

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN MẠNH TUẤN

**NGHIÊN CỨU ĐỊNH TUYẾN PHÂN ĐOẠN QUA IPv6 VÀ KHẢ NĂNG
ỨNG DỤNG CHO MẠNG 5G**

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT VIỄN THÔNG

MÃ SỐ: 8.52.02.08

TÓM TẮT ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ

HÀ NỘI – 2024

Luận văn được hoàn thành tại:

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học: TS. VŨ THỊ THÚY HÀ

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Đề án tốt nghiệp sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm đề án tốt nghiệp thạc sĩ tại
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Vào lúc: giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu đề án tốt nghiệp tại:

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, chúng ta đã chứng kiến sự phát triển mạnh mẽ của mạng 5G trên thế giới và ở Việt Nam. Mạng 5G được xác định là hạ tầng quan trọng cho thúc đẩy chuyển đổi số, phát triển kinh tế số, phục vụ nhu cầu kết nối IoT, phát triển thông minh. Là thế hệ tiếp theo của công nghệ truyền thông di động thế hệ thứ tư, 5G đã được triển khai thử nghiệm rất sớm ở Việt Nam, từ tháng 5 – 2019. Tuy nhiên sau 4 năm, các nhà mạng vẫn đang dừng lại ở mức thử nghiệm. Để triển khai 5G thành công cần cải tạo rất nhiều yếu tố liên quan hạ tầng mạng lưới (giấy phép, băng tần, hệ sinh thái, ứng dụng). Ngoài ra với lưu lượng dữ liệu lớn, tốc độ cao thì các nhà cung cấp dịch vụ (ISP) sẽ phải thực hiện tối ưu hóa định tuyến dữ liệu, băng thông và lưu lượng truy cập trên hạ tầng của mình có. Một trong những giải pháp được đưa ra là sử dụng kỹ thuật định tuyến phân đoạn qua IPv6 (SRv6) bởi nó cung cấp tính linh hoạt, tăng cường hiệu suất, đáp ứng các yêu cầu đặc biệt của môi trường ngày càng phức tạp và đa dạng của mạng 5G. Các lợi ích có thể kể đến khi áp dụng SRv6 như linh hoạt trong quản lý đường đi của gói tin; điều chỉnh nhanh chóng theo yêu cầu thay đổi của mạng; hỗ trợ việc di chuyển của người dùng hiệu quả; quản lý tài nguyên chặt chẽ; tiết kiệm chi phí và năng lượng; hỗ trợ mở rộng cho các ứng dụng mới xuất hiện.

Xuất phát từ các vấn đề lý luận và thực tiễn như đã đề cập ở trên, tác giả luận văn (đề án) lựa chọn đề tài “Nghiên cứu định tuyến phân đoạn qua IPv6 và khả năng ứng dụng cho mạng 5G”. Đề án này tập trung nghiên cứu về định tuyến phân đoạn qua IPv6 (SRv6) và khả năng ứng dụng SRv6 cho mặt phẳng người dùng của mạng 5G. Kết quả đạt được của đề án là cơ sở cho việc nghiên cứu áp dụng SRv6 cho việc triển khai mạng 5G trong thời gian tới tại Việt Nam.

Đề án bao gồm 3 chương:

Chương 1: Kiến trúc định tuyến phân đoạn

Chương 2: Kỹ thuật định tuyến phân đoạn qua IPv6

Chương 3: Khả năng ứng dụng SRv6 cho mạng 5G

CHƯƠNG 1 - KIẾN TRÚC ĐỊNH TUYẾN PHÂN ĐOẠN

1.1. Giới thiệu về định tuyến phân đoạn

1.1.1. Giới thiệu chung

Định tuyến nguồn (Source Routing): Là một phương pháp định tuyến mạng trong đó nguồn dữ liệu xác định đường dẫn mà dữ liệu sẽ đi qua mạng. Thay vì dựa vào bảng định tuyến được lưu trữ trên các thiết bị mạng, bộ định tuyến nguồn sẽ nhúng thông tin về đường dẫn mong muốn vào chính gói dữ liệu thông qua một danh sách địa chỉ IP hoặc tên thiết bị mạng mà gói tin cần phải đi qua. Khác với phương thức định tuyến truyền thống, các nút trung gian không tham gia xác định tuyến đường đi của gói tin mà chỉ đọc thông tin định tuyến nguồn trong gói tin và chuyển tiếp nó đến thiết bị tiếp theo trong danh sách.

Định tuyến phân đoạn (SR): Là một kỹ thuật định tuyến tiên tiến được sử dụng trong các mạng 5G và các mạng IP thế hệ tiếp theo. Nó dựa trên định tuyến nguồn và chia tuyến đường trong mạng thành nhiều đoạn (segment) và gán cho mỗi đoạn một số Định danh Đoạn (SID), chứa thông tin về địa chỉ đích và các hành động cần thực hiện tại các nút mạng. Mỗi đoạn sẽ đại diện cho một phần của topo hoặc mạng dịch vụ trong một khu vực hoặc liên mạng. Các đoạn sau đó được sắp xếp thành một danh sách đoạn theo thứ tự tuần tự để tạo ra một tuyến đường chuyển tiếp gói tin. Khi đến một nút mạng, thiết bị mạng sẽ đọc SID để phân loại và chuyển tiếp gói tin đến nút tiếp theo. Định tuyến phân đoạn có thể hỗ trợ nhiều tuyến đường cho cùng một địa chỉ đích cũng như các hành động cho từng loại dịch vụ cụ thể.

Ưu điểm của định tuyến phân đoạn bao gồm:

- Hiệu suất cao
- Khả năng mở rộng
- Linh hoạt
- Bảo mật

Định tuyến phân đoạn được phân loại thành hai loại dựa trên mặt phẳng chuyển tiếp được sử dụng. Loại đầu tiên là định tuyến phân đoạn MPLS và sử dụng mặt phẳng chuyển tiếp MPLS. Loại thứ hai được gọi là định tuyến phân đoạn IPv6 sử dụng mặt phẳng chuyển tiếp IPv6.

Một số thuật ngữ chung như sau:

- Node SID (SID nút)
- Adjacency SID (SID cục bộ)
- Service SID (SID dịch vụ)

1.1.2. Kiến trúc của định tuyến phân đoạn

Kiến trúc SR bao gồm hai thành phần chính. Thành phần đầu tiên là Mặt phẳng dữ liệu (data plane) - xác định cách mã hóa chuỗi các đoạn được áp dụng cho một gói tin và từng thiết bị nên xử lý gói tin đó dựa trên thông tin đoạn. Một lưu ý quan trọng là hoạt động của SR không phụ thuộc vào giao thức sử dụng để mang thông tin mào đầu SR.

Thành phần thứ hai là Mặt phẳng điều khiển (control plan), tập trung vào làm thế nào mà các đoạn đã định danh được phân phối giữa các thiết bị mạng và cách các thiết bị này được hướng dẫn để áp dụng chuỗi các đoạn cụ thể cho một luồng dữ liệu.

- Mặt phẳng dữ liệu SR:

Mào đầu SR của một gói tin bao gồm một chuỗi các đoạn và một con trỏ trỏ đến đoạn đang hoạt động – đại diện cho hướng dẫn mà thiết bị xử lý gói tin cần phải thực thi. Sau khi xử lý xong đoạn hoạt động, thiết bị chuyển sang đoạn tiếp theo trong danh sách – đoạn đó trở thành đoạn hoạt động mới. Mỗi đoạn được xác định bằng một SID – có thể có ý nghĩa trên toàn mạng và hoặc chỉ có ý nghĩa cục bộ với bộ định tuyến đang xử lý gói tin đó.

Một nút tương thích SR hỗ trợ các hoạt động trong mặt phẳng dữ liệu sau:

- CONTINUE
- PUSH
- NEXT

Các nhà điều hành có thể tự do chọn công nghệ mặt phẳng dữ liệu SR phù hợp nhất với yêu cầu mạng của họ. Hiện nay, MPLS và IPv6 là hai công nghệ mặt phẳng dữ liệu được xem xét để hỗ trợ SR vì chúng là các mặt phẳng dữ liệu điển hình cho các mạng như vậy:

- Mặt phẳng điều khiển SR

Trong mạng SR, việc truyền thông tin SID giữa các thiết bị được hỗ trợ bởi mặt phẳng điều khiển. Để đạt được điều này, giao thức định tuyến nội bộ IGP đã được sử dụng để quảng bá cho các Node SID và Adjacency SID. Định tuyến phân đoạn được sử

dụng kết hợp với các giao thức IGP phổ biến như IS-IS và OSPF để cho phép phân phối SID trong toàn bộ mạng.

