

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**

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ KỸ THUẬT
(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI – 2024

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

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ KỸ THUẬT
(Theo định hướng ứng dụng)

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:
TS. VŨ THỊ THÚY HÀ

HÀ NỘI - 2024

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong đề án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả đề án

Nguyễn Mạnh Tuấn

MỤC LỤC

Lời cam đoan.....	i
MỤC LỤC.....	ii
DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT.....	iv
DANH SÁCH BẢNG	vii
DANH SÁCH HÌNH VẼ	1
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1 - KIẾN TRÚC ĐỊNH TUYẾN PHÂN ĐOẠN.....	3
1.1. Giới thiệu về định tuyến phân đoạn.....	3
1.1.1. Giới thiệu chung.....	3
1.1.2. Kiến trúc của định tuyến phân đoạn.....	5
1.2. Các tham số đặc trưng trong định tuyến phân đoạn	7
1.2.1. Miền định tuyến phân đoạn (Segment Routing Domain)	7
1.2.2. Đoạn hoạt động (Active Segment).....	7
1.2.3. Khối định tuyến phân đoạn toàn mạng SRGB.....	7
1.2.4. Khối định tuyến phân đoạn cục bộ.....	8
1.2.5. Đoạn toàn mạng	8
1.2.6. Đoạn cục bộ.....	8
1.3. Hoạt động của định tuyến phân đoạn	8
1.3.1. Một số thuật ngữ thường dùng	9
1.3.2. Ví dụ mô tả hoạt động của định tuyến phân đoạn.....	9
1.4. Kết luận chương.....	11
CHƯƠNG 2 - KỸ THUẬT ĐỊNH TUYẾN PHÂN ĐOẠN QUA IPv6	12
2.1. Giới thiệu kỹ thuật định tuyến phân đoạn qua IPv6 (SRv6)	12
2.1.1. Thách thức đối với mạng hiện tại.....	12
2.1.2. Xu hướng chuyển đổi giao thức và ưu điểm của SRv6	13
2.1.3. Cơ bản về SRv6.....	15
2.2. Các thành phần và cơ chế hoạt động của SRv6.....	17
2.2.1. Các thành phần của SRv6	17
2.2.2. Cơ chế hoạt động của SRv6	20
2.3. Cấu hình SRv6 trên thiết bị của Cisco.....	26
2.4. Kết luận chương.....	28
CHƯƠNG 3 - KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG SRv6 CHO MẠNG 5G.....	29
3.1. Nhu cầu của việc ứng dụng SRv6 cho mạng 5G.....	29
3.2. Khả năng ứng dụng SRv6 cho mặt phẳng người dùng của mạng 5G	30
3.2.1. Kiến trúc tham chiếu của 3GPP	30
3.2.2. Các chế độ mặt phẳng người dùng.....	31
3.2.3. Chế độ truyền thống.....	32

3.2.4. Chế độ nâng cao	34
3.2.5. Chế độ nâng cao với hành vi GTP-U gNB không thay đổi	36
3.2.6. Tương tác đưa vào SRv6.....	37
3.2.7. Hành vi Điểm cuối SRv6 cho di động	38
3.2.8. So sánh hiệu năng của GTP-U và SRv6	41
3.3. Một số chú ý và khuyến nghị khi ứng dụng SRv6 cho mạng 5G.....	43
3.3.1. Một số chú ý khi ứng dụng SRv6 cho mạng 5G	43
3.3.2. Khuyến nghị khi ứng dụng SRv6 cho mạng 5G	45
3.4. Kết luận chương.....	46
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	47
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO	48

DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
5G	5th Generation	Thế hệ thứ 5
AMBR	Aggregate Maximum Bit Rate	Tốc độ Bit tối đa tổng hợp
AMF	Access and Mobility Management Function	Chức năng quản lý di động và truy cập cốt lõi
BGP	Border Gateway Protocol	Giao thức cổng đường biên
CNF	Cloud-native Network Function	Chức năng mạng dựa trên nền tảng đám mây
CSPF	Constrained Shortest Path First	Thuật toán tìm đường ngắn nhất có điều kiện
DA	Destination Address	Địa chỉ đích
DN	Data Network	Mạng dữ liệu
Downlink	From the DN towards the UE	Từ mạng dữ liệu về phía thiết bị người dùng
EMCP	Equal-Cost Multipath	Đa đường dẫn chi phí bằng nhau
GTP	GPRS Tunneling Protocol	Giao thức đường hầm GPRS
IGMP	Internet Group Management Protocol	Giao thức quản lý nhóm Internet
IGP	Interior Gateway Protocol	Giao thức định tuyến nội bộ
IoT	Internet of Things	Internet vạn vật
IPv6	Internet Protocol version 6	Giao thức Internet phiên bản 6
ISIS	Intermediate System to Intermediate System	Hệ thống trung gian đến hệ thống trung gian
ISP	Internet Service Provider	Nhà cung cấp dịch vụ mạng
LAN	Local Area Network	Mạng cục bộ
LDP	Label Distribution Protocol	Giao thức phân phối nhãn
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	Chuyển mạch nhãn đa giao thức

NFV	Network Function Virtualization	Ảo hóa chức năng mạng
NS	Network Slicing	Phân tách mạng theo lát cắt
OSPF	Open Shortest Path First	Thỏa thuận mức dịch vụ
PCEP	Path Computation Element Protocol	Giao thức phần tử tính đường dẫn
PDU	Packet Data Unit	Đơn vị dữ liệu gói tin
PDU Session	Context of UE connected to a mobile network	Bối cảnh của thiết bị người dùng kết nối đến một mạng di động
QFI	QoS Flow Identifier	Định danh luồng QoS
QoS	Quality of Service	Chất lượng của dịch vụ
RIP	Routing Information Protocol	Giao thức thông tin định tuyến
RSVP	Resource Reservation Protocol	Giao thức bảo lưu tài nguyên
SDN	Software-Defined Networking	Mạng định nghĩa bằng phần mềm
SID	Segment ID	Định danh đoạn
SIP	Session Initiation Protocol	Giao thức khởi tạo phiên
SLA	Service Level Agreement	Thỏa thuận cấp độ dịch vụ
SMF	Session Management Function	Chức năng quản lý Phiên
SNMP	Simple Network Management Protocol	Giao thức quản lý mạng đơn giản
SR	Segment Routing	Định tuyến phân đoạn
SRLB	SR Local Block	Khối định tuyến phân đoạn cục bộ
SRGB	SR Global Block	Khối định tuyến phân đoạn toàn mạng
SRH	Segment Routing Header	Mào đầu định tuyến phân đoạn
SRv6	Segment Routing over IPv6	Định tuyến phân đoạn dùng IPv6

TCP	Transmission Control Protocol	Giao thức kiểm soát truyền tin
TE	Traffic Engineering	Kỹ thuật lưu lượng
TEID	Tunnel Endpoint Identifier	Định danh điểm cuối đường hầm
UDP	User Datagram Protocol	Giao thức dữ liệu người dùng
UE	User Equipment	Thiết bị người dùng
UPF	User Plane Function	Chức năng mặt phẳng người dùng
Uplink	From the UE towards the DN	Từ thiết bị người dùng về phía mạng dữ liệu
VNF	Virtual Network Function	Chức năng mạng ảo
VoIP	Voice over Internet Protocol	Truyền giọng nói trên giao thức IP
WAN	Wide Area Network	Mạng diện rộng

DANH SÁCH BẢNG

Bảng 2.1: Bảng tác vụ của SID SRv6	20
Bảng 3.1: So sánh hiệu suất truyền dữ liệu giữa GTP và SRv6	43

DANH SÁCH HÌNH VẼ

Hình 1.1: Kiến trúc của định tuyến phân đoạn	5
Hình 1.2: Mô hình luồng dữ liệu SRv6.....	10
Hình 2.1: Chuyển đổi giao thức từ đơn giản sang phức tạp.....	13
Hình 2.2: Chuyển đổi giao thức từ phức tạp sang đơn giản.....	14
Hình 2.3: Phân mào đầu IPv6	15
Hình 2.4: Lập trình Mạng trong Mào đầu gói tin IPv6	16
Hình 2.5: Mào đầu mở rộng SRH	17
Hình 2.6: Cấu trúc của một đoạn SRv6 (SID SRv6)	18
Hình 2.7: Cấu trúc chi tiết của SID SRv6	19
Hình 2.8: Tiến trình chuyển tiếp gói tin.....	21
Hình 2.9: Tiến trình làm việc của SRv6 TE Policy	22
Hình 2.10: Tiến trình làm việc của SRv6 BE	24
Hình 2.11: IS – IS LSP mang thông tin SRv6	25
Hình 2.12: Bản tin BGP EVPN Update mang thông tin SRv6	25
Hình 3.1: Kiến trúc tham chiếu 5G 3GPP.....	31
Hình 3.2: Topo ví dụ về Chế độ truyền thống	33
Hình 3.3: Luồng gói tin chiều lên	33
Hình 3.4: Luồng gói tin chiều xuống	34
Hình 3.5: Topo ví dụ về Chế độ nâng cao	35
Hình 3.6: Luồng gói tin chiều lên	35
Hình 3.7: Luồng gói tin chiều xuống	35
Hình 3.8: Ví dụ về mô hình tương tác liên mạng.....	36
Hình 3.9: Mô hình của Tương tác đưa vào SRv6	37
Hình 3.10: Luồng gói tin.....	37
Hình 3.11: Định dạng Args.Mob.Session	38
Hình 3.12: Cơ chế End.MAP	39
Hình 3.13: Cơ chế End.M.GTP6.D	39
Hình 3.15: Cơ chế End.M.GTP6.D.Di.....	40
Hình 3.17: Cơ chế End.M.GTP6.E	40

Hình 3.19: Cơ chế End.M.GTP4.E	40
Hình 3.23: Cơ chế của H.M.GTP4.D	41
Hình 3.25: Định dạng Đối số hành vi giới hạn tốc độ End.Limit	41
Hình 3.26: So sánh hiệu suất giữa GTP và SRv6	42
Hình 3.27: So sánh sử dụng tài nguyên giữa GTP và SRv6	42

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.

Định tuyến phân đoạn (SR) là một phương thức định tuyến trong mạng máy tính, nơi mà đường đi của gói tin được xác định bằng cách sử dụng một chuỗi các đoạn. Mỗi đoạn đại diện cho một bước cụ thể trên đường đi từ nguồn đến đích. Định tuyến phân đoạn mang lại nhiều ưu điểm, bao gồm tính linh hoạt cao, khả năng thích ứng với môi trường mạng đa dạng, và hiệu suất cao trong quá trình định tuyến. Các đoạn có thể thể hiện các chức năng như chuyển mạch, mã hóa, và điều chỉnh độ ưu tiên, tạo nên một hệ thống định tuyến mạnh mẽ và linh hoạt.

Định tuyến phân đoạn qua IPv6 (SRv6) là một phương thức định tuyến mạnh mẽ và linh hoạt trong hạ tầng mạng IPv6, nơi mà đường đi của gói tin được xác định thông qua việc sử dụng các đoạn. SRv6 sử dụng mô hình định tuyến nguồn, cho phép quyết định đường đi của gói tin trước khi bắt đầu hành trình qua mạng. Tuyến đường đi từ nguồn đến đích được phân chia thành các đoạn, các đoạn này sẽ được mã hóa và chèn vào trong mào đầu IPv6 của gói tin gửi đi. Trên tuyến đường đi từ nguồn đến đích, qua

mỗi điểm dừng, thiết bị định tuyến sẽ kiểm tra phần mào đầu IPv6, bóc tách và phân tích danh sách đoạn nhận được, từ đó đưa ra quyết định chuyển tiếp lưu lượng hợp lý nhất (bao gồm việc chuyển tiếp gói đến tuyến nào hay gửi gói tới giao diện nào,...). SRv6 sử dụng cơ sở hạ tầng mạng IPv6, tận dụng các lợi ích của IPv6 như không gian địa chỉ lớn và tính bảo mật. Đồng thời, nó tương thích và mở rộng tốt, đảm bảo sự linh hoạt và khả năng đáp ứng trong môi trường mạng đa dạng và phức tạp ngày nay.

Mặt phẳng người dùng của mạng 5G chịu trách nhiệm cho việc truyền tải gói tin giữa người dùng đầu cuối và mạng lõi. Mặt phẳng người dùng đóng vai trò quan trọng trong cung cấp dịch vụ và nâng cao trải nghiệm người dùng, đặc biệt là với các ứng dụng đòi hỏi băng thông lớn và độ trễ thấp. Mặt phẳng người dùng sử dụng hai giao thức GTP và SRv6, đây là hai phương tiện chuyển tiếp dữ liệu khác nhau được sử dụng trong mạng di động, đặc biệt là trong môi trường 5G.

GTP là giao thức truyền thông được sử dụng rộng rãi trong các mạng di động, mang lại độ tin cậy cao và khả năng tương thích cao; hỗ trợ nhiều tính năng nâng cao như QoS và an ninh mạng. Trong khi đó giao thức SRv6 là một giao thức mới nổi, mang lại hiệu quả cao và khả năng mở rộng tốt hơn cho mạng 5G; thông qua kiến trúc định tuyến phân đoạn để giúp đơn giản hóa việc quản lý mạng và giảm độ trễ.

Mặc dù GTP thích hợp cho môi trường di động với tính chuyên dụng, mặt phẳng người dùng sử dụng giao thức SRv6 được thiết kế để đáp ứng nhu cầu đa dạng của mạng 5G thông qua tính linh hoạt, khả năng tương thích và mở rộng với các giao thức và dịch vụ khác, hỗ trợ các tính năng như phân tách mạng theo lát cắt (NS) và mạng định nghĩa bằng phần mềm (SDN). Đây là giao thức mới, vẫn đang trong giai đoạn phát triển và chưa được triển khai rộng rãi.

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.

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 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: Định tuyến phân đoạn có thể cải thiện hiệu suất mạng bằng cách giảm độ trễ và tăng thông lượng.
- Khả năng mở rộng: Định tuyến phân đoạn có thể dễ dàng mở rộng để đáp ứng nhu cầu lưu lượng truy cập ngày càng tăng.
- Linh hoạt: Định tuyến phân đoạn cho phép lập trình mạng linh hoạt hơn, cho phép nhà mạng dễ dàng điều chỉnh lưu lượng truy cập và triển khai các dịch vụ mới.
- Bảo mật: Định tuyến phân đoạn có thể được sử dụng để thực thi các chính sách bảo mật, chẳng hạn như chỉ cho phép lưu lượng truy cập đi qua các thiết bị mạng đáng tin cậy.

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.

Với kiến trúc MPLS, một đoạn sẽ được biểu diễn bởi một nhãn MPLS và thứ tự các đoạn được xếp chồng thành một ngăn chứa nhãn. Nhãn ở đỉnh ngăn chứa sẽ được ưu tiên xử lý trước, sau khi xử lý xong nhãn đó sẽ bị loại bỏ khỏi ngăn chứa.

Với kiến trúc IPv6, một đoạn sẽ được biểu diễn bằng một địa chỉ IPv6 và một danh sách các đoạn nằm trong địa chỉ IPv6 chính là phần mào đầu định tuyến. Đoạn đang hoạt động được chỉ thị bởi Địa chỉ Đích của gói (DA) và một con trỏ trong phần mào đầu định tuyến mới sẽ chỉ ra đoạn hoạt động tiếp theo.

