng thuật toán Ngưỡng cứng. Trong đó, khoảng 10 giây đầu tiên (span = 10) thì hệ thống đang thu thập để tính giá trị ngưỡng nên toàn bộ kết nối WAN đều được chọn làm tuyến đường đi, độ trễ lúc này dao động cao qua cả ba hướng WAN. Sau mỗi 5 giây giá trị độ trễ đại diện cho mỗi WAN được tính toán để so sánh với ngưỡng và tìm ra WAN tối ưu nhất để cập nhật lại tuyến đường tối ưu. Từ giây thứ 10 đến giây 30, WAN1 được chọn. Nhưng sau đó, không có kết nối nào thỏa ngưỡng nên chọn cấu hình WAN có độ trễ thấp nhất, hệ thống sẽ tính trung bình 5 giá trị gần nhất (interval = 5) của các WAN để so sánh và chọn đường đi từ giây 31 đến giây 65. Trong đó từ giây 31 đến giây 35 độ trễ tăng cao theo WAN1 là do WAN1 vẫn đang được chọn làm tuyến chính trong khoảng thời gian phải chờ là 5 giây (interval

= 5) để thuật toán tính toán và đưa ra WAN tốt hơn. Các khoảng thời gian từ giây 100 về sau thì lưu lượng san tải đều qua hai WAN1,3 do thỏa điều kiện ngưỡng hệ thống. Thật vậy, trong kiểm nghiệm khi áp dụng thuật toán ngưỡng cứng đã giúp độ trễ từ người dùng được cải thiện hơn từ trung bình 32.375 ms xuống 28.387 ms.

Kết quả thực nghiệm đều đã đáp ứng được yêu cầu từ thuật toán Định tuyến nâng cao được đề xuất để cải thiện chất lượng truyền tải lưu lượng trong mạng SD-WAN. Đối với thuật toán mặc định của hệ thống SD-WAN là cân bằng tải, tất cả hướng WAN đều được sử dụng trong quá trình truyền tải lưu lượng giúp tăng tính khả dụng và dự phòng cao nhưng dẫn đến chất lượng dịch vụ QoS bị giảm sút nếu có các kết nối chất lượng kém về độ trễ cao.

III. KẾT LUẬN

Mạng được xác định bằng phần mềm là một mô hình đang nổi lên nhanh chóng trong các mạng cục bộ và cũng đang trở nên phổ biến trong các mạng công ty lớn. Khái niệm SDN phân tách mặt

phẳng dữ liệu và mặt phẳng điều khiển trên mạng, điều này làm tăng khả năng kiểm soát mạng trong lập trình và thiết kế linh hoạt. SDN có thể cung cấp mạng WAN với tính linh hoạt trong lập trình và khả năng cấu hình của các cấu hình mạng khác nhau rộng rãi, điều này không thể đạt được theo cách thủ công trong mạng WAN truyền thống. Trong đề xuất này, tác giả sử dụng lợi thế này của

SD-WAN để định cấu hình các tuyến đường trong WAN một cách tự động theo cách có thể tránh được các thời điểm hoạt động kém của các kết nối WAN và bằng cách đó, các tác động trong truyền tải lưu lượng ảnh hưởng đến QoS có thể được giảm thiểu. Đây có thể là cơ sở tham khảo khi triển khai mạng SD-WAN thực tế cho các doanh nghiệp hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Z. Yang, Y. Cui, B. Li, Y. Liu and Y. Xu, "Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN): Architecture, Advances and Opportunities", 2019 28th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN), 2019, pp. 1-9.
- [2]. Cléo Luciani, From MPLS to SD-WAN: Opportunities, Limitations and Best Practices, 2019 KTH, School of Electrical Engineering and Computer Science (EECS), 2019.
- [3]. K. Golani, K. Goswami, K. Bhatt and Y. Park, "Fault Tolerant Traffic Engineering in Software-defined WAN", 2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC).
- [4]. S. Troia, L. Zorello, A. Maralit, and G. Maier, "Sd-wan: an open-source implementation for enterprise networking services", 2020 22th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), 2020.
- [5]. Jason Brownlee, Introduction to Time Series Forecasting with Python: How to Prepare Data and Develop Models to Predict the Future, Machine Learning Mastery, 2017.