Một yếu tố khác của mặt phẳng điều khiển SR liên quan đến việc hướng dẫn một bộ định tuyến đầu vào lựa chọn tuyến đường SR mà một gói tin cần tuân theo. Các phương thức sau có thể được sử dụng:

- Tính toán CSPF (Constrained Shortest Path First) phân tán
- Dựa trên bộ điều khiển SDN
- Định tuyến tĩnh bởi người quản trị mạng

1.2. Các tham số đặc trưng trong định tuyến phân đoạn

1.2.1. Miền định tuyến phân đoạn (Segment Routing Domain)

1.2.2. Đoạn hoạt động (Active Segment)

1.2.3. Khối định tuyến phân đoạn cục bộ (SR Local Block - SRLB)

1.2.4. Đoạn toàn mạng (Global Segment)

1.2.5. Đoạn cục bộ (Local segment)

1.3. Hoạt động của định tuyến phân đoạn

Khi một gói tin đến nút xâm nhập miền SR, nó sẽ tuân theo các chính sách do người quản trị đặt ra. Nếu gói đó thỏa mãn các điều kiện phù hợp cho một đường dẫn SR, nút xâm nhập sẽ chuyển tiếp gói tin trong một đường hầm SR gồm nhiều đoạn.

Trên đường đi từ nguồn đến đích, tại mỗi điểm dừng, đoạn trên cùng được sử dụng để tham chiếu với mục đích xác định điểm dừng kế tiếp. Khi một nút nhận được gói tin, kiểm tra phần mào đầu và đọc định danh đoạn SID, có hai trường hợp sẽ xảy ra:

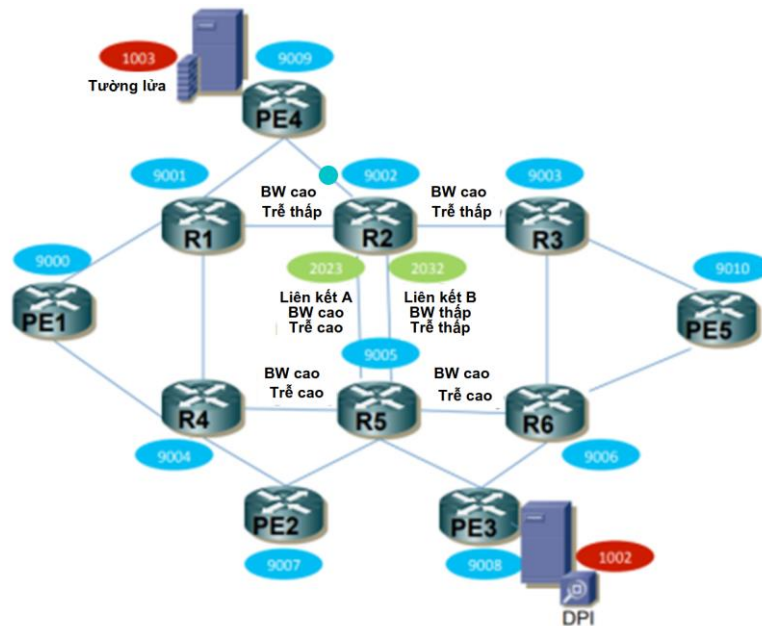
- Nếu giá trị này trùng với giá trị định danh của nút, nút này sẽ gỡ bỏ SID này khỏi mào đầu của gói tin và thực hiện hành động được yêu cầu có trong đoạn tiếp theo.
- Ngược lại, nếu giá trị này không phải là định danh của nút, nút sẽ chuyển tiếp gói tin đến điểm dừng được định danh bởi giá trị này.

1.3.1. Một số thuật ngữ thường dùng

- PUSH
- NEXT
- Continue

1.3.2. Ví dụ mô tả hoạt động của định tuyến phân đoạn

Mô hình trong Hình 1.1 đã gán Node SID cho mỗi bộ định tuyến.



Hình 1.1: Mô hình luồng dữ liệu SRv6

Khi gói tin được gửi đến PE5, PE1 chỉ cần sử dụng SID 9010 trong phần mào đầu SR. Các gói tin sẽ được chia đều trên các tuyến đường ngắn nhất đến PE5, vốn được định nghĩa bởi IGP. Tuyến đường đó có thể là PE1 – R1 – R2 – R3 – PE5 tương ứng với danh sách đoạn là 9000 – 9001 – 9002 – 9003 - 9010 hoặc PE1 – R4 – R5 – R6 – PE5 tương ứng với danh sách đoạn là 9000 – 9004 – 9005 – 9006 – 9010.

1.4. Kết luận chương

Chương 1 giới thiệu định tuyến phân đoạn (SR) là một kỹ thuật định tuyến dựa trên định tuyến nguồn và chia tuyến đường thành nhiều đoạn. Mỗi đoạn được gán một Định danh Đoạn (SID), chứa thông tin về địa chỉ đích và các hành động cần thực hiện tại các nút mạng. Kiến trúc SR gồm hai thành phần chính: Mặt phẳng dữ liệu và Mặt phẳng điều khiển. Mặt phẳng dữ liệu SR xác định cách mã hóa chuỗi các đoạn được áp dụng cho một gói tin và cách mỗi thiết bị nên xử lý gói tin đó dựa trên thông tin đoạn. Mặt phẳng điều khiển SR tập trung vào cách các đoạn đã định danh được phân phối giữa các thiết bị mạng và cách các thiết bị này được hướng dẫn để áp dụng chuỗi các đoạn cụ thể cho một luồng dữ liệu. SR hỗ trợ ba hoạt động chính: PUSH (thêm một đoạn vào đầu danh sách), NEXT (chuyển sang đoạn tiếp theo sau khi đoạn hiện tại đã hoàn thành) và CONTINUE (tiếp tục chuyển tiếp gói tin khi đoạn hiện tại chưa hoàn thành).

CHƯƠNG 2 - KỸ THUẬT ĐỊNH TUYẾN PHÂN ĐOẠN QUA IPV6

2.1. Giới thiệu kỹ thuật định tuyến phân đoạn qua IPv6 (SRv6)

2.1.1. Thách thức đối với mạng hiện tại

Sự phát triển nhanh chóng của quá trình số hóa toàn cầu đang thúc đẩy sự mở rộng của các công nghệ dựa trên internet. Khi các mạng tiếp tục mở rộng về kích thước và sự phát triển của điện toán đám mây, chúng ta chứng kiến một loạt các dịch vụ mạng và các yêu cầu của chúng trên các mạng. Do đó các mạng IP/MPLS hiện tại đối mặt với một loạt các thách thức:

- Mạng IP bị cô lập
- Sự tồn tại đồng thời của các dịch vụ L2VPN và L3VPN trên một thiết bị có thể liên quan đến vô số giao thức (ví dụ: LDP, RSVP, IGP, BGP), điều này có thể làm phức tạp việc quản lý và gây khó khăn cho việc triển khai dịch vụ trên quy mô lớn.
- Không gian lập trình hạn chế trong IPv4 và MPLS
- Tách mạng ứng dụng và truyền tải
- Sự kết nối chặt chẽ giữa mặt phẳng dữ liệu và mặt phẳng điều khiển

2.1.2. Xu hướng chuyển đổi giao thức và ưu điểm của SRv6

Định tuyến phân đoạn trên IPv6 (SRv6) là kỹ thuật triển khai công nghệ định tuyến phân đoạn sử dụng địa chỉ IPv6 để thiết lập các đường dẫn dữ liệu trong mạng. Tuyến đường của gói tin được phân chia thành các đoạn, các đoạn này được mã hóa và chèn vào phần mào đầu IPv6 của gói tin gửi đi. Trên đường đi từ nguồn tới đích, qua mỗi điểm dừng, thiết bị định tuyến sẽ kiểm tra phần mào đầu IPv6, bóc tách và phân tích đoạn hoạt động từ đó đưa ra hành động chuyển tiếp gói tin cho hợp lý.