Một số thuật ngữ như sau:

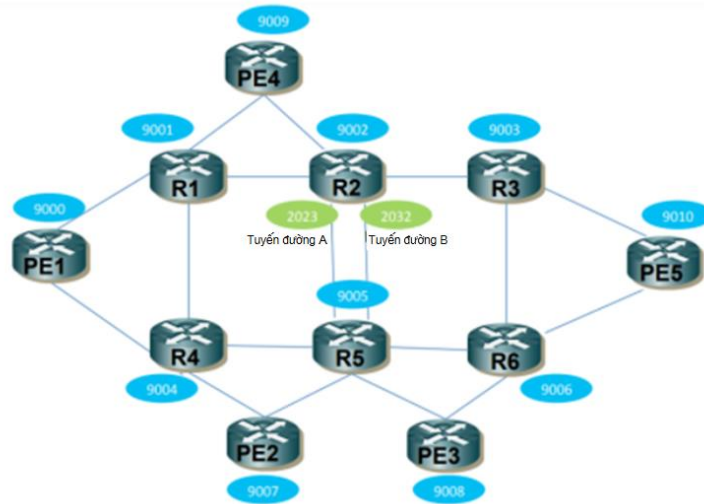
- SID nút: Là giá trị định danh của cho thiết bị (hoặc nút mạng), là duy nhất và sử dụng trong phạm vi toàn mạng. Gói tin sẽ được chuyển tiếp đến nút liên kết với một SID cụ thể thông qua đường đi ngắn nhất hiện có, tăng cường kiểm soát và hiệu suất của hệ thống mạng. Để làm điều này, người quản trị mạng sẽ gán nút SID duy nhất cho mỗi bộ định tuyến trong mạng. Quá trình này có thể được thực hiện thủ công hoặc thông qua bộ điều khiển tập trung.

- SID cục bộ: Là giá trị định danh cho thiết bị (hoặc nút mạng), không mang tính duy nhất và sử dụng trong phạm vi cục bộ. Để gói tin được chuyển tiếp giữa hai thiết bị liên kết một cách trực tiếp, hai thiết bị sẽ được gán một SID có ý nghĩa cục bộ cho liên kết giữa chúng. Đây có thể là liên kết giữa hai bộ định tuyến hoặc giữa một bộ định tuyến và một bộ chuyển mạch. SID cục bộ cho phép gói dữ liệu được chuyển tiếp một cách hiệu quả trên mạng.

- SID dịch vụ: Một loại định danh đặc biệt được sử dụng để thực hiện các chức năng dịch vụ chuyển tiếp gói tin theo một dịch vụ hoặc các chính sách trên gói tin khi chúng đi qua mạng. Mỗi nút trong mạng sẽ gán một SID có ý nghĩa cục bộ cho mỗi dịch vụ mà nó cung cấp. SID dịch vụ thường được sử dụng để áp dụng các chức năng như mã hóa, phân phối dịch vụ, giới hạn băng thông, hay điều hướng gói tin tới các dịch vụ cụ thể.

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 - 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.



Hình 1.1: Kiến trúc của định tuyến phân đoạn

Thành phần thứ hai là Mặt phẳng điều khiển, 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: Hoạt động chuyển tiếp dựa trên đoạn được áp dụng.

- + PUSH: Thêm một đoạn phía trước mào đầu SR của gói tin và đặt đoạn đó là đoạn đang được áp dụng.

- + NEXT: Đánh dấu đoạn tiếp theo là đoạn được áp dụng.

- 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 như được trình bày dưới đây. 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:

SR	MPLS
Tiêu đề SR	Ngăn xếp nhãn
Phân đoạn Hiện hoạt động	Nhãn trên cùng
Thao tác PUSH	Đẩy nhãn
Thao tác NEXT	Bật nhãn
Thao tác CONTINUE	Hoán đổi nhãn

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 SID nút và SID cục bộ. 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. Nhờ tính năng mở rộng này, bất cứ bộ định tuyến nào cũng có thể duy trì một cơ sở dữ liệu của tất cả các SID nút và SID cục bộ, dữ liệu có thể được cập nhật nhanh chóng sau bất cứ sự thay đổi nào về mô hình do tính chất hội tụ nhanh của cả 2 IGP. Việc sử dụng những mở rộng này cho phép đóng gói từ đầu cuối đến đầu cuối trong mạng mà không cần phải kích hoạt và quản lý một giao thức khác như LDP.

- 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 phân tán: Với cách tiếp cận này, một bộ định tuyến đầu vào tính toán đường đi ngắn nhất đến đích trong khi đảm bảo tuyến đường đó đáp ứng một số tiêu chí nhất định (độ trễ, băng thông, độ tin cậy, chi phí). Sau đó nó tạo ra chuỗi các nút SID và SID cục bộ cho tuyến đường đó.

+ Dựa trên bộ điều khiển SDN: Việc kết hợp định tuyến phân đoạn trong thiết kế mạng mang lại cho mặt phẳng dữ liệu khả năng mở rộng và linh hoạt trong khi vẫn đảm

bảo tính linh hoạt trong điều khiển mà thường gắn với môi trường SDN. Ví dụ có OpenDaylight hỗ trợ điều khiển SR thông qua sử dụng PCEP.

+ Định tuyến tĩnh bởi người quản trị mạng: Cấu hình tĩnh cho một tuyến đường sẽ áp dụng cho một số mục đích nhất định nhưng nó không được khuyến cáo cho hoạt động mạng về lâu dài do gặp giới hạn về quy mô, khả năng phục hồi và quản lý.

- Người quản trị mạng có thể linh hoạt lựa chọn bất cứ phương pháp nào trong số trên, tùy thuộc vào ứng dụng và tình huống họ muốn hỗ trợ. Điều quan trọng là cả ba phương pháp đều có thể tồn tại đồng thời trong cùng một mạng. Ví dụ các tuyến đường tĩnh có thể dùng cho khắc phục sự cố hoặc cho các nhiệm vụ cụ thể không thường xuyên. Phương thức CSPF tạo ra sự cân bằng giữa tối ưu hóa kết nối và tự động hóa trong khi phương thức số 2 lại có tính linh hoạt cao hơn, nhất là với các mạng nhắm mục tiêu sử dụng Kỹ thuật lưu lượng TE.

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

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

Miền định tuyến phân đoạn đề cập đến một nhóm các nút tham gia vào mô hình định tuyến dựa trên nguồn. Những nút này có thể kết nối với cùng một cơ sở hạ tầng vật lý như một mạng của nhà cung cấp dịch vụ hoặc kết nối từ xa với nhau như một mạng dùng VPN hoặc chồng mạng. Trong trường hợp có nhiều giao thức mạng được triển khai, miền SR thường bao gồm tất cả các giao thức trong mạng. Tùy trường hợp mà có thể triển khai chia mạng thành nhiều miền SR, mỗi miền chứa một hoặc nhiều giao thức. Lưu ý rằng tất cả các nút trong miền SR được quản lý bởi cùng một đơn vị quản lý. Các nút trong miền SR có thể thực hiện các hoạt động PUSH, NEXT và CONTINUE.

1.2.2. Đoạn hoạt động (*Active Segment*)

Đoạn hoạt động đề cập đến định danh được sử dụng bởi một bộ định tuyến đích để xử lý gói tin đang đến. Trong bối cảnh sử dụng mặt phẳng dữ liệu MPLS, nó tương ứng với nhãn đỉnh. Ngược lại, trong mặt phẳng dữ liệu của IPv6, địa chỉ đích được sử dụng để định danh cho đoạn.

1.2.3. Khối định tuyến phân đoạn toàn mạng *SRGB*

SRGB đề cập đến tập hợp các đoạn có ý nghĩa trên toàn mạng có mặt trong một miền SR. Điều quan trọng cần lưu ý là nếu một nút tham gia vào nhiều miền SR thì sẽ có một SRGB riêng biệt cho mỗi miền. Trong SR-MPLS, SRGB là một thuộc tính cục

bộ của một nút xác định tập hợp các nhãn cục bộ dành cho các đoạn có ý nghĩa trên toàn mạng. Để dễ vận hành và khắc phục sự cố, nên sử dụng các SRGB giống nhau trên tất cả các nút trong một miền SR. Điều này đảm bảo rằng cùng một nhãn đại diện cho cùng một đoạn tại mỗi nút. Ngược lại trong SRv6, SRGB bao gồm các SID SRv6 có ý nghĩa trên toàn mạng có mặt trong miền SR.

1.2.4. Khối định tuyến phân đoạn cục bộ

SRLB là một đặc điểm cụ thể của mỗi nút mạng SR. Nếu một nút tham gia vào nhiều miền SR, nó sẽ có một SRLB duy nhất cho mỗi miền. Trong ngữ cảnh của SR-MPLS, SRLB là một bộ nhãn cục bộ được dành riêng cho các đoạn cục bộ. Tương tự trong SRv6, SRLB là một bộ địa chỉ IPv6 cục bộ được dành riêng cho các SID SRv6 cục bộ. Trong các mạng được điều khiển bởi bộ điều khiển, một số bộ điều khiển hoặc ứng dụng cụ thể có thể sử dụng mặt phẳng điều khiển để xác định tập hợp các đoạn cục bộ có sẵn.

1.2.5. Đoạn toàn mạng

Một đoạn toàn mạng là một đoạn thuộc về SRGB của miền SR. Hướng dẫn liên quan của nó được xác định ở cấp độ miền SR. Một trường hợp của một đoạn toàn mạng là một đoạn ngắn nhất theo topo mạng đến một điểm đến cụ thể trong miền SR.

1.2.6. Đoạn cục bộ

Đoạn này không nằm trong SRGB của SR-MPLS hoặc bất kỳ địa chỉ IPv6 nào trong SRv6 ngay cả khi nó là một phần trong SRGB. Trong SR-MPLS, nhãn này là một nhãn cục bộ dành cho các đoạn cục bộ và có thể là một phần của SRLB. Trong SRv6, điều này có thể là bất kỳ một địa chỉ IPv6 có ý nghĩa cục bộ và hướng dẫn liên quan đến đoạn được xác định ở cấp độ nút.

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 số 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.

Quá trình này cứ tiếp tục cho đến khi gói tin đến điểm cuối của danh sách đoạn, có thể là nút ra SR. Khi một gói đến nút ra SR, nút đó sẽ xác định xem gói đó có ở cuối đường đi của nó hay không. Nếu đúng như vậy, nút sẽ xóa thông tin mào đầu SR và chuyển tiếp gói tin dựa trên địa chỉ IP đích của nó. Bởi vì các nút chỉ đơn giản là chuyển tiếp các gói dựa trên SID, SR có thể được sử dụng để ánh xạ các gói được liên kết với người dùng cuối hoặc ứng dụng tới các dịch vụ cụ thể. Nó thực hiện điều này bằng cách ánh xạ một đường dẫn đến nơi dịch vụ sẽ được áp dụng và cung cấp hướng dẫn về dịch vụ và thông tin đường dẫn bổ sung từ công dịch vụ đến bộ định tuyến đầu ra miền SR.

1.3.1. Một số thuật ngữ thường dùng

- PUSH: Thuật ngữ này đề cập đến việc thêm một đoạn vào đầu danh sách. Trong SR-MPLS, đỉnh của danh sách đoạn đề cập đến nhãn trên cùng của ngăn chứa nhãn. Trong khi đó, trong SRv6, đỉnh của danh sách đoạn được chỉ định bằng đoạn đầu tiên trong mào đầu định tuyến phân đoạn SRH, được định nghĩa trong mục 2.2

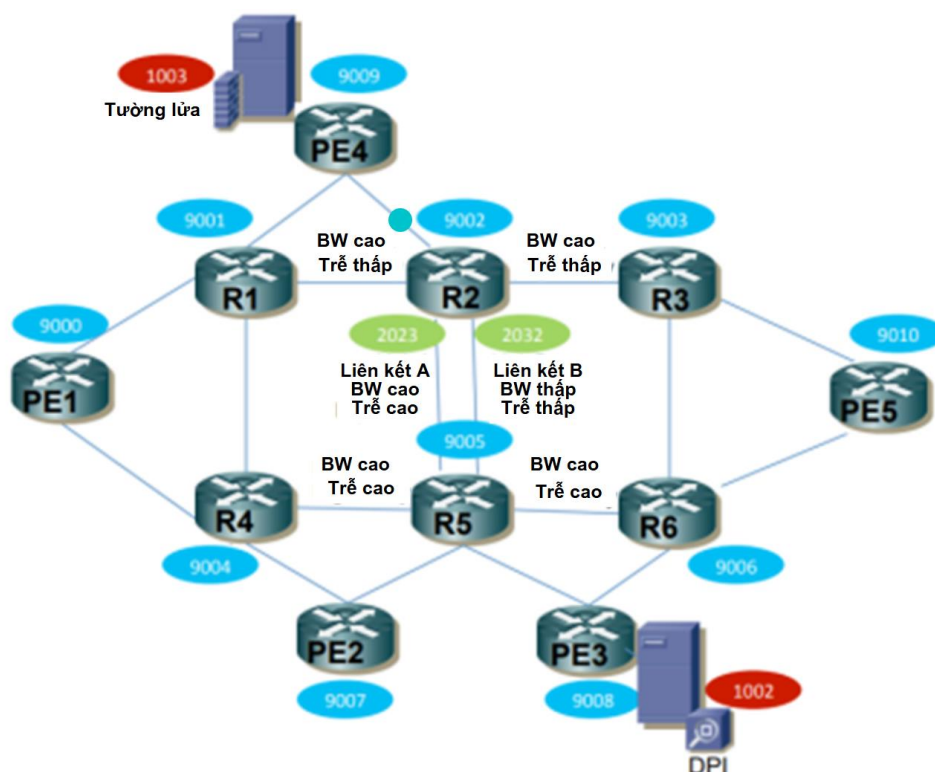
- NEXT: Khi đoạn đang hoạt động đã hoàn thành trong quá trình xử lý một gói tin SR, NEXT sẽ là thao tác tiếp theo, bao gồm việc kiểm tra đoạn kế tiếp trong danh sách đoạn được đính kèm với gói tin. Sau khi kiểm tra, đoạn tiếp theo sẽ trở thành đoạn hoạt động, sẵn sàng để được thực hiện. Trong SR-MPLS, NEXT được thực hiện bằng cách loại bỏ nhãn trên cùng của gói tin MPLS. Trong SRv6, NEXT được thực hiện bằng việc sao chép đoạn tiếp theo từ SRH đến trường địa chỉ đích của phần mào đầu IPv6.

- Continue: Khi đoạn đang hoạt động không được hoàn thành, quá trình chuyển tiếp gói tin vẫn tiếp tục được thực hiện. Trong SR-MPLS, thay vì loại bỏ nhãn thì hoạt động CONTINUE được thực hiện bằng cách hoán đổi nhãn trên cùng của gói tin MPLS. Trong SRv6, đây là hành động chuyển tiếp một gói tin IPv6 thông thường đến địa chỉ đích của nó, không thực hiện bất kỳ thao tác bổ sung nào trên phần mào đầu IPv6 hay định danh đoạn do địa chỉ đích của gói tin SRv6 đã thành SID của đoạn tiếp theo.

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

Mô hình trong Hình 1.2 đã gán SID cho mỗi bộ định tuyến. Ví dụ, SID 9002, 9003, 9010 được gán cho bộ định tuyến R2, R3 và PE5. Các Adjacency SID 2023 và

2032 được gán cho bộ định tuyến R2 đối với tuyến đường A có băng thông và độ trễ cao (liên kết A) và tuyến đường B có băng thông và độ trễ thấp (liên kết B). Để đơn giản hóa mô hình, các SID cục bộ khác sẽ được ẩn đi mặc dù mỗi thiết bị có thể gán một SID cục bộ cho mỗi liên kết trực tiếp.



Hình 1.2: 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.