SRv6 là một kiến trúc mạng giúp đơn giản hóa những hoạt động mạng bằng cách giảm độ phức tạp của cơ sở hạ tầng mạng. Các kiến trúc mạng truyền thống phụ thuộc vào các giao thức định tuyến phức tạp và các lớp phủ để quản lý lưu lượng mạng, dẫn đến sự phức tạp cao, gây khó quản lý và sửa lỗi. SRv6 đơn giản hóa quá trình này để tạo ra một kiến trúc mạng linh hoạt và có thể lập trình được. Điều này giúp đơn giản hóa các hoạt động mạng bằng cách giảm số lượng giao thức và lớp phủ cần thiết để quản lý lưu lượng mạng, đồng thời cung cấp sự linh hoạt và kiểm soát lớn hơn về định tuyến

mạng. Với SRv6 các nhà quản trị mạng có thể dễ dàng tạo và sửa đổi các tuyến đường mà không cần giao thức phức tạp, giảm thời gian và công sức để quản lý hạ tầng mạng.

Ưu điểm của SRv6 như sau:

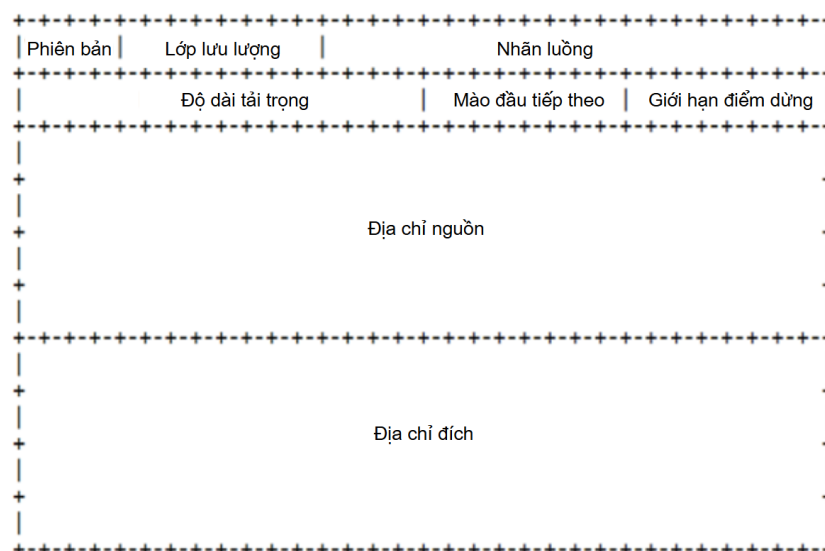
- Đơn giản hóa hoạt động của mạng
- Mở rộng mạng lưới tốt hơn
- Tăng cường bảo mật mạng
- Cải thiện hiệu suất mạng

2.1.3. Cơ bản về SRv6

IP là một phương thức truyền dữ liệu giữa các máy tính qua mạng internet. Mỗi máy tính hay mỗi giao diện mạng trên internet sẽ được gán ít nhất một địa chỉ IP để xác định máy tính đó là duy nhất.

Một địa chỉ IPv6 là một giá trị dạng kí tự không trùng lặp bao gồm 128 bit xác định một thiết bị kết nối với mạng Internet Protocol Version 6 (IPv6). IPv6 được phát triển như một người kế nhiệm của IPv4 - vốn có những giới hạn mà IPv6 cần vượt qua. Một trong những điểm khác biệt chính của IPv6 là cung cấp không gian địa chỉ lớn hơn nhiều so với IPv4 (không gian địa chỉ là 32 bit).

IPv6 có 40 byte cho phần mào đầu như Hình 2.1:



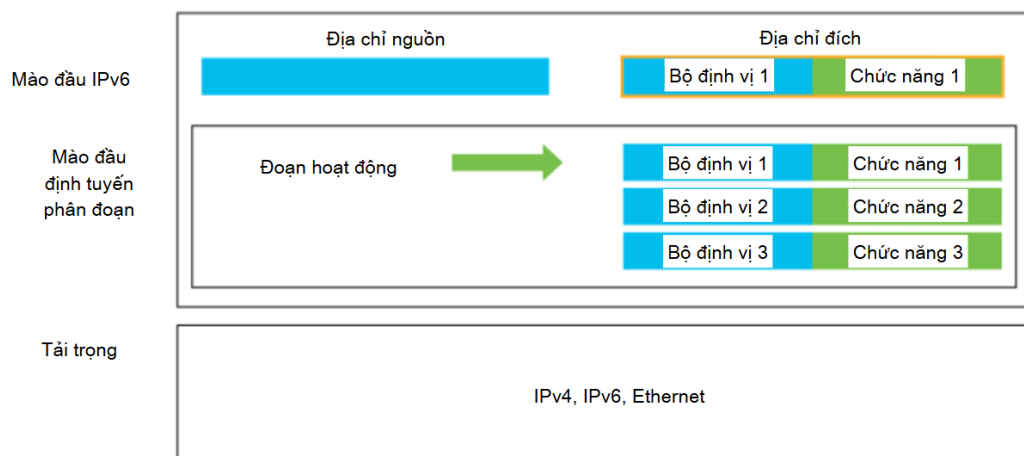
Hình 2.1: Phần mào đầu IPv6

- Version (Phiên bản)
- Traffic Class (Lớp lưu lượng)
- Flow Label (Nhãn luồng)
- Payload Length (Độ dài tải trọng)

- Next Header (Mào đầu tiếp theo)
- Hop Limit (Giới hạn điểm dừng)
- Source Address (Địa chỉ nguồn)
- Destination Address (Địa chỉ đích)

Ngoài ra, phần mào đầu IPv6 có thể được mở rộng không qua các Mào đầu mở rộng (Extension Header).

SRv6 giới thiệu một khung Lập trình Mạng mà cho phép nhà điều hành hoặc ứng dụng chỉ định một chương trình xử lý gói tin bằng cách mã hóa một chuỗi các hướng dẫn trong mào đầu của IPv6 như Hình 2.2. Mào đầu định tuyến phân đoạn (SRH - Segment Routing Header) là một mào đầu mở rộng được thêm vào gói tin IPv6 để hỗ trợ Định tuyến Phân đoạn (SRv6). Nó chứa thông tin về đường dẫn dữ liệu mà gói tin phải đi qua trong mạng lưới. Đoạn hoạt động được chỉ ra bởi địa chỉ đích của gói tin và đoạn tiếp theo được chỉ ra bởi con trỏ trong SRH.



Hình 2.2: Lập trình Mạng trong Mào đầu gói tin IPv6

Có ba loại nút trong mạng sử dụng SRv6:

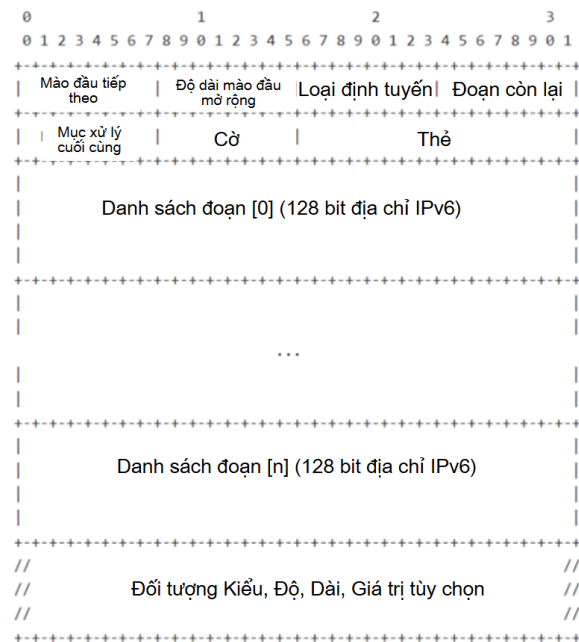
- Nút nguồn SRv6
- Nút chuyển tiếp
- Nút đích SRv6

2.2. Các thành phần và cơ chế hoạt động của SRv6

2.2.1. Các thành phần của SRv6

Để sử dụng SR với mặt phẳng chuyển tiếp IPv6, một loại đặc biệt của mào đầu định tuyến (RH) IPv6 được biết đến với cái tên mào đầu định tuyến phân đoạn (Segment Routing Header - SRH) như Hình 2.3. RH này được thêm vào mỗi gói tin IPv6 bởi nút

nhập mạng và giữ chi tiết đường đi IPv6 dưới danh sách đoạn. Các danh sách này chỉ định một đường đi rõ ràng cho gói tin IPv6. Khi gói tin đi qua mạng, các nút chuyển tiếp sử dụng thông tin đường đi trong SRH để chuyển tiếp các gói tin.