Để áp dụng một tuyến đường cụ thể đi qua R2 trong mô hình tham chiếu, PE1 có thể sử dụng hoạt động PUSH để đặt danh sách đoạn là 9002, 9010. Gói tin sau đó sẽ được chuyển đến R2 theo ý nghĩa của SID 9002. R2 thực hiện hoạt động CONTINUE để chuyển tiếp gói tin đến R3. R3 thực hiện chuyển sang đoạn tiếp theo (hoạt động NEXT) là 9010 và chuyển tiếp gói tin đến PE5.

Hoặc nếu chọn tuyến đường khác là R2 – R5 – R6 – PE5, việc di chuyển giữa R2 và R5 sử dụng tuyến đường A, PE1 sẽ sử dụng danh sách đoạn là 9002, 2032, 9010. Khi nhận được gói tin, R2 sẽ chuyển gói tin đến đoạn tiếp theo là 2032 với hoạt động NEXT.

Gói tin sau đó sẽ đến được R5 và đoạn tiếp theo có SID là 9010 nên R5 sẽ tìm đường ngắn nhất cho gói tin đến đích.

Bằng cách sử dụng định tuyến phân đoạn, các bộ định tuyến đầu vào có thể đạt được độ linh hoạt cao trong định nghĩa tuyến đường đi mà không phải lưu trữ trạng thái trong các bộ định tuyến trung gian như trường hợp của giao thức bảo lưu tài nguyên – kỹ thuật lưu lượng RSVP-TE. Trong khi trạng thái bổ sung này có thể không liên quan đến ví dụ cụ thể này, nó có thể gây khó khăn cho các nhà cung cấp dịch vụ quản lý mạng với hàng ngàn chuỗi dịch vụ. RSVP-TE cung cấp một cơ chế để bảo lưu băng thông, vì vậy việc loại bỏ nó có thể là một vấn đề trong các mạng hiện đang thực hiện bảo lưu băng thông. Bộ điều khiển SR hoạt động như một bộ điều khiển SDN giải quyết vấn đề bằng cách giám sát cấu trúc mạng và các luồng dữ liệu theo thời gian thực. Dựa trên thông tin có được, bộ điều khiển SR có thể xác định các tuyến đường tối ưu và phân bổ băng thông phù hợp cho từng tuyến đường. Dữ liệu phân bổ tiếp tục được lưu trữ trong bộ điều khiển SR để làm cơ sở khi tính toán tuyến đường mới hoặc định tuyến lại lưu lượng khi cần thiết dựa trên điều kiện hoạt động của mạng.

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: mặc dù có khả năng thống nhất với MPLS như một công nghệ mạng truyền tải dữ liệu (MPLS được dùng để kết nối các thiết bị hoặc mạng con với nhau, giúp tạo ra một mạng giao tiếp liên kết, hiệu quả và linh hoạt) thì vẫn có những mạng IP bị cô lập. Các mạng IP này bao gồm các mạng lõi, mạng khu vực và các mạng di động do vẫn tồn tại những phần không được tích hợp hoặc kết nối với nhau, dẫn đến các vấn đề về quản lý, hiệu suất và tính khả dụng trong toàn mạng. Các mạng kể trên hoạt động như những thực thể MPLS riêng biệt, yêu cầu các công nghệ phức tạp cho kết nối ngang, dẫn đến sự phức tạp hơn nữa trong việc triển khai dịch vụ đầu cuối.

- 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: nhu cầu ngày càng tăng của các dịch vụ hiện đại đòi hỏi phải đưa thêm thông tin chuyển tiếp vào các gói tin. Thật không may, IETF đã thông báo họ sẽ ngừng phát triển các tiêu chuẩn mới cho IPv4. Hơn nữa, không gian nhãn của MPLS bị giới hạn ở 20 bit và thiếu khả năng mở rộng, không còn có thể đáp ứng đầy đủ các yêu cầu lập trình mạng cho các dịch vụ mới.

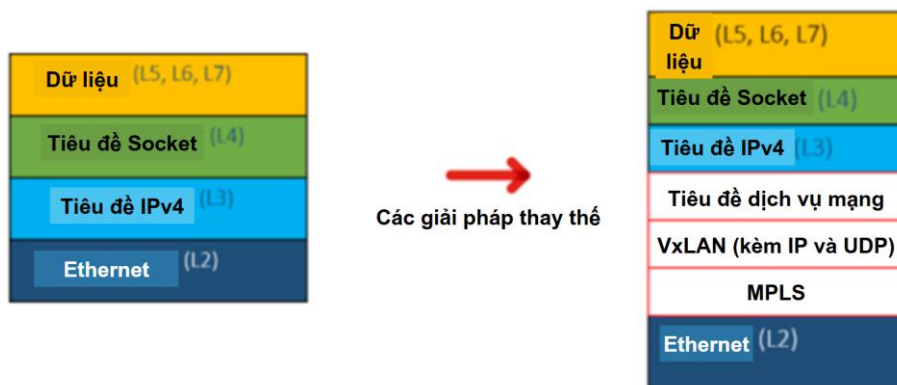
- Tách mạng ứng dụng và truyền tải: việc tách rời tạo ra thách thức trong việc tối ưu hóa mạng và nâng cao giá trị của chúng, khiến các nhà mạng bị hạn chế trong cung cấp kết nối cơ bản mà không được hưởng lợi từ những giá trị gia tăng. Ngoài ra việc thiếu thông tin dành riêng cho ứng dụng cũng hạn chế các nhà cung cấp dịch vụ thực hiện các điều chỉnh và tối ưu hóa mạng ở mức thô sơ, dẫn đến lãng phí tài nguyên. Theo thời gian, các nỗ lực khác nhau đã được thực hiện để tích hợp MPLS một cách chặt chẽ

hơn với các máy chủ người dùng và ứng dụng, nhưng nỗ lực đó đã không thành công, một phần là do sự phức tạp của ranh giới và quản lý vùng mạng.

- Sự kết nối chặt chẽ giữa mặt phẳng dữ liệu và mặt phẳng điều khiển: Các mặt phẳng này liên kết với nhau để phát triển, kéo dài việc cung cấp dịch vụ làm cho việc xử lý với sự phát triển nhanh của các dịch vụ mới trở nên khó khăn.

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

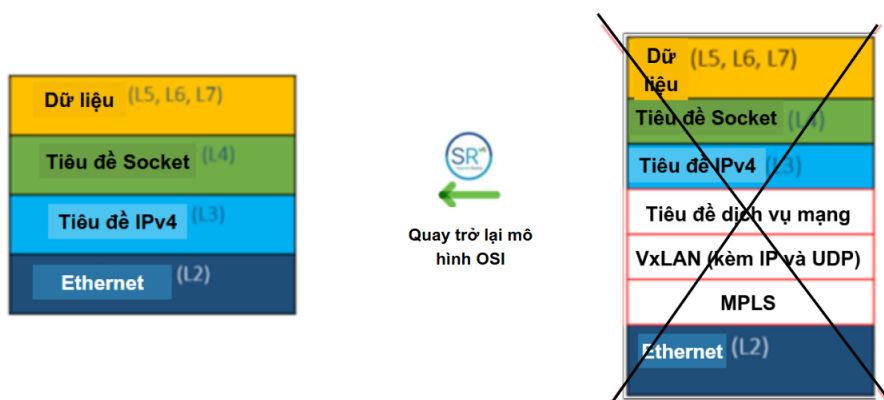
Trong những ngày đầu phát triển của mạng lưới, các giao thức truyền thống còn đơn giản và hạn chế về chức năng. Giao thức mạng đầu tiên, ARPANET là một mạng sử dụng giao thức chuyển mạch gói đơn giản cho phép máy tính giao tiếp qua mạng. Tuy nhiên khi Internet phát triển và phổ biến hơn vào những năm 1980-1990, cần có những giao thức phức tạp hơn để hỗ trợ các ứng dụng và dịch vụ mới. Giao thức TCP/IP trở thành giao thức chuẩn cho mạng internet, cung cấp việc truyền dữ liệu và định tuyến đáng tin cậy. Khi các mạng tiếp tục phát triển lớn hơn và phức tạp hơn, các giao thức mới được phát triển để quản lý và tối ưu hiệu suất mạng. Giao thức BGP được giới thiệu để định tuyến lưu lượng giữa các hệ thống tự động, trong khi giao thức SNMP được phát triển để giám sát và quản lý mạng. Các giao thức này đã đóng một vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ số người dùng và số ứng dụng trên mạng internet ngày càng tăng. Trong những năm gần đây, các giao thức đã trở nên phức tạp và chuyên biệt hơn để hỗ trợ các công nghệ mới nổi như ảo hóa và điện toán đám mây. MPLS đã được phát triển để cung cấp định tuyến nhanh hơn đối với lưu lượng mạng, trong khi VXLAN hỗ trợ tạo ra các mạng ảo trong môi trường điện toán đám mây. Các giao thức khác như IGMP, SIP được phát triển để hỗ trợ dịch vụ streaming và VoIP.



Hình 2.1: Chuyển đổi giao thức từ đơn giản sang phức tạp

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.



Hình 2.2: Chuyển đổi giao thức từ phức tạp sang đơn giản

Ưu điểm của SRv6 như sau:

- Đơn giản hóa hoạt động của mạng: SRv6 đơn giản hóa hoạt động của mạng bằng cách cho phép các nhà quản trị mạng lập trình các đường đi của gói tin qua mạng. Điều này giảm sự cần thiết của các giao thức định tuyến phức tạp và đơn giản hóa quản lý mạng.
- Mở rộng mạng lưới tốt hơn: SRv6 cải thiện khả năng mở rộng của mạng lưới bằng cách giảm số lượng nhãn cần thiết để triển khai một cấu trúc mạng nhất định. Điều

này làm giảm gánh nặng cho các thiết bị mạng và cải thiện khả năng mở rộng của chúng đối với các mạng lớn hơn.

- Tăng cường bảo mật mạng: SRv6 cung cấp bảo mật mạng tăng cường bằng cách cho phép các nhà quản trị mạng áp dụng chính sách bảo mật tại biên mạng. Các chính sách áp dụng liên quan đến định tuyến, kiểm soát truy cập và các tính năng bảo mật khác giúp bảo vệ mạng.

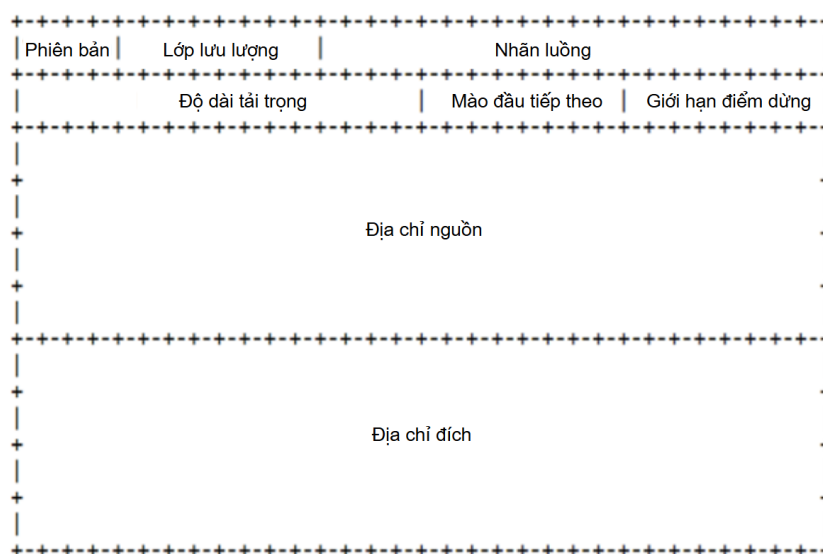
- Cải thiện hiệu suất mạng: SRv6 cải thiện hiệu suất mạng bằng cách cho phép các nhà điều hành mạng xác định các tuyến đường rõ ràng cho các gói tin qua mạng. Điều này cải thiện hiệu suất của mạng và giảm thiểu mất gói cũng như độ trễ.

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 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). Do mỗi thiết bị kết nối internet cần một địa chỉ IP nên nảy sinh lo ngại rằng số lượng địa chỉ IPv4 sẽ không đáp ứng được, dẫn đến việc IETF định nghĩa chuẩn IPv6 mới và giám sát sự phát triển của phiên bản IP này.

IPv6 có 40 byte cho phần mào đầu như Hình 2.3:



Hình 2.3: Phần mào đầu IPv6

- Phiên bản: Gồm 4 bit, thể hiện phiên bản của IPv6 (luôn là 6)..
- Lớp lưu lượng: Gồm 8 bit, xác định mức độ ưu tiên của gói tin trong mạng lưới.
- Nhãn luồng: Gồm 20 bit, dành cho phân loại lưu lượng và định tuyến nâng cao.
- Độ dài tải trọng: Gồm 16 bit, thể hiện chiều dài của phần dữ liệu trong gói tin.
- Mào đầu tiếp theo: Gồm 8 bit của bộ chọn, xác định loại mào đầu tiếp theo sau mào đầu IPv6 (ví dụ: UDP, TCP, ICMPv6).

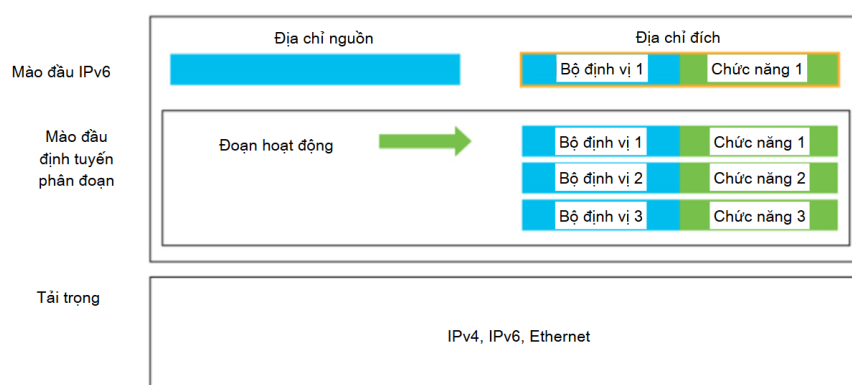
- Giới hạn điểm dừng: Gồm 8 bit, thể hiện số lượng tối đa các bộ định tuyến mà gói tin có thể đi qua trước khi bị loại bỏ.

- Địa chỉ nguồn: Gồm 128 bit, thể hiện địa chỉ của thiết bị gửi gói tin.

- Địa chỉ đích: Gồm 128 bit, thể hiện địa chỉ của thiết bị gửi gói tin.

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

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 2.4. Mào đầu định tuyến phân đoạn SRH là một mào đầu mở rộng được thêm vào gói tin IPv6 để hỗ trợ 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 2.4: Lập trình Mạng trong Mào đầu gói tin IPv6

Có ba loại nút trong mạng sử dụng SRv6:

- Nút nguồn SRv6: Là bất kỳ thiết bị nào khởi tạo các gói tin SRv6. Thiết bị này có thể là máy chủ, máy khách, thiết bị đầu cuối hoặc bất kỳ thiết bị nào cần gửi dữ liệu qua mạng lưới SRv6. Nó đóng gói dữ liệu thành gói tin IPv6 và thêm SRH chứa thông tin về đường dẫn dữ liệu. SRH bao gồm danh sách các SID xác định các điểm dừng mà gói tin cần đi qua để đến đích.

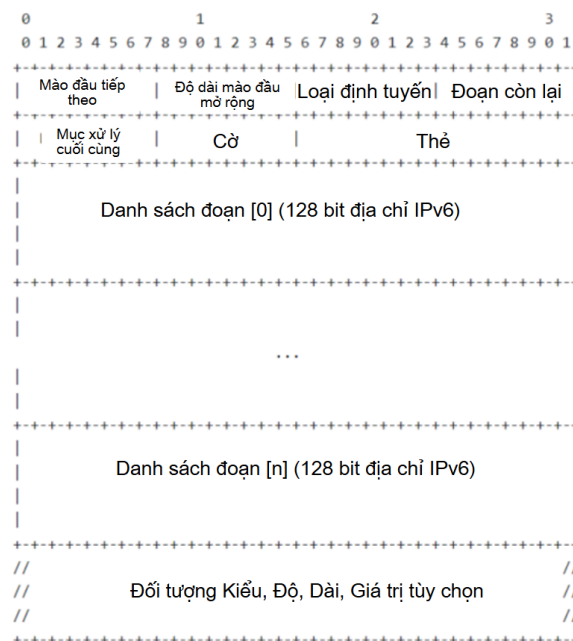
- Nút chuyển tiếp: Là bất kỳ thiết bị nào chuyển tiếp các gói tin SRv6 trên đường đến đích. Đây thường là các bộ định tuyến trung gian trong mạng lưới. Thiết bị trung gian KHÔNG thực hiện xử lý SRv6; nó chỉ kiểm tra SID đầu tiên trong danh sách SID được đính kèm trong SRH. Dựa vào SID đầu tiên, thiết bị trung gian sẽ chuyển tiếp gói tin đến điểm dừng tiếp theo được xác định bởi SID đó. Quá trình này được lặp lại cho đến khi tất cả các SID được xử lý và gói tin đến đích.

- Nút đích SRv6: Là bất kỳ thiết bị nào nhận và xử lý các gói tin SRv6. Thiết bị này có thể là máy chủ đích, thiết bị mạng hoặc bất kỳ thiết bị nào được định cấu hình để nhận dữ liệu qua SRv6. Địa chỉ đích của gói tin SRv6 phải khớp với: SID được cấu hình cục bộ trên thiết bị đích hoặc địa chỉ giao diện cục bộ của thiết bị đích. Khi nhận được gói tin SRv6, thiết bị đích sẽ loại bỏ SRH và xử lý dữ liệu bên trong gói tin.

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 (SRH) như Hình 2.5. 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 2.5: Mào đầu mở rộng SRH

- Mào đầu tiếp theo: Gồm 8 bit, xác định loại mào đầu ngay sau mào đầu IPv6, sử dụng các giá trị giống của giao thức IPv6.

- Độ dài mào đầu mở rộng: Gồm 8 bit, xác định độ dài của phần mào đầu mở rộng (Extension Header) sau SRH.

- Loại định tuyến: Gồm 8 bit, xác định biên thể của mào đầu định tuyến cụ thể.

- Đoạn còn lại: Gồm 8 bit, xác định số SID còn lại trong danh sách cần xử lý. Giá trị này được giảm một sau khi mỗi SID được xử lý bởi bộ định tuyến. Khi Đoạn còn lại bằng 0, nghĩa là tất cả các SID đã được xử lý và gói tin đã đến đích.

- Mục xử lý cuối cùng: Gồm 8 bit, đánh dấu SID cuối cùng trong danh sách đoạn cần xử lý.

- Cờ: Gồm 8 bit, chứa các cờ điều khiển bổ sung cho SRH.

- Thẻ: Gồm 16 bit, đánh dấu một phần của một lớp hoặc nhóm các gói tin. Khi thẻ không được sử dụng ở nguồn, thẻ nên được đặt là 0 khi truyền đi. Khi thẻ không được sử dụng trong quá trình xử lý SRH, thẻ nên được bỏ qua.

- Danh sách đoạn [0..n]: Gồm 128 bit, đại diện cho đoạn thứ n trong danh sách đoạn (các SID). Danh sách đoạn được mã hóa theo thứ tự ngược, bắt đầu từ đoạn cuối cùng của Chính sách SR. Thành phần đầu tiên của danh sách đoạn [số [0]] chứa đoạn cuối của Chính sách SR, thành phần thứ hai của danh sách đoạn [số [1]] chứa đoạn gần cuối của Chính sách SR và cứ thế tiếp tục. Khi gói tin đến một nút, nó bắt đầu xử lý danh sách đoạn từ đầu (số [0]). Vì phần tử này đại diện cho đích đến cuối cùng, nút này có thể ngay lập tức xác định nơi gửi gói tin tiếp theo. Sau đó, nó loại bỏ phần tử đầu tiên (số [0]) và tiếp tục xử lý cho các điểm dừng tiếp theo.

- Kiểu, Độ Dài, Giá Trị: Cung cấp siêu dữ liệu cho xử lý đoạn. Nói cách khác, phần này giúp các thiết bị mạng hiểu thêm về phân đoạn và cách xử lý nó chính xác.

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 2.6:

- Bộ định vị: Đề định tuyến gói tin đến nút.

- Chức năng: Đại diện cho một hành vi và thực hiện nó tại nút.

- Đối số: Tham số tùy chọn cho chức năng cục bộ.

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

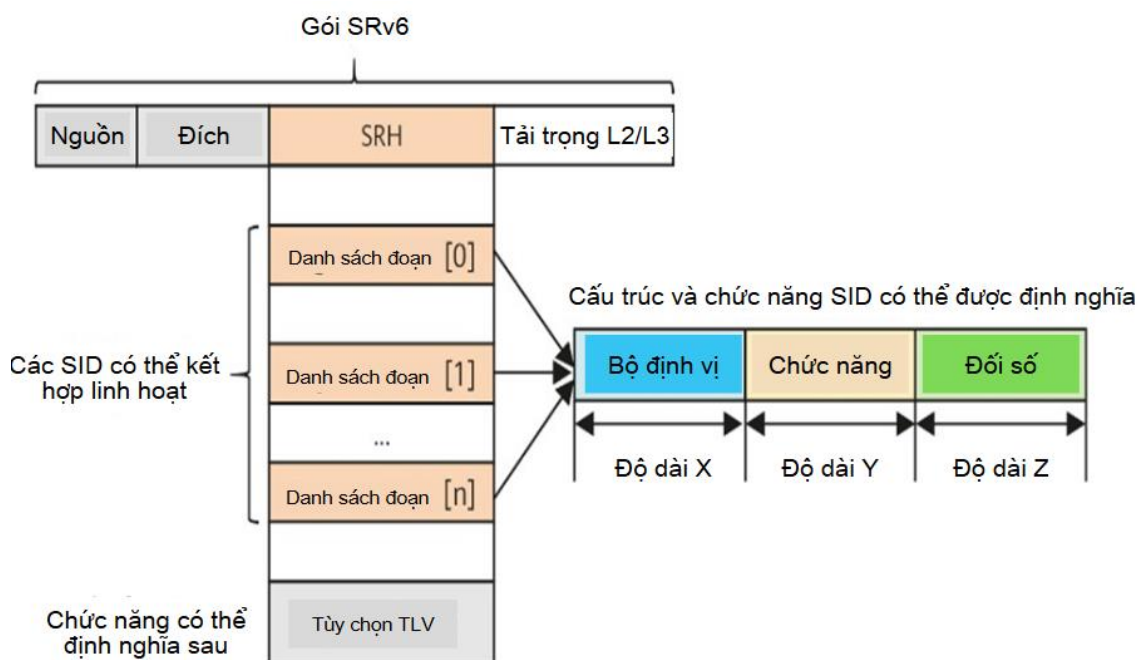
Hình 2.6: Cấu trúc của một đoạn SRv6 (SID SRv6)

Định dạng SID: Một SID SRv6 bao gồm 3 phần là LOC:FUNCT:ARG (bộ định vị:chức năng:đổi số) được mô tả chi tiết trong Hình 2.7. Cụ thể L bit đại diện cho LOC, F bit đại diện cho FUNCT và A bit đại diện cho ARG. Độ dài L có thể thay đổi linh hoạt theo lựa chọn của người quản trị. Tổng độ dài của L, F, A không được vượt quá 128 bit. Nếu tổng nhỏ hơn 128 bit, các bit còn lại của SID được đặt là 0.

- Phần LOC của SID chứa thông tin vị trí và thường là duy nhất trong miền SRv6. Khi một giá trị định vị được cấu hình cho một nút, một đường dẫn cho định vị này được tạo và lan truyền khắp miền SRv6 thông qua giao thức IGP. Điều này cho phép các nút khác trên mạng xác định vị trí của nút dựa trên định tuyến nhận được và tất cả các SID SRv6 được quảng bá bởi nút đó có thể tiếp cận thông qua đường dẫn đã tạo.

- Phần FUNCT của SID chứa hướng dẫn được định nghĩa trước trên nút tạo ra SID, cơ bản đó là một mã lệnh thao tác, cung cấp hướng dẫn cho nút thực hiện một tác vụ cụ thể.

- Phần ARG là một phần tùy chọn của SID SRv6 và có thể được tách riêng khỏi phần FUNCT. Phần này được sử dụng để chỉ định thông tin liên quan đến luồng gói tin và dịch vụ, chiếm các bit ít quan trọng của địa chỉ IPv6.



Hình 2.7: Cấu trúc chi tiết của SID SRv6

Mỗi mã lệnh thao tác trong SID SRv6 tương ứng với một tác vụ khác nhau. Các tác vụ của SRv6 được biểu diễn trong

Bảng 2.1:

Bảng 2.1: Bảng tác vụ của SID SRv6

Chức năng	Mô tả
End	Xác định một nút đích. Cho biết điểm đến đã được đạt đến và gói tin nên được phân phối hoặc chuyển tiếp đến các lớp cao hơn.
End.DT4	Xác định một trường hợp IPv4 VPN. Thực hiện giải mã gói tin lớp ngoài cùng (giả sử gói tin IP được đóng gói trong gói UDP), sau đó sử dụng bảng định tuyến IPv4 thích hợp để chuyển tiếp gói tin đến đích cuối cùng.
End.DT6	Xác định một trường hợp IPv6 VPN. Tương tự như End.DT4 nhưng sử dụng bảng định tuyến IPv6.
End.DT46	Xác định một trường hợp IP VPN.
End.DX2	Xác định một Nút đích cho kết nối chéo lớp 2.
End.DX4	Xác định một Nút đích cho kết nối chéo IPv4. Tương tự như End.DT4 nhưng sử dụng bảng định tuyến IPv4 toàn cầu.
End.DX6	Xác định một Nút đích cho kết nối chéo IPv6. Tương tự như End.DT4 nhưng sử dụng bảng định tuyến IPv4 toàn cầu.

- Phân phối của SRv6 SID: SRv6 SID có thể được phân phối bằng giao thức định tuyến hoặc API Southbound của bộ điều khiển SDN. Đối với giao thức định tuyến, BGP có thể được mở rộng để chuyển SID giữa nơi gửi và nơi nhận. Đối với API southbound của bộ điều khiển SDN, tuyến SR có thể được gửi bởi gRPC, Restful API, NETCONF và OpenFlow.

2.2.2. Cơ chế hoạt động của SRv6

Quá trình chuyển tiếp gói tin SRv6: Hình 2.8 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. Quá trình chuyển tiếp gói tin cụ thể như sau:

- Để chuyển tiếp gói tin từ nút A đến máy chủ 2 thông qua các nút B, C, D và E bằng SRv6, nút A cần đóng gói thông tin đường dẫn SRv6 vào một SRH. Thông tin này bao gồm các SID của các liên kết B – C và C – D, cũng như SID A5::10 được quảng bá

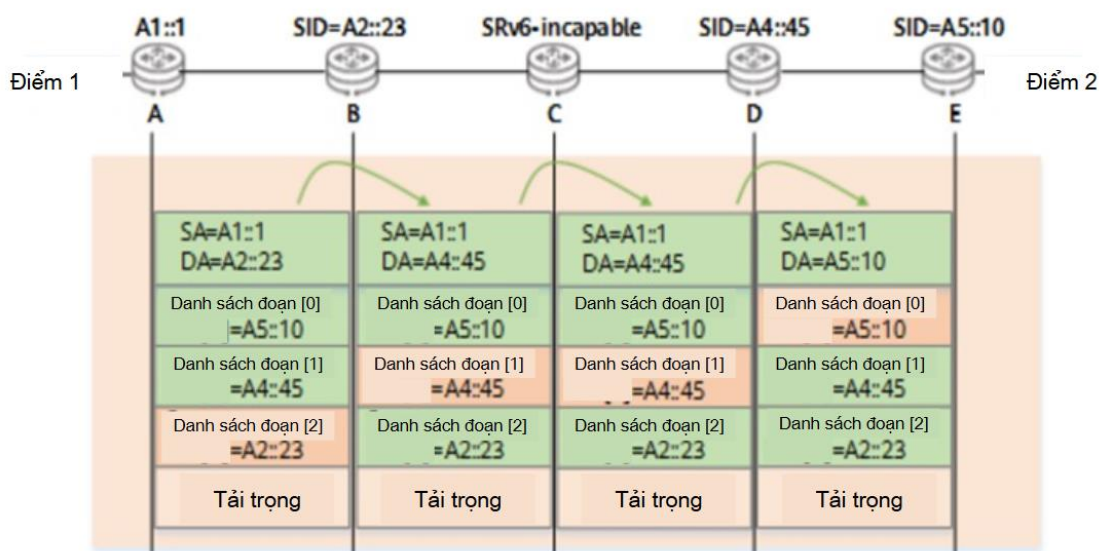
bởi nút E và đóng gói theo thứ tự ngược lại. Mào đầu được đóng gói của gói tin cũng bao gồm một giá trị Danh sách đoạn (SL) là 2, cho biết tổng là 3 SID và danh sách đoạn cần xử lý là “Segment List[2]”. Nút A sau đó sẽ sao chép giá trị của Segment List vào trường địa chỉ đích trong phần mào đầu IPv6 bên ngoài, tìm kiếm bảng định tuyến IPv6 tương ứng dựa trên nguyên tắc khớp dài nhất và chuyển tiếp gói tin đến nút B.

- Khi nhận gói tin từ nút A, nút B tra cứu bảng SID cục bộ của mình, là nơi lưu SID SRv6 được tạo bởi chính nó để tìm tác vụ End.X SID phù hợp dựa trên địa chỉ đích trong mào đầu IPv6 bên ngoài. Theo hướng dẫn, nút B giảm giá trị SL đi 1, cập nhật trường DA trong mào đầu IPv6 bên ngoài với giá trị “Segment List [1]” và sau đó chuyển tiếp gói tin qua liên kết B-C được ràng buộc với SID.

- Khi gói tin đến tại nút C, nó không thể nhận ra SRH vì không tương thích với SRv6. Do đó nó xử lý gói tin như một gói tin IPv6 thông thường. Nút C tìm kiếm bảng định tuyến IPv6 tương ứng dựa trên nguyên tắc khớp dài nhất và chuyển tiếp gói tin đến nút D, được đại diện bởi địa chỉ đích hiện tại trong mào đầu IPv6 bên ngoài.

- Khi nhận được gói tin từ nút C, nút D tìm kiếm bảng SID cục bộ của mình bằng cách sử dụng địa chỉ đích A4::45 và tìm thấy một End.X SID phù hợp. Nút D thực hiện cùng quy trình như nút B: giảm giá trị SL đi 1, cập nhật trường DA trong mào đầu IPv6 bên ngoài A5::10 và chuyển tiếp gói tin qua liên kết được ràng buộc bởi End.X SID.

- Khi gói tin đến tại nút E, nó tìm kiếm bảng SID cục bộ dựa trên A5::10 và tìm thấy một End.DT4 SID phù hợp. Theo hướng dẫn, nút E loại bỏ mào đầu IPv6, tìm kiếm bảng định tuyến IPv4 được ràng buộc bởi End.DT4 SID và chuyển tiếp gói tin IPv4 cục bộ đến máy chủ 2. Quy trình chuyển tiếp gói tin đến đây kết thúc.



Hình 2.8: Tiến trình chuyển tiếp gói tin

Chế độ hoạt động của SRv6: Có thể hoạt động ở chế độ SRv6 TE Policy hoặc SRv6 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.