Hình 2.3: Mào đầu mở rộng SRH

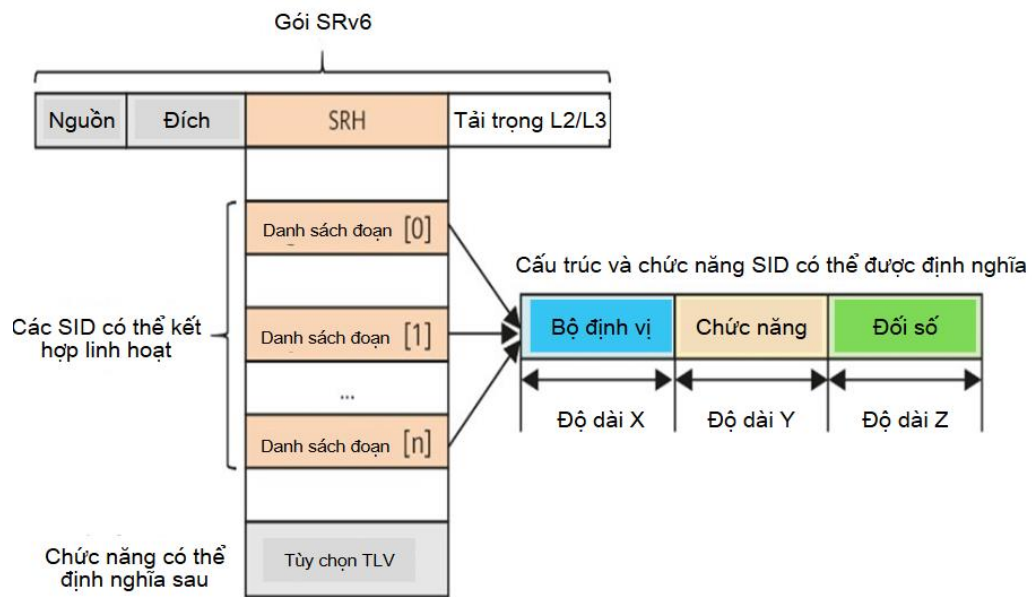
- Next Header (Mào đầu tiếp theo)
- Hdr Ext Len (Độ dài mào đầu mở rộng)
- Routing Type (Loại định tuyến)
- Segments Left (Đoạn còn lại)
- Last Entry (Mực xử lý cuối cùng)
- Flags (Cờ)
- Tag (Thẻ)
- Segment List [0..n] (Danh sách đoạn)
- TLV (Type Length Value - Kiểu, Độ Dài, Giá Trị)

Đoạn SRv6 thường được gọi là SID SRv6 và là một hướng dẫn Lập trình Mạng SRv6 với không gian địa chỉ 128 bit. Nó gồm 3 phần như Hình 2.4:

- Locator (Bộ định vị): Để định tuyến gói tin đến nút.
- Function (Chức năng): Đại diện cho một hành vi và thực hiện nó tại nút.
- Arguments (Đối số): Tham số tùy chọn cho chức năng cục bộ.

Bộ định vị	Chức năng	Đối số
------------	-----------	--------

Hình 2.4: Cấu trúc của một đoạn SRv6 (SID SRv6)

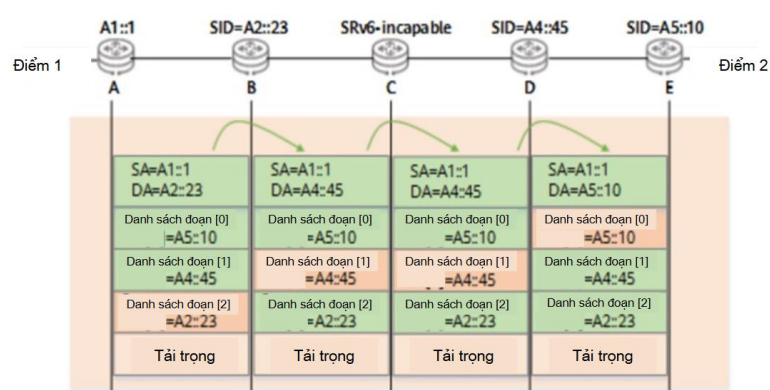


Hình 2.5: Cấu trúc chi tiết của SID SRv6

Mỗi mã lệnh thao tác trong SID SRv6 tương ứng với một tác vụ khác nhau.

2.2.2. Cơ chế hoạt động của SRv6

Quá trình chuyển tiếp gói tin SRv6: Hình 2.6 cho thấy trường hợp chuyển tiếp gói tin từ máy chủ 1 đến máy chủ 2 thông qua các nút. Các nút trong tuyến đường gọi là A, B, D và E hỗ trợ SRv6 trong khi nút C chỉ hỗ trợ IPv6. Để thực hiện việc chuyển tiếp này, lập trình mạng cần thiết lập trên nút A. Cụ thể gói tin sẽ được gửi đến nút A trước, sau đó được chuyển tiếp qua các liên kết B – C và C – D trước khi đến nút E và sau đó là máy chủ 2.



Hình 2.6: Tiến trình chuyển tiếp gói tin

Chế độ hoạt động của SRv6: Có thể hoạt động ở chế độ SRv6 Traffic Engineering (TE) Policy hoặc SRv6 Best Effort (BE). Cả hai chế độ đều có thể được sử dụng để vận chuyển các dịch vụ truyền thống như L3VPN, EVPN, L3VPN, EVPN VPLS, EVPN VPWS và dịch vụ IP công cộng.

Phân phối SRv6 SID:

- Triển khai SRv6 thông qua mở rộng giao thức: Để hỗ trợ SRv6 các nút mạng cần quảng bá hai loại thông tin là thông tin định vị và thông tin SID.

+ Thông tin định vị

+ Thông tin SID

- Như vậy, việc triển khai các chức năng cơ bản của SRv6 yêu cầu các phần mở rộng IGP và BGP.

- Phần mở rộng IGP

- Phần mở rộng BGP:

2.3. Cấu hình SRv6 trên thiết bị của Cisco

- Truy cập vào thiết bị của Cisco (ở đây là NCS 540 Series Router) và gõ câu lệnh cho phép sử dụng SRv6 như sau:

```
hw-module profile segment-routing srv6 mode base
```

* Tiến hành lưu cấu hình và khởi động lại để việc thay đổi cấu hình có hiệu lực.

- Cho phép SRv6 với Bộ định vị bằng câu lệnh sau:

```
Router(config)# segment-routing srv6
Router(config-srv6)# locators
Router(config-srv6-locators)# locator myLoc1
Router(config-srv6-locator)# prefix 2001:db8:0:a2::/64
```

- Cấu hình Bộ định vị Anycast SRv6 (Tùy chọn):

Ví dụ cấu hình Bộ định vị Anycast như sau:

```
Router(config)# segment-routing srv6
Router(config-srv6)# locators
Router(config-srv6-locators)# locator myLoc1 anycast
Router(config-srv6-locator)# prefix 2001:db8:0:a2::/64
```

- Bắt ghi lại nhật kí những thay đổi của Bộ định vị

```
Router(config)# segment-routing srv6
Router(config-srv6)# logging locator status
```

- Cấu hình các tham số đóng gói (tùy chọn):

+ Ví dụ về cấu hình tham số đóng gói như sau:

```
Router(config)# segment-routing srv6
```

```
Router(config-srv6)# encapsulation source-address 1::1
```

```
Router(config-srv6)# hop-limit 60
```

- Xác định phân quản lý SRv6

```
Router# show segment-routing srv6 manager
```

- Xác định Bộ định vị SRv6

```
Router# show segment-routing srv6 locator myLoc1 detail
```

- Xác định các SID cục bộ SRv6

```
Router# show segment-routing srv6 locator myLoc1 sid
```

- Một số lệnh kiểm tra với “show”

2.4. Kết luận chương

Chương 2 giới thiệu Định tuyến phân đoạn qua IPv6 (SRv6) cung cấp một kiến trúc mạng đơn giản, có thể mở rộng và linh hoạt hơn so với các giao thức định tuyến truyền thống. Nó cho phép các nhà khai thác mạng lập trình đường dẫn của các gói tin qua mạng, dẫn đến việc quản lý mạng được cải thiện, khả năng mở rộng được nâng cao và bảo mật được tăng cường. SRv6 hoạt động bằng cách mã hóa thông tin đường dẫn vào tiêu đề IPv6 của gói tin. Thông tin này được sử dụng bởi các thiết bị mạng để chuyển tiếp gói tin dọc theo đường dẫn mong muốn. SRv6 hỗ trợ hai chế độ hoạt động: chế độ SRv6 TE Policy và chế độ SRv6 BE. Chế độ SRv6 TE Policy được sử dụng để triển khai kỹ thuật lưu lượng và cải thiện chất lượng mạng trong khi chế độ SRv6 BE được sử dụng để cung cấp nhanh chóng các dịch vụ VPN truyền thống. SRv6 đang nhanh chóng trở thành một công nghệ quan trọng đối với các nhà khai thác mạng, những người muốn xây dựng các mạng hiện đại, linh hoạt và hiệu quả.

CHƯƠNG 3 - KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG SRv6 CHO MẠNG 5G

3.1. Nhu cầu của việc ứng dụng SRv6 cho mạng 5G

Các mạng di động cung cấp các kết nối đến các nút cố định và không cố định (khi thiết bị di chuyển) thông qua các liên kết không dây như 3G, 4G hoặc 5G. Mặt phẳng người dùng (user plan) thiết lập một “đường hầm” dữ liệu giữa thiết bị di động và nút gốc qua mạng khu vực đến mạng lõi cho các dịch vụ mạng như thoại, nhắn tin, truy cập internet,... Đường hầm dữ liệu này được thiết lập để bảo vệ dữ liệu và xây dựng trên giao thức IP để đảm bảo tính linh hoạt, tương thích với cơ sở hạ tầng mạng hiện đại. Theo thời gian, các mạng di động đang gặp một số vấn đề như sau:

- Tăng trưởng liên tục của lưu lượng và yêu cầu về độ trễ.
- Xuất hiện các trường hợp sử dụng mới
- Tăng số lượng thiết bị kết nối
- Kiến trúc hiện tại của mạng di động không tính đến phương thức vận chuyển cơ bản như việc sử dụng giao thức TCP hay UDP

Tổng thể, các thách thức này đang khiến cho việc vận hành mạng di động trở nên phức tạp hơn và đòi hỏi các nhà khai thác phải tìm ra các giải pháp mới để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của người dùng.

Các ứng dụng đã chuyển sang sử dụng IPv6 và các nhà khai thác mạng đã bắt đầu áp dụng IPv6 làm phương tiện IP của họ. SRv6, sự hiện thực của mặt phẳng dữ liệu IPv6 với định tuyến phân đoạn, tích hợp cả đường truyền dữ liệu ứng dụng và lớp vận chuyển cơ bản vào một giao thức duy nhất, cho phép nhà khai thác tối ưu hóa mạng một cách đơn giản và loại bỏ trạng thái chuyển tiếp khỏi mạng. Nó cũng phù hợp cho môi trường ảo hóa, như mạng VNF/CNF tới VNF/CNF. SRv6 đã được triển khai trong hàng chục nhà mạng trên toàn thế giới.

Là một biến thể của định tuyến phân đoạn, SRv6 được thiết kế hoạt động dựa trên giao thức IPv6 cho phép xây dựng một kiến trúc di động trong đó các gói tin được định tuyến dựa trên hướng dẫn từ nguồn. Điều này cho phép các nhà cung cấp dịch vụ chủ động xác định đường đi cho các gói dữ liệu khi luân chuyển qua các nút di động thay vì để hệ thống tự động chọn đường đi. Các nút SRv6 Endpoint được đặt tại các

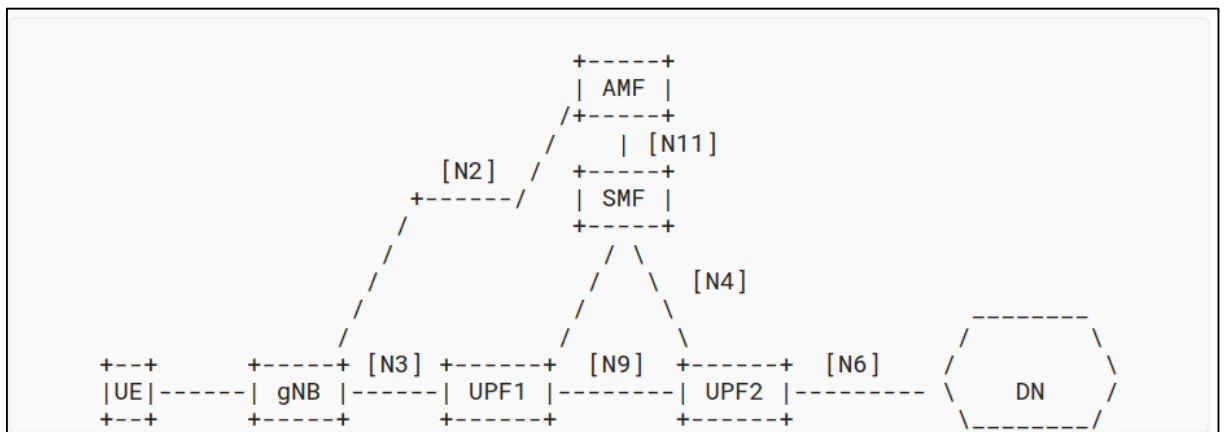
điểm truy cập mạng (các trạm BTS), chịu trách nhiệm cho việc định tuyến gói dữ liệu và cung cấp mạng cho người dùng— chính là vai trò chính của mặt phẳng người dùng.

SRv6 định nghĩa ý tưởng lập trình mạng mới, cho phép mạng được cấu hình và điều khiển một cách linh hoạt và trực tiếp thông qua việc gán các định danh đoạn (SID) vào gói tin. Áp dụng vào di động, SRv6 có thể cung cấp các hành vi mặt phẳng người dùng cần thiết cho quản lý di động như chuyển tiếp gói tin, định tuyến và chuyển mạch cụ thể cho di động trong mạng. SRv6 tận dụng sự nhận thức và linh hoạt của phương tiện vận chuyển cơ bản cùng khả năng bao gồm dịch vụ để tối ưu hóa đường dẫn dữ liệu di động từ đầu đến cuối.

3.2. Khả năng ứng dụng SRv6 cho mặt phẳng người dùng của mạng 5G

3.2.1. Kiến trúc tham chiếu của 3GPP

Phần này trình bày kiến trúc tham chiếu của 3GPP và các kịch bản triển khai có thể có. Hình 3.1: Kiến trúc tham chiếu 5G 3GPP cho chúng ta thấy sơ đồ tham chiếu của một kiến trúc lõi của mạng 5G.



Hình 3.1: Kiến trúc tham chiếu 5G 3GPP

Các thuật ngữ được sử dụng trong sơ đồ trên bao gồm:

- UE (User Equipment)
- gNB: Trạm gốc
- UPF1, 2 (User Plane Function)
- SMF (Session Management Function)
- AMF (Access and Mobility Management Function)
- DN (Data Network)

Mỗi phiên từ một UE được gán cho một UPF. Đôi khi có thể sử dụng nhiều UPF nhằm cung cấp chức năng dịch vụ phong phú hơn. Một UE nhận địa chỉ IPv4 của mình

hoặc tiền tố IPv6 từ khối DHCP của UPF ứng với nó. UPF quảng bá khối địa chỉ IP đó đến mạng internet và đảm bảo rằng dữ liệu trả về được định tuyến đến UPF đúng.