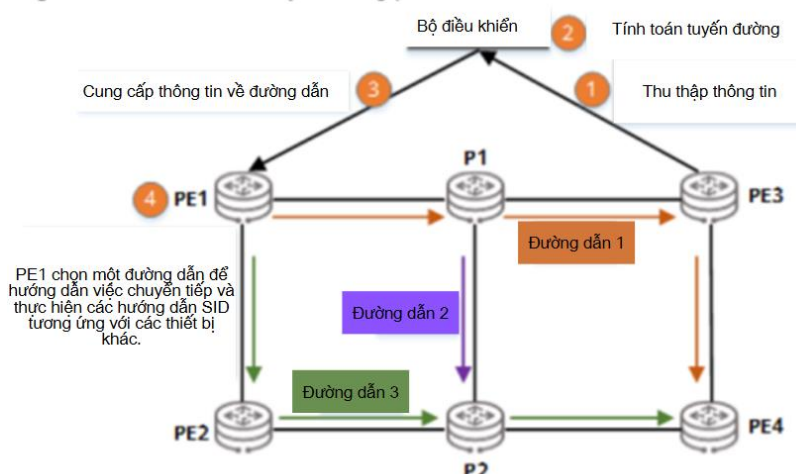
- Chế độ SRv6 TE Policy: Hình 2.9 cho thấy việc sử dụng cơ chế định tuyến nguồn của SR để chỉ đạo chuyển tiếp gói tin qua mạng dựa trên một danh sách các đoạn theo thứ tự (thông tin tuyến đường) được đóng gói bởi nút nguồn. Do đó SRv6 TE Policy có thể được sử dụng để triển khai kỹ thuật lưu lượng, cải thiện chất lượng mạng và đáp ứng yêu cầu dịch vụ E2E. Khi kết hợp với SDN, SRv6 TE Policy là lựa chọn lý tưởng cho các mạng dựa trên dịch vụ và là chế độ làm việc SRv6 được khuyến nghị.

+ Thông qua việc sử dụng BGP – LS, bộ chuyển tiếp (PE3) truyền thông tin về tổ chức mạng đến bộ điều khiển. Thông tin này bao gồm các nút và liên kết cũng như các thuộc tính kỹ thuật như độ trễ, băng thông, hao tổn.

+ Sau khi thu thập thông tin về tổ chức mạng, bộ điều khiển kiểm tra và tính toán các tuyến đường đáp ứng thỏa thuận dịch vụ SLA dựa trên các thuộc tính kỹ thuật.

+ Khi thông tin tuyến đường đã được xác định, bộ điều khiển truyền nó đến nút nhập mạng (PE1) của mạng. Nút nhập mạng sau đó tạo ra các SRv6 TE Policy – bao gồm địa chỉ nguồn và địa chỉ đích cũng như các thành phần mở rộng.

+ Nút nhập mạng (PE1) chọn STv6 TE Policy phù hợp để chỉ đạo chuyển tiếp dịch vụ. Khi dịch vụ được chuyển tiếp, mỗi nút trong mạng thực hiện các hướng dẫn chứa trong các SID được quảng bá dựa trên loại dữ liệu được mang bởi các gói tin SRv6.



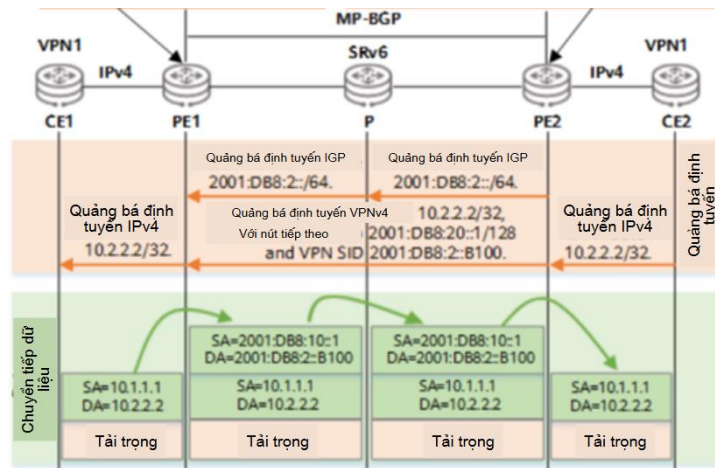
Hình 2.9: Tiến trình làm việc của SRv6 TE Policy

- Chế độ SRv6 BE Policy: Hoạt động tương tự như LDP trong mạng MPLS, nơi nó sử dụng thuật toán SPF của IGP để tính toán tuyến đường SRv6 hiệu quả nhất. Chế độ này sử dụng một Service SID để chỉ đạo chuyển tiếp gói tin qua các liên kết. Là chế độ hoạt động định hướng nỗ lực tốt nhất có thể, SRv6 BE không có khả năng áp dụng kỹ thuật lưu lượng và chủ yếu được sử dụng để cung cấp nhanh chóng các dịch vụ VPN truyền thống.

+ Sau đây là một ví dụ về L3VPNv4 qua SRv6 BE như trong Hình 2.10: Trong phần cấu hình mạng, các phiên bản VPN được phân phối trên mạng với SRv6 được triển khai ở cả PE1 và PE2 trong khi IPv6 được thực hiện ở trên nút P.

+ Giai đoạn quảng bá tuyến đường: Một bộ định vị được cấu hình trên PE2 → Để thông báo cho PE1 về SRv6 SID, PE2 sử dụng một IGP để quảng bá đường dẫn của bộ định vị 2001:DB8:2::/64. Đường dẫn sau đó được thêm vào bảng định tuyến IPv6 của PE1 → Khi một VPN SID (2001:DB8:2::B100) được cài đặt trong phạm vi bộ định vị PE2, bộ định tuyến tạo một mục SID cục bộ → Sau khi CE2 quảng bá một tuyến đường IPv4, PE2 chuyển đổi tuyến đường đó thành một tuyến đường BGP VPNv4 và truyền đi đến đối tác MP-BGP của mình là PE1. Tuyến đường này bao gồm SRv6 VPN SID, cụ thể là SID 2001:DB8:2::B100 được gán cho phiên VPN → Sau khi nhận được đường dẫn VPNv4, PE1 chia sẻ tuyến đường vào bảng định tuyến của phiên VPN tương ứng, chuyển đổi nó thành một đường dẫn IPv4 thông thường và quảng bá nó đến CE1.

+ Giai đoạn chuyển tiếp dữ liệu: CE1 gửi một gói tin IPv4 thông thường đến PE1 → Khi nhận gói tin qua giao diện liên kết với một phiên VPN, PE1 kiểm tra bảng định tuyến của phiên VPN đó để tìm mục tiền tố tương ứng với địa chỉ IPv4 đích của gói tin. Khi SID SRv6 VPN và dữ liệu nút tiếp theo được xác định, PE1 đóng gói dữ liệu vào một gói tin IPv6 sử dụng SID SRv6 VPN 2001:DB8:2::B100 làm địa chỉ đích → Sử dụng quy tắc khớp dài nhất, PE1 định vị đường dẫn 2001:DB8:2::/64 và chuyển tiếp gói tin qua đường dẫn ngắn nhất có sẵn đến thiết bị P → Tương tự, thiết bị P áp dụng quy tắc khớp dài nhất để định vị đường dẫn 2001:DB8:2::/64 và chuyển tiếp gói tin qua tuyến đường ngắn nhất có sẵn đến PE2 → PE2 truy cập bảng SID cục bộ của mình bằng cách sử dụng địa chỉ 2001:DB8:2::B100. Khi đã xác định được SID phù hợp, PE2 thực hiện hành động liên quan đến SID đó, bao gồm việc loại bỏ đầu gói tin IPv6 và kiểm tra bảng định tuyến của phiên bản VPN để chuyển tiếp gói tin. Ở giai đoạn này, gói tin được chuyển đổi trở thành lại gói tin IPv4 tiêu chuẩn.



Hình 2.10: Tiến trình làm việc của SRv6 BE

Phân phối SRv6 SID:

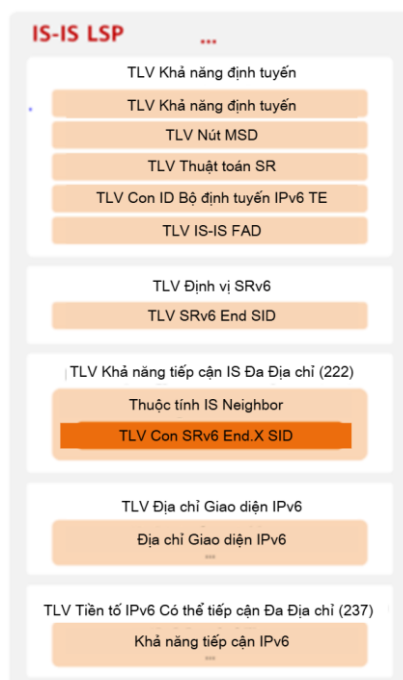
- Triển khai SRv6 thông qua mở rộng giao thức: Để hỗ trợ SRv6 các nút mạng cần quảng bá hai loại thông tin là thông tin định vị và thông tin SID.

+ Thông tin định vị: Được sử dụng bởi các nút khác trong mạng để định vị nút mà quảng bá một SID cụ thể, cho phép chúng thực thi hướng dẫn liên quan đến SID đó. Thông tin định vị thường được phổ biến thông qua các phần mở rộng IGP.

+ Thông tin SID: Một mô tả đầy đủ về SID bao gồm các chức năng và hành vi liên quan đến chúng, được coi như các hướng dẫn. SID được phân loại SID đường đi và SID dịch vụ. SID đường đi chủ yếu được sử dụng để mô tả các nút hoặc các liên kết yêu cầu lan truyền thông qua các phần mở rộng IGP trong khi SID dịch vụ liên quan chặt chẽ đến thông tin định tuyến và thường được quảng bá thông qua các phần mở rộng BGP trong các bản tin BGP Update.

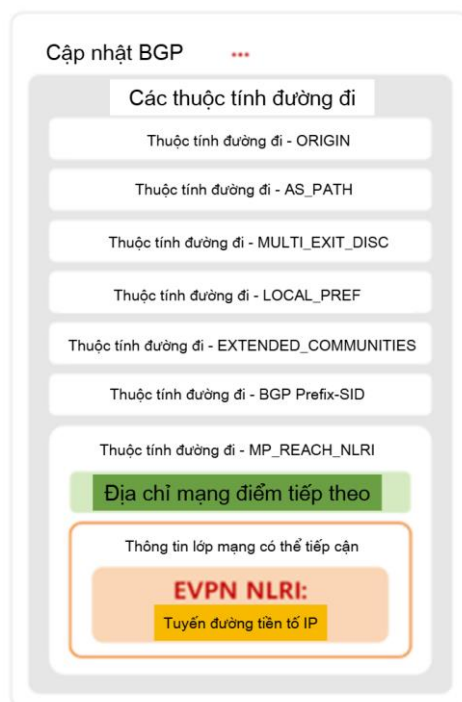
- Như vậy, việc triển khai các chức năng cơ bản của SRv6 yêu cầu các phần mở rộng IGP và BGP.

- Phần mở rộng IGP: Phần mở rộng IS – IS là một giao thức định tuyến dựa trên trạng thái liên kết sử dụng thuật toán SPF của Dijkstra để tính toán đường đi ngắn nhất đến một địa chỉ cụ thể. Điều này được thực hiện thông qua một quy trình mà các nút kề nhau thiết lập quan hệ bằng cách trao đổi gói tin Hello và lưu thông các PDU trạng thái liên kết trong mạng để tạo nên cơ sở dữ liệu về trạng thái liên kết. Sử dụng dữ liệu trạng thái liên kết, mỗi nút sau đó chạy thuật toán SPF để tính toán đường đi ngắn nhất đến địa chỉ mong muốn.



Hình 2.11: IS – IS LSP mang thông tin SRv6

- Phần mở rộng BGP: Một đoạn tiền tố BGP là một tiền tố BGP với một tiền tố SID gắn cùng nó. Tiền tố SID luôn là một SID toàn mạng trong phạm vi miền SR và xác định một hướng dẫn để chuyển tiếp gói tin qua tuyến đường EMCP tốt nhất được tính toán bởi BGP đến tiền tố liên quan. Tiền tố SID của BGP là một định danh của Đoạn tiền tố BGP.



Hình 2.12: Bản tin BGP EVPN Update mang thông tin SRv6

2.3. Cấu hình SRv6 trên thiết bị của Cisco

Để cho phép sử dụng SRv6, đầu tiên cần phải cấu hình một Bộ định vị với tiền tố của nó. Giao thức IS – IS giới thiệu tiền tố cục bộ trong mạng IPv6 và ứng dụng SRv6 (ví dụ như ISIS, BGP) sử dụng nó để định vị các SID.

- 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):

Một Bộ định vị Anycast SRv6 là một kiểu của bộ định vị mà xác định một tập hợp các nút (END SID). Bộ định vị Anycast SRv6 và các END SID liên quan của chúng có thể được cung cấp ở nhiều vị trí trong topo mạng. Tập hợp các nút (nhóm Anycast) được cấu hình để quảng bá một Bộ định vị Anycast dùng chung và END SID. Định tuyến Anycast cho phép điều khiển lưu lượng truy cập đến nhiều nút quảng bá. Địa chỉ các gói đến một địa chỉ Anycast được chuyển tiếp đến các nút gần nhất về mặt liên kết. Một trường hợp sử dụng là quảng bá Anycast END SID tại các điểm ra khỏi mạng SRv6. Bất kỳ nút nào quảng bá END SID chung có thể được sử dụng để chuyển tiếp lưu lượng truy cập ra khỏi phần SRv6 của mạng đến nút gần nhất về mặt liên kết.