3.2.2. Các chế độ mặt phẳng người dùng

Có hai chế độ khác nhau đối với mặt phẳng người dùng trên nền tảng SRv6. Chế độ đầu tiên là “Chế độ truyền thống” - kế thừa kiến trúc 3GPP hiện tại. Trong chế độ này, giao thức GTP-U được thay thế bằng SRv6. Tuy nhiên, các giao diện N3, N9 và N6 vẫn là các giao diện điểm – điểm và không có điểm trung gian như trong kiến trúc mạng di động hiện tại. Chế độ thứ hai là “Chế độ nâng cao”. Đây là sự tiến hóa từ “Chế độ truyền thống”. Trong chế độ này, các giao diện N3, N9 hoặc N6 có các điểm trung gian (các SID) được sử dụng cho kỹ thuật điều khiển lưu lượng hoặc mục đích VNF mà không ảnh hưởng đến chức năng 3GPP. Điều này dẫn đến các chính sách từ đầu đến cuối tối ưu trên mạng di động với sự nhận thức về vận chuyển và dịch vụ. Cụ thể, các SID được sử dụng như các điểm dừng trung gian giữa các thiết bị trong mạng, cho phép tối ưu hóa và linh hoạt trong việc định tuyến và xử lý dữ liệu. Điều này giúp cải thiện hiệu suất và khả năng quản lý của mạng di động và đảm bảo rằng các dịch vụ được triển khai trên mạng hoạt động một cách hiệu quả nhất có thể.

Trong cả hai chế độ truyền thống và nâng cao, giả định rằng gNB cũng như các UPF đều nhận biết được định tuyến phân đoạn SR (các giao diện N3, N9 và có thể cả giao diện N6 là SRv6).

Ngoài hai chế độ đó, còn có ba cơ chế để tương tác với các mạng truy cập truyền thống (những nơi mà giao diện N3 không được sửa đổi). Trong phần sau, chúng được giới thiệu như một biến thể của chế độ Nâng cao, nhưng chúng cũng hoàn toàn áp dụng cho chế độ Truyền thống.

3.2.3. Chế độ truyền thống

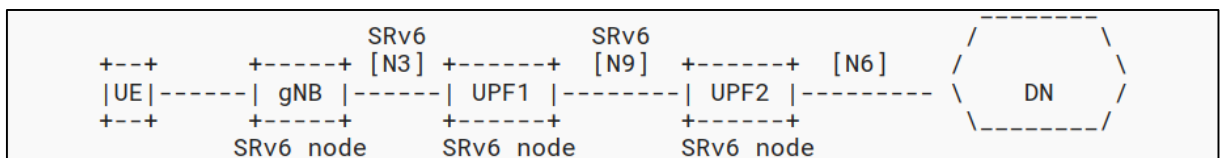
Trong chế độ truyền thống, các UPF di động hiện tại vẫn giữ nguyên ngoại trừ việc sử dụng SRv6 làm mặt phẳng dữ liệu thay vì GTP-U và không có ảnh hưởng đến phần còn lại của hệ thống di động.

Trong các mạng di động 3GPP hiện tại, một phiên PDU (kết nối giữa UE và mạng lõi) được ánh xạ 1-1 với một đường hầm GTP-U đặc biệt gọi là định danh điểm cuối đường hầm (TEID - Tunnel Endpoint Identifier). Sự ánh xạ 1-1 này được phản ánh ở đây để thay thế việc đóng gói GTP-U bằng việc đóng gói SRv6, trong khi không thay

đôi bất cứ điều gì khác. Chế độ Truyền thống giảm thiểu các thay đổi cần thiết đối với hệ thống di động, do đó nó là một xuất phát tốt để hình thành sự đồng thuận chung.

Mặt phẳng điều khiển gNB/UPF (giao diện N2/N4) không thay đổi, cụ thể một địa chỉ IPv6 duy nhất được cung cấp cho gNB. Cùng với đó, phân báo hiệu mặt phẳng điều khiển tương tự được sử dụng và gNB/UPF quyết định sử dụng SRv6 dựa trên tham số GTP-U báo hiệu theo chính sách mỗi khu vực. Thông tin duy nhất từ các tham số GTP-U được sử dụng cho chính sách SRv6 là TEID, Định danh luồng QoS (QFI - QoS Flow Identifier) và địa chỉ đích IPv6.

Ví dụ được thể hiện trong Hình 3.2: gNB và các UPF đều có khả năng nhận biết SR. Trong mô tả về luồng gói lên và gói xuống, A là một địa chỉ IPv6 của thiết bị người dùng (UE) và Z là một địa chỉ IPv6 có thể truy cập được trong mạng dữ liệu (DN). End.MAP là một hành vi điểm cuối SRv6 mới được định nghĩa trong phần sau.



Hình 3.2: Topo ví dụ về Chế độ truyền thống

- Luồng gói tin chiều lên (từ UE đến mạng lõi):

UE_out	:	(A, Z)	
gNB_out	:	(gNB, U1::1) (A, Z)	-> H.Encaps.Red <U1::1>
UPF1_out	:	(gNB, U2::1) (A, Z)	-> End.MAP
UPF2_out	:	(A, Z)	-> End.DT4 or End.DT6

Hình 3.3: Luồng gói tin chiều lên

- Luồng gói tin chiều xuống (từ mạng lõi đến UE):

UPF2_in	:	(Z, A)	
UPF2_out	:	(U2::, U1::2) (Z, A)	-> H.Encaps.Red <U1::2>
UPF1_out	:	(U2::, gNB::1) (Z, A)	-> End.MAP
gNB_out	:	(Z, A)	-> End.DX4, End.DX6, End.DX2

Hình 3.4: Luồng gói tin chiều xuống

3.2.4. Chế độ nâng cao

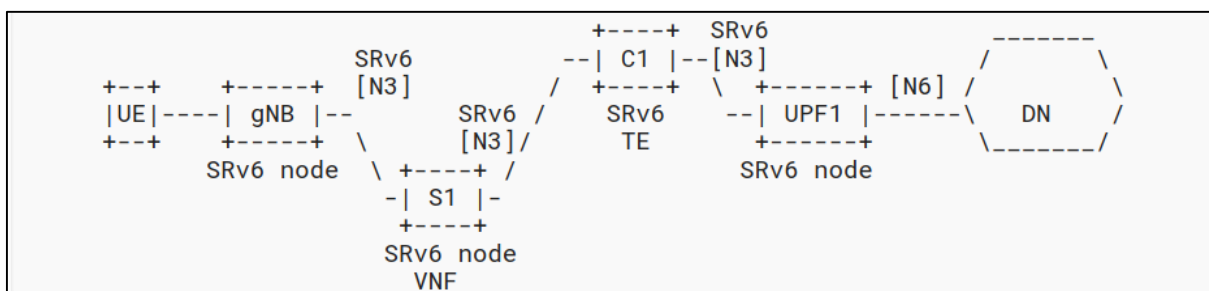
Chế độ nâng cao cải thiện khả năng mở rộng, cung cấp khả năng áp dụng kỹ thuật lưu lượng và cho phép lập trình dịch vụ. Điều này được thực hiện thông qua việc sử dụng nhiều SID trong danh sách SID (thay vì kết nối trực tiếp giữa các UPF mà không có các điểm trung gian như trong chế độ truyền thống).

Do đó, điểm khác biệt chính trong chính sách SR bao gồm các SID cho kỹ thuật lưu lượng và lập trình dịch vụ ngoài các SID cố định tại các UPF. Ngoài ra, trong chế

độ này, nhà điều hành có thể chọn tổng hợp một số thiết bị dưới cùng một danh sách SID (ví dụ các đồng hồ điện, đồng hồ nước kết nối trong cùng một vùng phủ sóng của một trạm cơ sở) để cải thiện khả năng mở rộng.

Mặt phẳng điều khiển gNB/UPF (giao diện N2/N4) không thay đổi; cụ thể, một địa chỉ IPv6 duy nhất được cung cấp cho gNB. Một chính sách cục bộ chỉ dẫn gNB sử dụng SRv6. gNB giải quyết địa chỉ IP nhận được qua lệnh điều khiển thành một danh sách SID. Lưu ý rằng các SID có thể sử dụng đối số Agran.Session nếu được yêu cầu bởi các UPF.

Hình 3.5 thể hiện cấu trúc của chế độ nâng cao. gNB và UPF nhận thức được SR. Hình minh họa hai đoạn dịch vụ, S1 và C1. S1 đại diện cho một chức năng mạng ảo VNF trong mạng và C1 đại diện cho một bộ định tuyến trung gian được sử dụng cho mục đích kỹ thuật lưu lượng để áp dụng một đường dẫn độ trễ thấp trong mạng. Lưu ý rằng cả S1 và C1 đều không cần phải có giao diện N4.