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
```

- Bật ghi lại nhật ký 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):

Câu lệnh	Ý nghĩa
segment-routing srv6 encapsulation source-address ipv6-addr	Địa chỉ nguồn của việc đóng gói bên ngoài Mào đầu IPv6. Địa chỉ nguồn mặc định của đóng gói là một trong những địa chỉ Loopback.
segment-routing srv6 encapsulation hop-limit {count propagate}	Giới hạn bước nhảy của mào đầu Ipv6 đóng gói bên ngoài. Giá trị: từ 1 đến 254, giá trị mặc định là 254.

+ 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”

Câu lệnh	Ý nghĩa
show segment-routing srv6 manager	Hiển thị thông tin tổng quát từ phân quản lý SRv6, bao gồm cả tương thích nền tảng.
show segment-routing srv6 locator locator-name [detail]	Hiển thị thông tin của Bộ định vị SRv6 trên Bộ định tuyến.
show segment-routing srv6 locator locator-name sid [[sid-ipv6-address [detail]]	Hiển thị thông tin liên quan đến các SID cục bộ SRv6 phân bổ bởi một Bộ định vị được chọn.
show segment-routing srv6 sid [sid-ipv6-address [all stale] [detail]	Hiển thị thông tin SID của các Bộ định vị. Mặc định, chỉ có các SID hoạt động được hiển thị.
show route ipv6 local-srv6	Hiển thị tất cả các tiền tố SID cục bộ của SRv6 trong SRv6 RIB

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 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: Lưu lượng truy cập vào mạng di động đang tăng lên không ngừng do sự phổ biến của các ứng dụng và dịch vụ trực tuyến. Đồng thời, yêu cầu về độ trễ cũng ngày càng chặt chẽ, đặc biệt là đối với các ứng dụng như trò chơi trực tuyến, video trực tiếp và truyền dữ liệu thời gian thực.

- Xuất hiện các trường hợp sử dụng mới: Các trường hợp sử dụng mới như kiến trúc NFV phân tán đang tạo ra thách thức mới trong vận hành mạng. NFV là một phương pháp cho phép các chức năng mạng truyền thống được triển khai dưới dạng phần mềm trên nền tảng phần cứng chung.

- Tăng số lượng thiết bị kết nối: Số lượng thiết bị được kết nối vào mạng di động đang tăng lên, đặc biệt là trong các mô hình IoT. Việc này đang gây ra vấn đề về khả năng mở rộng cho các thành phần mạng di động khi trạng thái cần duy trì tăng lên.

- 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 – một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu suất và tính khả dụng của mạng. Mô hình kiến trúc hiện tại của mạng di động chia mặt phẳng người dùng thành các mạng truy cập, mạng lõi và mạng dịch vụ nhưng không xem xét các yếu tố vận chuyển cơ bản, gây ra khó khăn và phức tạp trong việc tối ưu hóa và vận hành đường truyền dữ liệu.

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.

Như đã nói ở Chương 1, định tuyến phân đoạn là một kiến trúc định tuyến nguồn - đường đi của gói tin được quyết định ngay ở nguồn chứ không phải bởi các thiết bị trung gian trên đường đi. Gói tin được hướng dẫn qua các nút thông qua một danh sách các đoạn. Một đoạn biểu diễn cho một hướng dẫn cụ thể, có thể là hướng dẫn dựa trên cấu trúc mạng hoặc dựa trên dịch vụ. Điều này cho phép định tuyến dựa trên các yếu tố như độ trễ, băng thông hoặc yêu cầu dịch vụ cụ thể.

Trong khi đó, 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 [1], 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 [14].

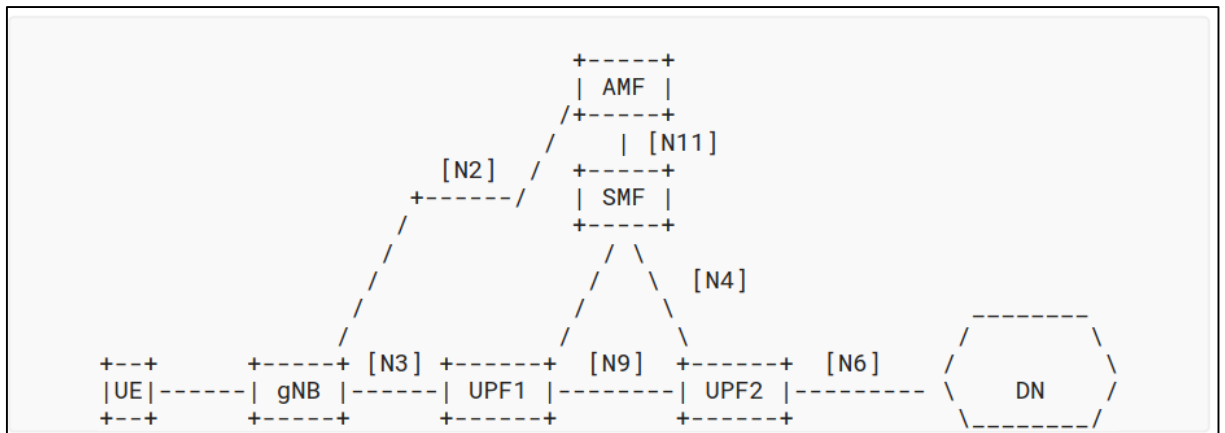
Là một biến thể của định tuyến phân đoạn, SRv6 được thiết kế hoạt động dựa trên giao thức IPv6 cho phép xây dựng một kiến trúc di động trong đó các gói tin được định tuyến dựa trên hướng dẫn từ nguồn. Điều này cho phép các nhà cung cấp dịch vụ chủ động xác định đường đi cho các gói dữ liệu khi luân chuyển 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 [5], cho phép mạng được cấu hình và điều khiển một cách linh hoạt và trực tiếp thông qua việc gán các 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 [7] .



Hình 3.1: Kiến trúc tham chiếu 5G 3GPP

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

- UE: Thiết bị đầu cuối người dùng, là thiết bị di động sử dụng mạng 5G để kết nối như điện thoại thông minh, máy tính bảng,...
- gNB: Tương đương với eNodeB trong mạng 4G LTE, cung cấp kết nối tới các UE, gNodeB có giao diện N3 chuyển tiếp phần dữ liệu đến mạng lõi (truyền dữ liệu người dùng) còn N2 là giao diện giữa gNodeB và các thành phần trong mặt phẳng điều khiển (truyền dữ liệu điều khiển).
- UPF1, 2: Với giao diện N3 để kết nối với gNB, giao diện N9 để kết nối giữa các UPF và giao diện N4 cho mặt phẳng điều khiển.
- SMF: Chịu trách nhiệm thiết lập, sửa đổi, và gỡ bỏ các phiên dữ liệu giữa UE và mạng lõi.
- AMF: Chịu trách nhiệm quản lý quy trình truy cập của UE vào mạng, xác thực và theo dõi di chuyển giữa các trạm gốc (gNB).
- DN: Ví dụ như mạng dịch vụ của nhà khai thác và truy cập internet

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 [19] 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.

Một trong ba cơ chế này được thiết kế để tương tác với các gNB truyền thống sử dụng GTP-U/IPv4. Cơ chế thứ hai được thiết kế để tương tác với các gNB truyền thống sử dụng GTP-U/IPv6. Cơ chế thứ ba là một chế độ khác cho phép triển khai SRv6 khi các gNB và UPF kế thừa vẫn chạy GTP-U. Những cơ chế này cung cấp khả năng tích hợp giữa các mạng di động hiện đại và các mạng di động truyền thống, cho phép các phần tử mạng mới và cũ hoạt động cùng nhau một cách hiệu quả và linh hoạt hơn. Điều này giúp tăng cường khả năng mở rộng và tương thích của mạng di động, đồng thời giảm thiểu sự gián đoạn trong quá trình nâng cấp và triển khai các cải tiến mới.

Nội dung các phần sử dụng thuật ngữ hành vi điểm cuối SRv6 được định nghĩa trong [5] và hành vi điểm cuối SRv6 mới được thiết kế cho mặt phẳng người dùng di động được định nghĩa trong phần sau.

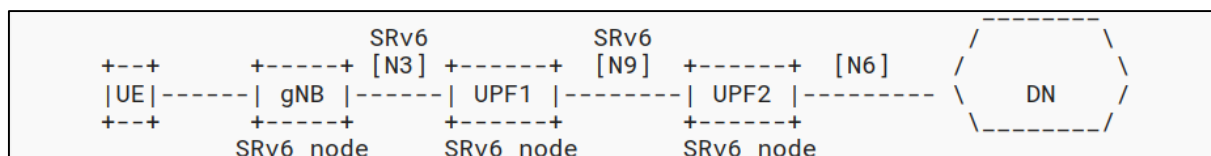
3.2.3. Chế độ truyền thống

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 đổi bất cứ điều gì khác. Chế độ Truyền thông 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 thông

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

Khi một gói tin đi từ UE đến gNB, gNB thực hiện một thao tác H.Encap.Red. Vì chỉ có một SID nên không cần thiết phải đẩy một SRH (SRH được rút gọn), gNB chỉ thêm một mào đầu IPv6 bên ngoài với IPv6 DA U1::1. gNB nhận SID U1::1 từ mặt phẳng điều khiển hiện tại (giao diện N2). U1::1 biểu diễn một SID điểm neo đặc biệt cho phiên làm việc ở UPF1.

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

Khi gói tin đến UPF1, SID U1::1 được liên kết với hành vi điểm cuối SRv6 End.MAP. End.MAP thay thế U1::1 bằng U2::1, vốn thuộc về UPF tiếp theo (U2).

Khi gói tin đến ở UPF2, SID SID U2::1 tương ứng với một hành vi điểm cuối SRv6 End.DT4/End.DT6/End.DT46. UPF2 giải mã gói tin, thực hiện tìm kiếm trong một bảng cụ thể liên kết với mạng di động đó và chuyển tiếp gói tin đến DN.

- 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

Khi gói tin đến UPF2, UPF2 ánh xạ luồng đó thành một phiên PDU. Phiên PDU này được liên kết với điểm cuối đoạn <U1::2>. UPF2 thực hiện thao tác H.Encaps.Red, đóng gói gói tin vào một mào đầu IPv6 mới mà không có SRH vì chỉ có một SID.

Khi gói tin đến UPF1, SID U1::2 là một SID cục bộ liên kết với hành vi điểm cuối SRv6 End.MAP. Nó ánh xạ SID này đến điểm nút cố định tiếp theo và thay thế U1::2 bằng gNB::1, thuộc về điểm dừng tiếp theo.

Khi gói tin đến tại gNB, SID gNB::1 tương ứng với hành vi End.DX4, End.DX6 hoặc End.DX2 (phụ thuộc vào loại phiên PDU). gNB giải mã gói tin, loại bỏ mào đầu IPv6 và tất cả các mào đầu mở rộng của nó, chuyển tiếp lưu lượng đến UE.

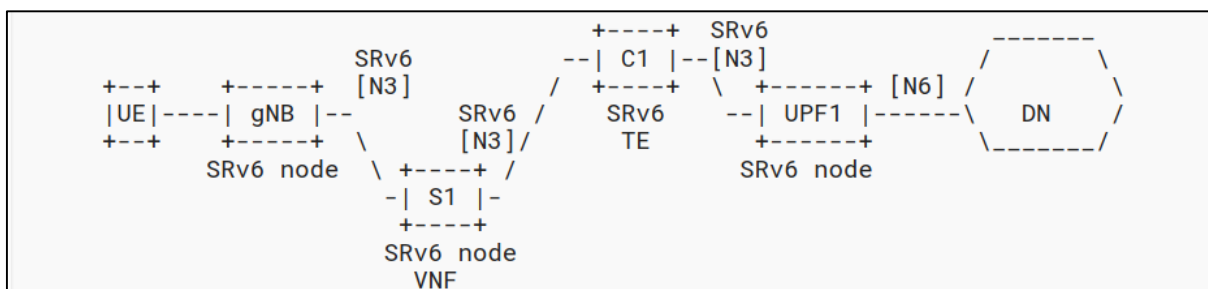
3.2.4. Chế độ nâng cao

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 [13]. 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 Agrs.Mon.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

UE gửi những gói tin (A, Z) của mình trên một kênh truyền cụ thể tới gNB. Mặt điều khiển gNB liên kết phiên làm việc đó từ UE (A) tới địa chỉ IPv6 (B). gNB giải quyết B thành một danh sách SID <S1, C1 U1::1>. Khi gNB truyền gói tin, nó chứa tất cả các đoạn của chính sách SR. Chính sách SR bao gồm các đoạn cho kỹ thuật lưu lượng (C1) và lập trình dịch vụ (S1). Các nút S1 và C1 thực hiện chức năng điểm cuối và chuyển tiếp gói tin. Chức năng “End with PSP” tham chiếu đến hành vi điểm cuối với Penultimate Segment Popping như được xác định trong [5].

Khi gói tin đến UPF1, đoạn hoạt động (U1::1) là End.DT4/End.DT6/End.DT2U, thực hiện giải mã (loại bỏ mào đầu IPv6 cùng với tất cả các mào đầu mở rộng của nó) và chuyển tiếp tới DN.

- 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

Khi gói tin đến UPF1, UPF1 ánh xạ luồng cụ thể đó vào một phiên PDU của UE. Phiên PDU của UE này được liên kết với chính sách <C1, S1, gNB>. UPF1 thực hiện một hành vi H.Endcaps.Red, đóng gói gói tin vào một mào đầu IPv6 mới với SRH tương ứng của nó. Các nút C1 và S1 thực hiện xử lý điểm cuối liên quan của chúng. Khi gói tin đến gNB, địa chỉ đích IPv6 tương ứng với hành vi End.DX4, End.DX6 hoặc End.DX2 tại gNB (phụ thuộc vào lưu lượng cơ bản). gNB giải mã gói tin, loại bỏ mào đầu IPv6 và chuyển tiếp lưu lượng đến UE. SID gNB::1 là một ví dụ về một SID được liên kết với dịch vụ này.

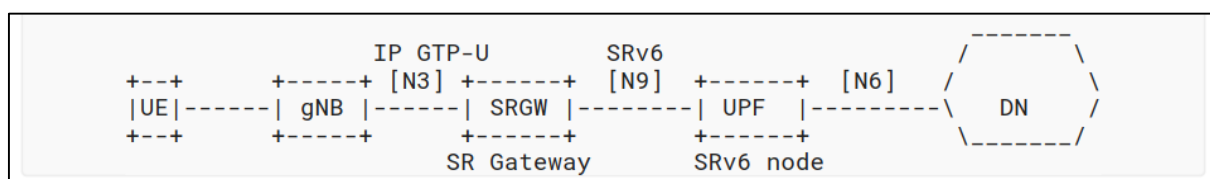
Lưu ý rằng có nhiều phương pháp để thực hiện việc tổng hợp phiên UE. Quyết định về việc sử dụng phương pháp nào là một quyết định cục bộ do nhà điều hành đưa ra. Một lựa chọn là sử dụng Agrs.Mob.Session. Một lựa chọn khác bao gồm gNB thực hiện tìm kiếm IP trên gói tin bên trong bằng cách sử dụng các hành vi End.DT4, End.DT6 và End.DT2U.

- Khả năng mở rộng

Chế độ nâng cao cải thiện khả năng mở rộng bởi vì nó cho phép tổng hợp nhiều UE dưới cùng một danh sách SID. Ví dụ, trong trường hợp các máy đo tại chỗ trong các khu dân cư được kết nối với cùng một cell, tất cả các thiết bị như vậy có thể chia sẻ cùng một danh sách SID. Điều này cải thiện tính mở rộng so với chế độ truyền thống (một SID mỗi UE) và chế độ sử dụng GTP-U (một TEID mỗi UE).

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.

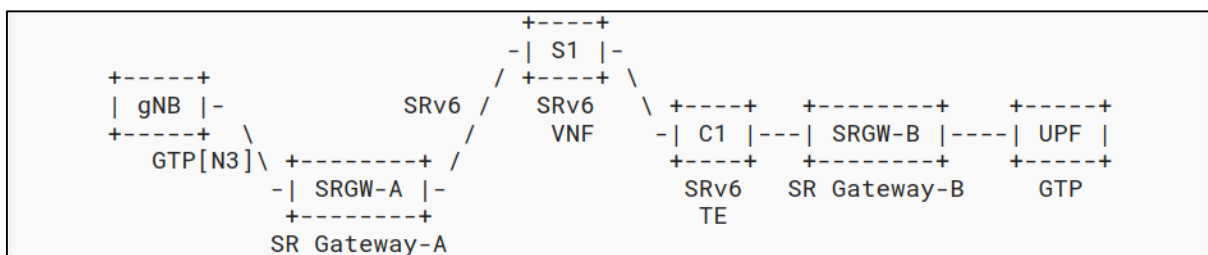


Hình 3.8: Ví dụ về mô hình tương tác liên mạng

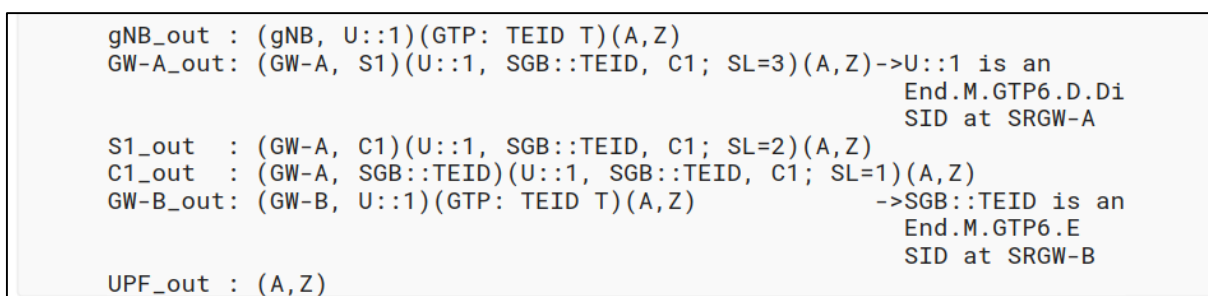
3.2.6. Tương tác đưa vào SRv6

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.

Trái với các chế độ tương tác khác, trong chế độ này cả hai điểm cuối di động sử dụng GTP-U. Hai SRGW được triển khai trong giao diện N3 hoặc N9 để thực hiện chính sách SR trung gian.



Hình 3.9: Mô hình của Tương tác đưa vào SRv6



Hình 3.10: Luồng gói tin

Khi một gói đến Z được gửi đến gNB, gói này chưa được sửa đổi (mặt phẳng điều khiển và mặt phẳng người dùng vẫn là GTP-U), gNB sẽ thực hiện đóng gói thành các mào đầu IP, UDP và GTP-U mới. IPv6 DA, U::1 và GTP-U TEID là những thứ nhận được ở giao diện N2.

Địa chỉ IPv6 đã được báo hiệu qua giao diện N2 cho phiên PDU là U::1, hiện là IPv6 DA. U::1 là một SID SRv6 liên kết ở SRGW A. Do đó gói tin được định tuyến đến SRGW. Khi gói tin đến SRGW A, SRGW nhận diện U::1 như là một SID liên kết End.M.GTP6.D.Di. Do đó SRGW loại bỏ mào đầu IPv6, UDP và GTP-U và đẩy mào đầu IPv6 có SRH riêng biệt chứa các SID được liên kết với chính sách SR. Đây là trường hợp của SID End.M.GTP6.D.Di cho mỗi loại PDU. S1 và C1 thực hiện chức năng liên quan điểm cuối và chuyển tiếp gói tin.

Khi gói tin đến được SRGW B, SRGW xác nhận SID đang hoạt động như là một chức năng End.M.GTP6.E. SRGW loại bỏ mào đầu IPv6 và tất cả mào đầu mở rộng của nó. SRGW tạo ra IPv6, UDP và mào đầu GTP mới. IPv6 DA mới là U::1 – SID cuối cùng nhận được trong SRH. TEID trong mào đầu GTP-U được tạo ra là một đối số của SID End.M.GTP6.E nhận được. SRGW đẩy các mào đầu vào gói tin và chuyển tiếp gói tin đến UPF. Đây là trường hợp của SID End.M.GTP6.E cho mỗi loại PDU.

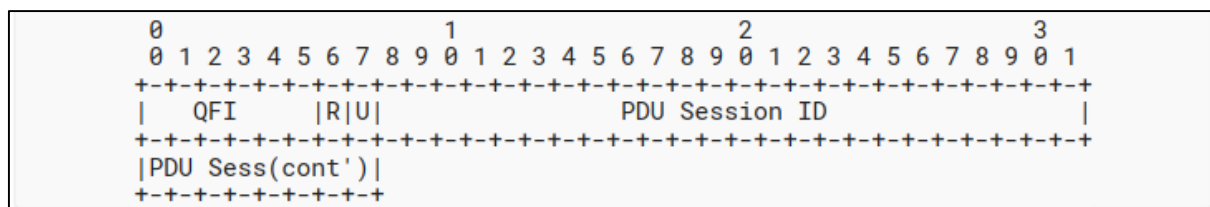
Khi gói tin đến UPF, gói tin là một gói IPv6/GTP thông thường. UPF kiểm tra quy tắc cụ thể cho TEID để chuyển tiếp gói tin. Hành vi UPF không bị điều chỉnh cho thể hệ mạng hiện tại và tương lai.

Tương tác đưa vào SRv6 cung cấp một cách tiếp cận linh hoạt cho việc triển khai và mở rộng mạng MPLS, cho phép các nhà cung cấp dịch vụ mạng chuyển đổi dần dần từ mạng MPLS truyền thống sang SRv6 mà không cần thay đổi quá nhiều cơ sở hạ tầng và quy trình vận hành. Điều này giúp họ tận dụng được các lợi ích của SRv6 như linh hoạt, hiệu quả và khả năng đa dịch vụ.

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. Các hành vi mô tả trong tài liệu này tương thích với các loại NEXT và REPLACE được xác định trong [17]

- Hành vi Args.Mob.Session: Cung cấp thông tin theo phiên cho việc sạc, đệm hoặc mục đích khác cần thiết cho một số nút di động. Định dạng đối số Args.Mob.Session được sử dụng kết hợp với các hành vi End.Map, End.DT4/End.DT6/End.DT46, và End.DX4/End.DX6/End.DX2. Lưu ý rằng định dạng đề xuất này áp dụng cho các mạng 5G, trong khi các định dạng tương tự có thể được sử dụng cho các mạng kế thừa.



Hình 3.11: Định dạng Args.Mob.Session

QFI: Định danh luồng QoS [20]

R: Phản chiếu chỉ báo QoS [7]. Tham số này cho biết việc kích hoạt QoS phản chiếu đối với các UE cho các gói tin được truyền. QoS phản chiếu cho phép UE ánh xạ

lưu lượng mặt phẳng người dùng hướng lên cho các luồng QoS mà không cần quy tắc QoS do SMR cung cấp.

U: Chưa sử dụng, để dành cho tương lai. PHẢI là 0 khi truyền, bỏ qua khi nhận.

PDU Session ID: Định danh của phiên PDU. Tương đương của GTP-U là TEID.

Args.Mob.Session là bắt buộc trong trường hợp một SID tập hợp nhiều PDU Session (Phiên truyền dữ liệu). Vì SRv6 SID có khả năng KHÔNG được khởi tạo cho mỗi phiên PDU, Args.Mob.Session hỗ trợ UPF thực hiện các tác vụ yêu cầu độ chi tiết trên mỗi QFI (Bộ nhận dạng luồng QoS) và/hoặc trên mỗi phiên PDU.

- End.MAP: Được sử dụng trong một số kịch bản. Đặc biệt trong di động, End.MAP được sử dụng bởi các UPF trung gian. Khi nút N nhận được một gói tin mà địa chỉ đích IPv6 là D và D là một SID End.MAP cục bộ, N thực hiện các bước sau:

```
S01. If (IPv6 Hop Limit <= 1) {
S02.   Send an ICMP Time Exceeded message to the Source Address with
        Code 0 (Hop limit exceeded in transit),
        interrupt packet processing, and discard the packet.
S03. }
S04. Decrement IPv6 Hop Limit by 1
S05. Update the IPv6 DA with the new mapped SID
S06. Submit the packet to the egress IPv6 FIB lookup for
        transmission to the new destination
```

Hình 3.12: Cơ chế End.MAP

- End.M.GTP6.D: Được sử dụng trong kịch bản tương tác cho đường lên đến SRGW từ gNB truyền thống sử dụng IPv6/GTP. Bất kỳ trường hợp SID của hành vi này được liên kết với chính sách SR (B) và Địa chỉ nguồn IPv6 (S). Khi nút SR Gateway N nhận được một gói tin được định tuyến tới D và D là một SID End.M.GTP6.D cục bộ, N thực hiện các bước sau:

```
S01. When an SRH is processed {
S02.   If (Segments Left != 0) {
S03.     Send an ICMP Parameter Problem to the Source Address with
        Code 0 (Erroneous header field encountered) and
        Pointer set to the Segments Left field,
        interrupt packet processing, and discard the packet.
S04.   }
S05.   Proceed to process the next header in the packet
S06. }
```

Hình 3.13: Cơ chế End.M.GTP6.D

- End.M.GTP6.D.Di: Được sử dụng trong kịch bản tương tác đưa vào SRv6 mô tả trong mục 3.2.6. Sự khác biệt giữa End.M.GTP6.D và một biến thể khác của chức năng giải mã IPv6/GTP là DA IPv6 ban đầu của gói GTP-U được bảo tồn như SID cuối

cùng trong SRH. Khi nút SR Gateway N nhận một gói tin được định tuyến đến D và D là một End.M.GTP6.D.Di SID cục bộ, N thực hiện các bước sau:

```
S01. When an SRH is processed {
S02.   If (Segments Left != 0) {
S03.     Send an ICMP Parameter Problem to the Source Address with
           Code 0 (Erroneous header field encountered) and
           Pointer set to the Segments Left field,
           interrupt packet processing, and discard the packet.
S04.   }
S05.   Proceed to process the next header in the packet
S06. }
```

Hình 3.14: Cơ chế End.M.GTP6.D.Di

- End.M.GTP6.E

End.M.GTP6.E (Hành vi điểm cuối với đóng gói cho đường hầm IPv6/GTP-U) được sử dụng trong kịch bản tương tác đối với đường xuống hướng đến gNB cũ sử dụng IPv6/ GTP.

Tiền tố của End.M.GTP6.E SID PHẢI được theo sau bởi không gian đối số Args.Mob.Session, được sử dụng để cung cấp các định danh phiên.

Khi nút SR Gateway N nhận một gói tin được định tuyến đến D và D là một SID End.M.GTP6.E cục bộ, N thực hiện các bước sau:

```
S01. When an SRH is processed {
S02.   If (Segments Left != 1) {
S03.     Send an ICMP Parameter Problem to the Source Address with
           Code 0 (Erroneous header field encountered) and
           Pointer set to the Segments Left field,
           interrupt packet processing, and discard the packet.
S04.   }
S05.   Proceed to process the next header in the packet
S06. }
```

Hình 3.15: Cơ chế End.M.GTP6.E

- End.M.GTP4.E: Được sử dụng trong đường xuống khi thực hiện tương tác với gNB cũ sử dụng IPv4/GTP. Khi nút SR Gateway N nhận một gói tin đến S và S là một SID End.M.GTP4.E cục bộ, N thực hiện các bước sau:

```
S01. When an SRH is processed {
S02.   If (Segments Left != 0) {
S03.     Send an ICMP Parameter Problem to the Source Address with
           Code 0 (Erroneous header field encountered) and
           Pointer set to the Segments Left field,
           interrupt packet processing, and discard the packet.
S04.   }
S05.   Proceed to process the next header in the packet
S06. }
```

Hình 3.16: Cơ chế End.M.GTP4.E

- H.M.GTP4.D: Được sử dụng trong hướng từ mặt phẳng người dùng IPv4 cũ đến mạng mặt phẳng người dùng SRv6. Khi nút SR Gateway N nhận một gói tin đến một SRGW-IPv4-Prefix, N thực hiện các bước sau:

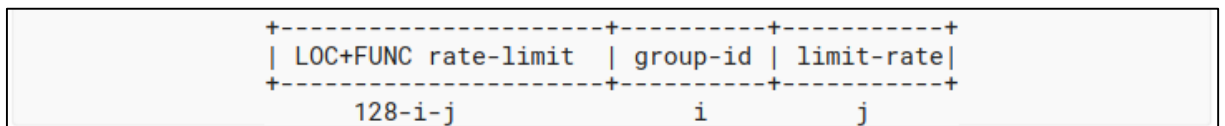
```

S01. IF Payload == UDP/GTP-U THEN
S02.   Pop the outer IPv4 header and UDP/GTP-U headers
S03.   Copy IPv4 DA and TEID to form SID B
S04.   Copy IPv4 SA to form IPv6 SA B'
S05.   Encapsulate the packet into a new IPv6 header
S06.   Set the IPv6 DA = B
S07.   Forward along the shortest path to B
S08. ELSE
S09.   Drop the packet

```

Hình 3.17: Cơ chế của H.M.GTP4.D

- End.Limit: Mặt phẳng người dùng di động yêu cầu một tính năng giới hạn tốc độ. Vì mục đích này, một hành vi mới được xác định gọi là "End.Limit". Hành vi "End.Limit" mã hóa trong các đối số của mình tham số giới hạn tốc độ mà nên được áp dụng cho gói tin này. Nhiều luồng gói tin nên có cùng một định danh nhóm trong SID khi những luồng đó thuộc cùng một nhóm AMBR (Tốc độ Bit tối đa tổng hợp). Nếu các bit tốc độ giới hạn được đặt là 0, nút không nên thực hiện giới hạn tốc độ trừ khi cấu hình tĩnh hoặc mặt phẳng điều khiển đặt tốc độ giới hạn liên kết với SID. Định dạng mã hóa của đoạn SID giới hạn tốc độ như sau:



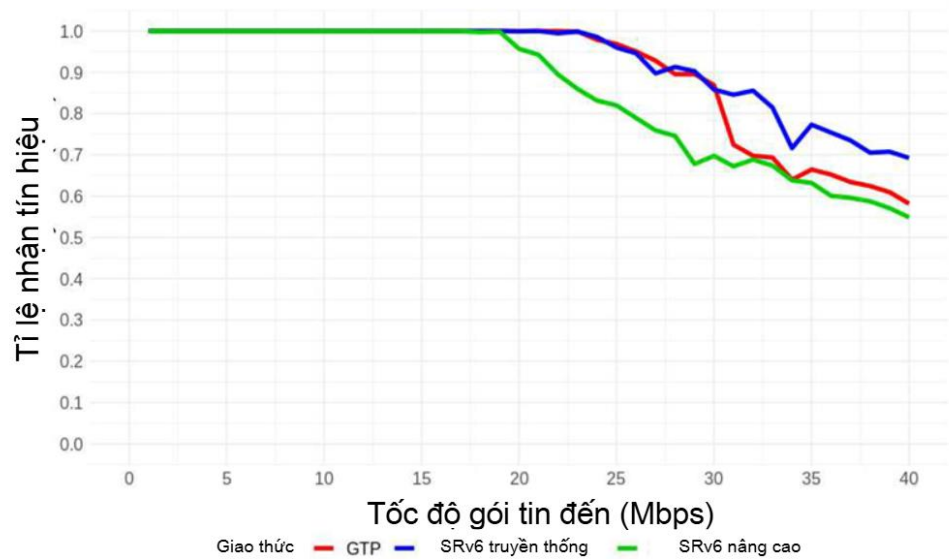
Hình 3.18: Định dạng Đối số hành vi giới hạn tốc độ End.Limit

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

Kỹ thuật phân tách mạng theo lát cắt (network slicing) cho phép các nhà khai thác mạng có thể tạo và quản lý các phiên bản ảo của các mạng di động mà được điều chỉnh cho một dịch vụ cụ thể. Nhờ đó mà họ có thể tối đa hóa tính linh hoạt trong khi tăng khả năng sử dụng tài nguyên tổng thể. Tuy nhiên, giao thức đường hầm được sử dụng hiện nay, ví dụ như GTP-U, có thể không phải là lựa chọn phù hợp nhất cho các tình huống được dự tính do nó không nhận biết được mạng lớp dưới.

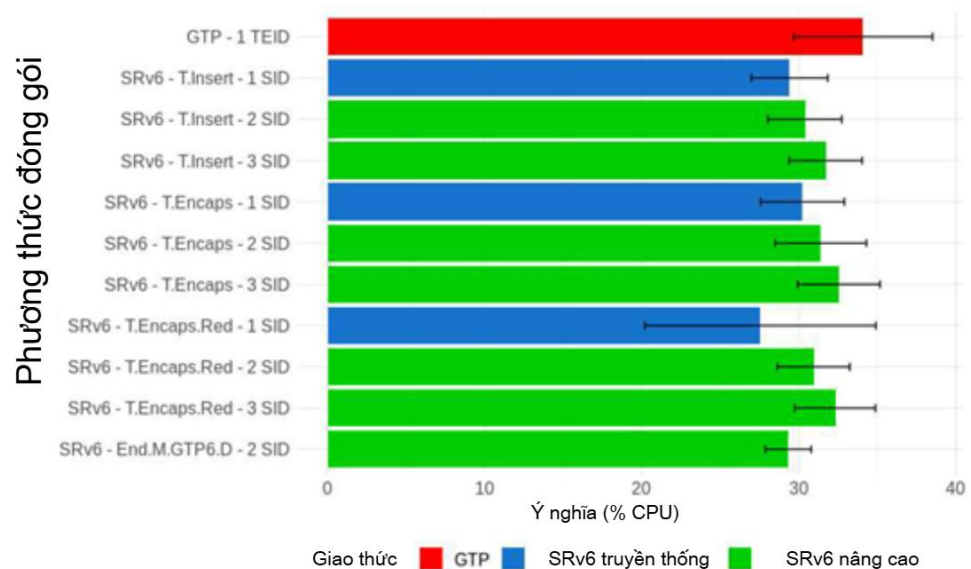
Trong [22], nhóm tác giả đã trình bày một thử nghiệm để so sánh hiệu năng giữa GTP và SRv6 bằng Vagrant box (sử dụng VirtualBox để ảo hóa). Thử nghiệm sẽ so sánh hiệu suất truyền dữ liệu đường lên với kịch bản nhiều lát cắt mạng lần lượt với các giao

thức GTP (đường màu cam) và SRv6 (chế độ truyền thống – đường màu xanh, chế độ nâng cao – đường màu lục)



Hình 3.19: So sánh hiệu suất giữa GTP và SRv6

Kết quả trong Hình 3.19 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 3.20: So sánh sử dụng tài nguyên giữa GTP và SRv6

Kết quả trong Hình 3.20 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

đổi 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.

Trong [21], 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.

Những kết quả thử nghiệm trên sẽ là cơ sở khi xem xét khả năng cùng tồn tại của GTP-U với SRv6 và các phương pháp chuyển đổi SRv6 trong triển khai mạng 5G.

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: SRv6 có thể mang lại hiệu suất cao hơn so với GTP-U, đặc biệt là trong trường hợp có nhiều luồng dữ liệu. Nhiều nghiên cứu và thử nghiệm đã chứng minh cho nhận định này. Chẳng hạn, một nghiên cứu của Cisco đã chỉ ra rằng SRv6 có thể giảm độ trễ lên đến 50% và tăng thông lượng lên đến 30% so với GTP-U trong các tình huống mạng cụ thể. Tương tự, các thử nghiệm của Nokia cũng cho thấy SRv6 vượt trội hơn về khả năng mở rộng và hiệu quả sử dụng tài nguyên mạng. Tuy nhiên hiệu suất thực tế có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như cấu hình, quy mô, phần cứng và lưu lượng truy cập tại từng thời điểm. Do đó, cần phải đánh giá kỹ lưỡng hiệu suất của SRv6 trong môi trường mạng 5G cụ thể trước khi triển khai.

- Khả năng tương thích: SRv6 là một giao thức mới và chưa được triển khai rộng rãi như GTP-U. Hiện tại, số lượng nhà cung cấp thiết bị mạng hỗ trợ SRv6 vẫn còn hạn chế so với GTP-U. Điều này có thể thấy rõ qua các danh mục sản phẩm của các nhà cung cấp lớn như Cisco, Huawei, Ericsson, Nokia, Juniper,... Mặc dù đã có một số nhà mạng thử nghiệm và triển khai SRv6 trên một phần mạng lưới của mình, nhưng số lượng mạng lưới triển khai SRv6 trên toàn cầu vẫn còn rất nhỏ so với GTP-U. Theo một khảo sát của Heavy Reading vào năm 2022, chỉ có khoảng 10% nhà mạng có kế hoạch triển khai SRv6 trong vòng 2 năm tới. Các tài liệu kỹ thuật, hướng dẫn triển khai và cộng đồng hỗ trợ cho SRv6 vẫn chưa phát triển mạnh mẽ như GTP-U. Điều này có thể gây khó khăn cho các nhà mạng trong việc tìm hiểu, đánh giá và triển khai SRv6. Do đó cần bảo đảm các thiết bị mạng và phần mềm hỗ trợ SRv6 trước khi triển khai. Việc chuyển đổi từ sử dụng GTP-U sang SRv6 cần xây dựng kế hoạch, quy trình và thủ tục thực hiện chi tiết để giảm thiểu tối đa việc gián đoạn dịch vụ.

- Bảo mật: SRv6 cần được triển khai với các biện pháp bảo mật phù hợp để bảo vệ mạng khỏi các mối đe dọa an ninh mạng. Cần sử dụng các phương thức xác thực và ủy quyền mạnh mẽ để đảm bảo chỉ những người dùng và thiết bị được ủy quyền mới có thể truy cập mạng.

- Quản lý: SRv6 cần được quản lý cẩn thận để đảm bảo hiệu suất và độ tin cậy của mạng. Cần có các công cụ quản lý phù hợp để giám sát hiệu suất mạng, xác định sự cố và thực hiện các thay đổi cấu hình. Mạng 5G sử dụng địa chỉ IPv6, cần quản lý địa chỉ IPv6 hiệu quả để tránh lãng phí và đảm bảo khả năng mở rộng. Cần cân nhắc số lượng SID cần thiết cho mạng 5G, đảm bảo đủ để đáp ứng nhu cầu định tuyến và phân đoạn mạng, nhưng không quá lớn gây ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý của thiết bị mạng.

- Khả năng mở rộng: Mạng 5G yêu cầu khả năng mở rộng cao để đáp ứng số lượng thiết bị và lưu lượng dữ liệu khổng lồ. Theo dự báo của Ericsson, đến năm 2027, sẽ có khoảng 4,4 tỷ thiết bị 5G được kết nối trên toàn cầu, tăng gấp nhiều lần so với con số hiện tại. Điều này bao gồm không chỉ điện thoại thông minh mà còn các thiết bị IoT (Internet of Things) như cảm biến, xe tự lái, thiết bị gia đình thông minh,... Theo Cisco Annual Internet Report (2018-2023), lưu lượng dữ liệu di động toàn cầu dự kiến sẽ tăng gấp 5 lần từ năm 2019 đến năm 2023. Mạng 5G sẽ đóng góp đáng kể vào sự tăng trưởng này, với các ứng dụng như video độ phân giải cao, thực tế ảo (VR), thực tế tăng cường

(AR) và các dịch vụ đòi hỏi băng thông cao khác. Cần đảm bảo kiến trúc SRv6 được thiết kế để mở rộng linh hoạt và đáp ứng nhu cầu tăng trưởng trong tương lai.

- Tiêu chuẩn hóa: SRv6 là một công nghệ mạng tương đối mới, được giới thiệu lần đầu vào năm 2015 và vẫn đang trong quá trình phát triển và hoàn thiện. Các tổ chức tiêu chuẩn như IETF (Internet Engineering Task Force) vẫn đang tích cực làm việc để hoàn thiện các tiêu chuẩn liên quan đến SRv6. Ví dụ, các bản nháp (draft) về SRv6 được cập nhật thường xuyên, với những thay đổi về các tính năng, cơ chế hoạt động và khả năng tương tác. Các tính năng mới của SRv6, như SRv6 Mobile User Plane (SRv6-MUP) để hỗ trợ di động tốt hơn, vẫn đang được nghiên cứu và phát triển. Điều này cho thấy SRv6 vẫn đang trong quá trình mở rộng và hoàn thiện. Cần theo dõi các thay đổi tiêu chuẩn và cập nhật mạng khi cần thiết.

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: Xác định những trường hợp sử dụng cụ thể mà SRv6 có thể mang lại lợi ích, chẳng hạn như chia lớp mạng, hỗ trợ mạng di động (mobility) hoặc quản lý lưu lượng truy cập. Đánh giá kỹ lưỡng các yêu cầu về hiệu suất, khả năng tương thích, bảo mật và quản lý cho từng trường hợp sử dụng. Đánh giá kỹ lưỡng cấu trúc mạng hiện tại bao gồm các thiết bị, giao thức định tuyến và tính tương thích SRv6 để từ đó xác định mục tiêu của triển khai SRv6 như đơn giản hóa vận hành, tối ưu lưu lượng hoặc cung cấp dịch vụ mạng mới.

- Lựa chọn giải pháp SRv6 cho phù hợp: Có nhiều giải pháp SRv6 khác nhau có sẵn, mỗi giải pháp có những ưu điểm và nhược điểm riêng. Cần lựa chọn giải pháp phù hợp với nhu cầu và yêu cầu cụ thể của mạng 5G trên cơ sở tham khảo ý kiến, kinh nghiệm của các chuyên gia, các đơn vị viễn thông đã triển khai trước đó. Thiết kế kiến trúc mạng SRv6 phù hợp với mục tiêu và trường hợp sử dụng đã xác định. Cần nhắc các yếu tố như phân bổ địa chỉ, thiết lập đường dẫn SRv6, và tích hợp với các giao thức định tuyến khác.

- Triển khai thử nghiệm trước khi đưa vào chính thức: Bắt đầu bằng việc triển khai SRv6 trong môi trường thử nghiệm để đánh giá hiệu suất và độ tin cậy bằng cách Sử dụng các công cụ giám sát để theo dõi lưu lượng, độ trễ, và các chỉ số hiệu suất khác.. Sau khi xác nhận SRv6 hoạt động tốt mới triển khai dần sang các phần khác của mạng, qua đó giảm thiểu rủi ro và cho phép khắc phục sự cố dễ dàng hơn.

- Đào tạo: Cần có các chương trình đào tạo phù hợp cho nhân viên và nhà quản trị mạng để có thể hiểu và triển khai SRv6 một cách hiệu quả.

- Chi phí: Cần nhắc chi phí đầu tư cho thiết bị, phần mềm và các hạng mục khi triển khai SRv6 để cân bằng giữa yếu tố đầu tư chuyển đổi công nghệ cho mạng và chi phí vận hành mạng.

- Duy trì công tác quản lý theo dõi: SRv6 vẫn đang được phát triển và các tiêu chuẩn vẫn đang được tiếp tục hoàn thiện. Do vậy cần theo dõi các thay đổi về tiêu chuẩn để cập nhật khi cần thiết cho mạng cũng như đưa ra những đóng góp, đề xuất hiệu chỉnh để góp phần phát triển SRv6.

- Hợp tác với các nhà cung cấp: Hợp tác với các nhà cung cấp thiết bị mạng, phần mềm và dịch vụ để đảm bảo triển khai SRv6 thành công. Tham gia các diễn đàn và cộng đồng SRv6 để chia sẻ kinh nghiệm và học hỏi từ những đơn vị viễn thông khác.

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.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bradner, S. "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels" BCP 14, RFC 2119 DOI 10.17487/RFC2119
- [2] Leiba, B. "Ambiguity of Uppercase vs Lowercase in RFC 2119 Key Words" BCP 14 RFC 8174 DOI 10.17487/RFC8174, May 2017
- [3] Filsfils, C., Ed. Previdi, S., Ed. Ginsberg, L. Decraene, B. Litkowski, S. R. Shakir "Segment Routing Architecture" RFC 8402 DOI 10.17487/RFC8402, July 2018
- [4] Filsfils, C., Ed. Dukes, D., Ed. Previdi, S. Leddy, J. Matsushima, S. D. Voyer "IPv6 Segment Routing Header (SRH)" RFC 8754 DOI 10.17487/RFC8754, March 2020
- [5] Filsfils, C., Ed. Camarillo, P., Ed. Leddy, J. Voyer, D. Matsushima, S. Z. Li "Segment Routing over IPv6 (SRv6) Network Programming" RFC 8986 DOI 10.17487/RFC8986, February 2021
- [6] Filsfils, C. Talaulikar, K., Ed. Voyer, D. Bogdanov, A. P. Mattes "Segment Routing Policy Architecture" RFC 9256 DOI 10.17487/RFC9256, July 2022
- [7] 3GPP "System architecture for the 5G System (5GS)" Version 17.9.0 3GPP TS 23.501, June 2023
- [8] Gundavelli, S. Liebsch, M. S. Matsushima "Mobility-aware Floating Anchor (MFA)" Work in Progress Internet-Draft, draft-gundavelli-dmm-mfa-01, 19 September 2018
- [9] Matsushima, S. Horiba, K. Khan, A. Kawakami, Y. Murakami, T. Patel, K.Kohno, M. Kamata, T. Camarillo, P. Horn, J. Voyer, D. Zadok, S. Meilik, I.Agrawal, A. K. Perumal "Mobile User Plane Architecture using Segment Routing for Distributed Mobility Management" Work in Progress Internet-Draft, draft-mhkk-dmm-srv6mup-architecture-05, 13 March 2023
- [10] Ali, Z. Filsfils, C. Camarillo, P. Voyer, D. Matsushima, S. Rokui, R.

- Dhamija, A. P. Maheshwari "Building blocks for Network Slice Realization in Segment Routing Network" Work in Progress Internet-Draft, draft-ali-teas-spring-ns-building-blocks-03, 7 September 2022
- [11] Filsfils, C., Ed. Previdi, S. Dawra, G., Ed. Aries, E. D. Afanasiev "Segment Routing Centralized BGP Egress Peer Engineering" RFC 9087 DOI 10.17487/RFC9087, August 2021
- [12] Psenak, P., Ed. Hegde, S. Filsfils, C. Talaulikar, K. A. Gulko "IGP Flexible Algorithm" RFC 9350 DOI 10.17487/RFC9350, February 2023
- [13] Clad, F., Ed. Xu, X., Ed. Filsfils, C. Bernier, D. Li, C. Decraene, B. Ma, S. Yadlapalli, C. Henderickx, W. S. Salsano "Service Programming with Segment Routing" Work in Progress Internet-Draft, draft-ietf-spring-sr-service-programming-07, 15 February 2023
- [14] Matsushima, S. Filsfils, C. Ali, Z. Li, Z. Rajaraman, K. A. Dhamija "SRv6 Implementation and Deployment Status" Work in Progress Internet-Draft, draft-matsushima-spring-srv6-deployment-status-15, 5 April 2022
- [15] Kohno, M. Clad, F. Camarillo, P. Z. Ali "Architecture Discussion on SRv6 Mobile User plane" Work in Progress Internet-Draft, draft-kohno-dmm-srv6mob-arch-06, 9 March 2023
- [16] Camarillo, P., Ed. Filsfils, C. Elmalky, H., Ed. Matsushima, S. Voyer, D. Cui, A. B. Peirens "SRv6 Mobility Use-Cases" Work in Progress Internet-Draft, draft-camarilloelmalky-springdmm-srv6-mob-usecases-02, 15 August 2019
- [17] Cheng, W., Ed. Filsfils, C. Li, Z. Decraene, B. F. Clad, Ed. "Compressed SRv6 Segment List Encoding in SRH" Work in Progress Internet-Draft, draft-ietf-spring-srv6-srh-compression-05, 20 June 2023
- [18] Murakami, T. Matsushima, S. Ebisawa, K. Camarillo, P. R. Shekhar "User Plane Message Encoding" Work in Progress Internet-Draft, draft-murakami-dmm-user-plane-message-encoding-05, 5 March 2022
- [19] 3GPP "General Packet Radio System (GPRS) Tunnelling Protocol User Plane (GTPv1-U)" Version 17.4.0 3GPP TS 29.281, September 2022

- [20] 3GPP "PDU session user plane protocol" Version 17.0.0 3GPP TS 38.415, April 2022
- [21] Lee, Chunghan, et al. "Performance evaluation of gtp-u and srv6 stateless translation." 2019 15th International Conference on Network and Service Management (CNSM). IEEE, 2019.
- [22] Gramaglia, Marco, et al. "Experimenting with SRv6: a Tunneling Protocol supporting Network Slicing in 5G and beyond." 2020 IEEE 25th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD). IEEE, 2020.