Hình 3.5: Topo ví dụ về Chế độ nâng cao

- Luồng gói tin chiều lên

UE_out	: (A,Z)	
gNB_out	: (gNB, S1)(U1::1, C1; SL=2)(A,Z)	->H.Encaps.Red<S1,C1,U1::1>
S1_out	: (gNB, C1)(U1::1, C1; SL=1)(A,Z)	
C1_out	: (gNB, U1::1)(A,Z)	->End with PSP
UPF1_out	: (A,Z)	->End.DT4,End.DT6,End.DT2U

Hình 3.6: Luồng gói tin chiều lên

- Luồng gói tin chiều xuống

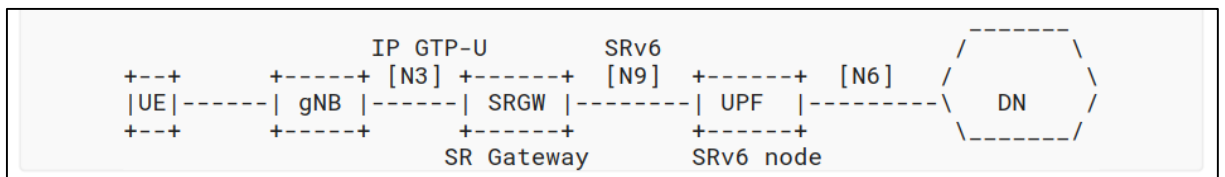
UPF1_in	: (Z,A)	->UPF1 maps the flow w/ SID list <C1,S1, gNB>
UPF1_out	: (U1::1, C1)(gNB::1, S1; SL=2)(Z,A)	->H.Encaps.Red
C1_out	: (U1::1, S1)(gNB::1, S1; SL=1)(Z,A)	
S1_out	: (U1::1, gNB::1)(Z,A)	->End with PSP
gNB_out	: (Z,A)	->End.DX4/End.DX6/End.DX2

Hình 3.7: Luồng gói tin chiều xuống

3.2.5. Chế độ nâng cao với hành vi GTP-U gNB không thay đổi

Có hai cơ chế để kết nối và tương tác liên mạng với gNB truyền thống sử dụng GTP-U: một cho IPv4 và một cho IPv6. Như trong Hình 3.8, gNB không hỗ trợ SRv6 và hỗ trợ việc đóng gói GTP-U qua IPv4 hoặc IPv6. Để đạt được việc tương tác, một gateway SR (SRGW) được thêm vào. SRGW là một thực thể ánh xạ lưu lượng GTP-U thành SRv6. Nó được triển khai tại ranh giới giữa miền SR và thực hiện chức năng ánh xạ cho lưu lượng vào và ra.

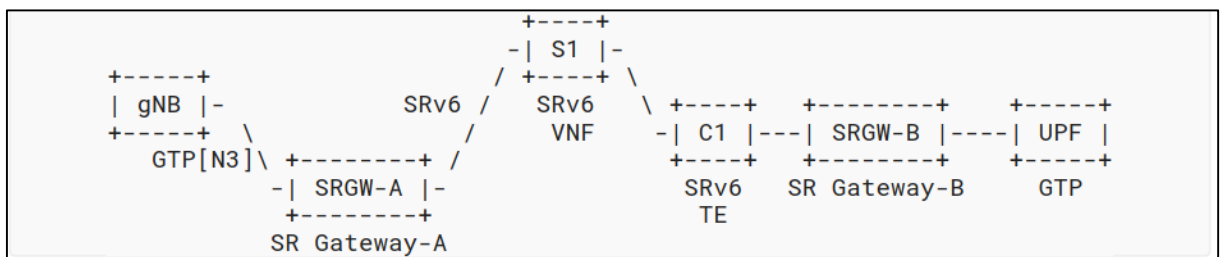
SRGW không phải là một điểm neo cố định và duy trì rất ít trạng thái, do vậy cả hai phương pháp IPv4 và Ipv6 có thể mở rộng đến hàng triệu UE.



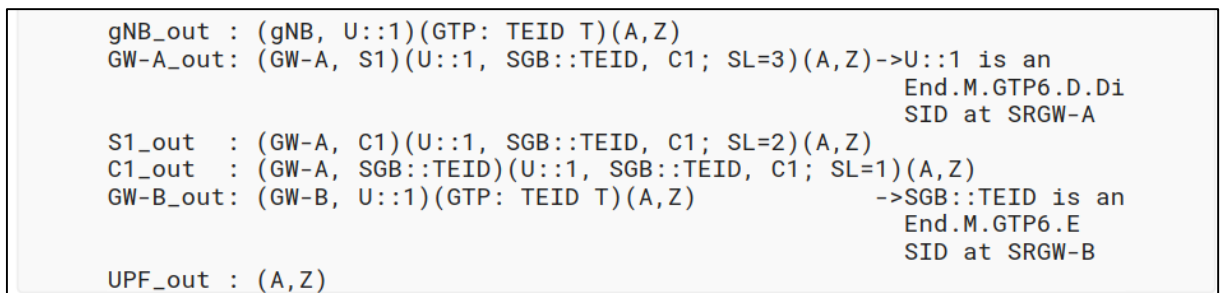
Hình 3.8: Ví dụ về mô hình tương tác liên mạng

3.2.6. Tương tác đưa vào SRv6

Phần này giới thiệu một chế độ khác cho các gNB truyền thống và UPF vẫn hoạt động với GTP-U. Chế độ này cung cấp một mặt phẳng người dùng hỗ trợ SRv6 nằm giữa hai GTP-U. Chế độ này sử dụng hai SRGW để ánh xạ lưu lượng GTP-U sang SRv6 và ngược lại.



Hình 3.9: Ví dụ về mô hình của Tương tác đưa vào SRv6



Hình 3.10: Luồng gói tin

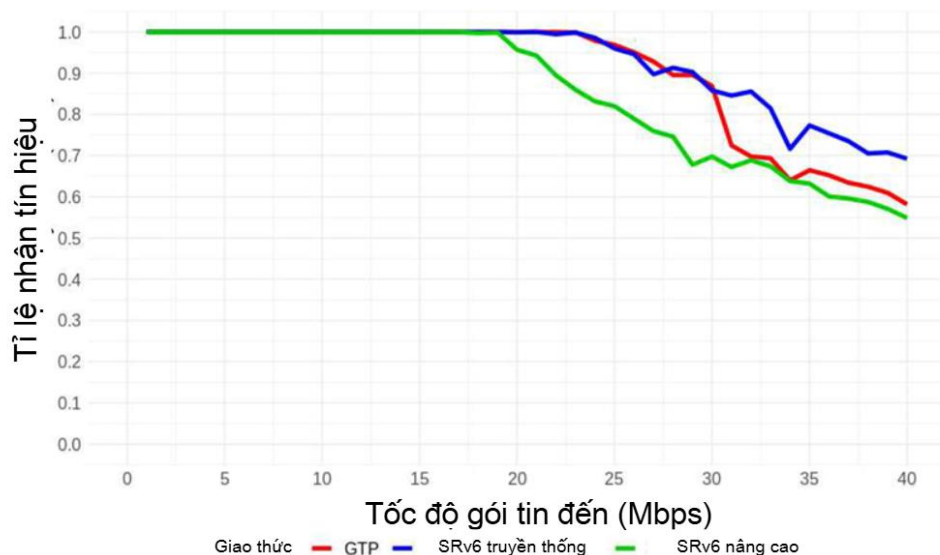
3.2.7. Hành vi Điểm cuối SRv6 cho di động

Phần này giới thiệu các Hành vi điểm cuối SRv6 mới cho mặt phẳng người dùng di động.

- Hành vi Args.Mob.Session
- End.MAP
- End.M.GTP6.D
- End.M.GTP6.D.Di
- End.M.GTP6.E
- End.M.GTP4.E
- H.M.GTP4.D
- End.Limit

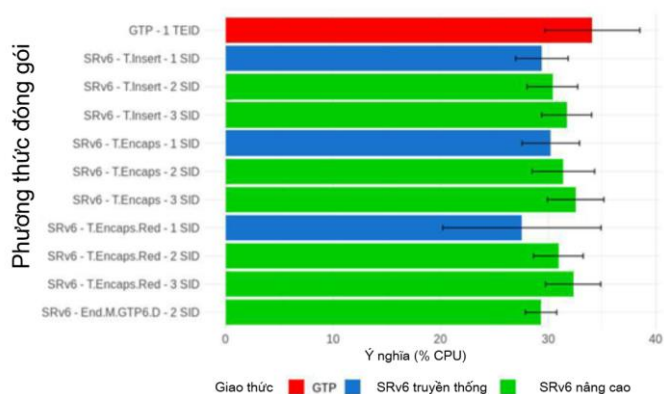
3.2.8. So sánh hiệu năng của GTP-U và SRv6

Nhóm tác giả đã trình bày một thử nghiệm để so sánh hiệu năng giữa GTP và SRv6 bằng Vagrant box (sử dụng VirtualBox để ảo hóa). Thử nghiệm sẽ so sánh hiệu suất truyền dữ liệu đường lên với kịch bản nhiều lát cắt mạng lần lượt với các giao thức GTP (đường màu cam) và SRv6 (chế độ truyền thống – đường màu xanh, chế độ nâng cao – đường màu lục)



Hình 3.11: So sánh hiệu suất giữa GTP và SRv6

Kết quả trong Hình 3.11 cho thấy SRv6 ở chế độ truyền thống có hiệu suất tốt nhất, tiếp theo là GTP-U và cuối cùng là SRv6 ở chế độ nâng cao (dù vẫn đáp ứng tốt ở mức lưu lượng thấp (dưới 20 Mbps)).



Hình 3.12: So sánh sử dụng tài nguyên giữa GTP và SRv6

Kết quả trong Hình 3.12 cho thấy ưu điểm chính của SRv6 là hiệu quả tính toán. Do thông tin đường dẫn được chỉ ra ngay từ đầu nên SRv6 cần ít nỗ lực hơn để có được thông tin này và thực hiện chuyển đổi so với cách tiếp cận của GTP-U. Cụ thể khi theo dõi mức độ sử dụng CPU khi tạo ra một luồng 10 Mbps UDP/IPv6, các biến thể của SRv6 sử dụng CPU ít hơn GTP-U.

Nhóm tác giả cho thấy việc thay thế GTP-U bằng SRv6 là một công việc khó khăn và chúng sẽ cùng tồn tại trong thời gian chuyển đổi công nghệ. Do đó một phương pháp dịch không trạng thái giữa GTP-U và SRv6 được đề xuất để GTP-U và SRv6 có thể cùng tồn tại trong mạng 5G. Để đánh giá hiệu suất của phương pháp này, một mô hình thử nghiệm dựa trên các bộ chuyển mạch khả trình đã được sử dụng với các tốc độ dữ liệu khác nhau và cho kết quả như trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1: So sánh hiệu suất truyền dữ liệu giữa GTP và SRv6

	Tải nhẹ (thời gian ngắn)		Tải nhẹ (thời gian lâu)		Tải nặng (thời gian ngắn)		Tải nặng (thời gian lâu)	
	PPS	Lưu lượng	PPS	Lưu lượng	PPS	Lưu lượng	PPS	Lưu lượng
Chức năng GTP-U	100,805	96,7 Mbps	8,127	99,7 Mbps	100,805,260	97,7 Gbps	8,127,358	99,7 Gbps
Chức năng SRv6	100,805	99,9 Mbps	8,127	99,9 Mbps	100,805,260	99,9 Gbps	8,127,358	99,9 Gbps
Chức năng dịch SRv6	100,805	99,9 Mbps	8,127	99,9 Mbps	100,805,260	99,9 Gbps	8,127,358	99,9 Gbps

Kết quả cho thấy không có mất gói tin dưới cả điều kiện nhẹ (truyền 100 Mbps) và nặng (truyền 100 Gbps). Số gói mỗi giây (PPS) đạt được trên các hàm xử lý là như nhau bất kể GTP-U hay SRv6. Dưới điều kiện nặng, lưu lượng đạt được xấp xỉ 100 Gbps với chênh lệch không đáng kể giữa GTP-U và SRv6 do kích thước gói hơi khác nhau.

3.3. Một số chú ý và khuyến nghị khi ứng dụng SRv6 cho mạng 5G.

3.3.1. Một số chú ý khi ứng dụng SRv6 cho mạng 5G

- Hiệu suất:

- Khả năng tương thích
- Bảo mật
- Quản lý
- Khả năng mở rộng
- Tiêu chuẩn hóa

3.3.2. *Khuyến nghị khi ứng dụng SRv6 cho mạng 5G*

- Đánh giá kỹ lưỡng nhu cầu và trường hợp sử dụng của mạng 5G
- Lựa chọn giải pháp SRv6 cho phù hợp
- Triển khai thử nghiệm trước khi đưa vào chính thức
- Đào tạo
- Chi phí
- Duy trì công tác quản lý theo dõi
- Huy trì công tác quản lý the

3.4. Kết luận chương

Chương 3 đã thảo luận về khả năng ứng dụng SRv6 cho mạng 5G, bao gồm nhu cầu, kiến trúc, đánh giá hiệu năng và các chú ý, khuyến nghị cần thiết. Mạng 5G đòi hỏi hiệu suất cao, độ tin cậy, khả năng mở rộng và bảo mật tốt hơn so với các mạng trước đó. SRv6 có thể đáp ứng những yêu cầu này bằng cách cung cấp khả năng định địa chỉ linh hoạt, quản lý lưu lượng truy cập hiệu quả và hỗ trợ mạng di động liền mạch. SRv6 có thể áp dụng cho mặt phẳng người dùng của mạng 5G với các chế độ truyền thống, chế độ nâng cao và các biến thể. Các nghiên cứu và thử nghiệm đã chỉ ra rằng SRv6 có thể mang lại hiệu suất cao hơn GTP-U trong nhiều trường hợp sử dụng mạng 5G. SRv6 có thể giảm độ trễ, tăng thông lượng và cải thiện hiệu quả sử dụng tài nguyên mạng. Ứng dụng SRv6 cho mạng 5G mang lại nhiều lợi ích nhưng cũng cần được thực hiện cẩn thận và có kế hoạch. Cần chú ý đến các yếu tố như khả năng mở rộng, hiệu suất, tích hợp với các công nghệ 5G khác, bảo mật và quyền riêng tư để đảm bảo việc triển khai SRv6 thành công và hiệu quả.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Đề án đã nghiên cứu một số vấn đề như sau: đầu tiên là định tuyến phân đoạn (SR) – một kỹ thuật định tuyến tiên tiến sử dụng các “đoạn” để xác định đường truyền trong mạng; so với phương pháp truyền thống, SR mang lại nhiều lợi ích như khả năng mở rộng cao, tính linh hoạt, hiệu quả và bảo mật. Tiếp theo là kỹ thuật định tuyến phân đoạn qua IPv6 (SRv6) là sự phát triển tiếp theo của SR, hứa hẹn là một công nghệ quan trọng trong phát triển mạng 5G nhằm cung cấp mặt phẳng người dùng linh hoạt, tối ưu hóa hiệu suất. Để có thể ứng dụng thành công kỹ thuật đầy hứa hẹn này, các nhà cung cấp dịch vụ cần có sự chuẩn bị kỹ lưỡng với những chú ý và khuyến nghị đã nêu ở trên.

Với mạng thông tin liên lạc quân sự (TTLLqs), kết quả nghiên cứu của đề án sẽ được áp dụng trong quá trình chuyển đổi sang sử dụng IPv6 cho các công Thông tin điện tử, Dịch vụ công giai đoạn 2021 – 2025, ứng dụng SR-MPLS cho mạng TTLLqs; chuyển đổi sang sử dụng IPv6 cho hệ thống TTLLqs, thử nghiệm và triển khai song song SRv6 cho mạng Truyền số liệu quân sự, mạng radio trunking kết hợp 4G/5G giai đoạn 2025 – 2030; chuyển sang sử dụng hoàn toàn SRv6 giai đoạn 2030 – 2045.

Hướng phát triển của đề án: Tiếp tục nghiên cứu và cập nhật các tiêu chuẩn có liên quan đến SRv6 để làm cơ sở xây dựng các công cụ, giải pháp hỗ trợ chuyển đổi SRv6 cho mạng thông tin liên lạc quân sự.