

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



KIỀU HOÀNG ANH

**NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG GIAO THỨC ERPS VÀO VIỆC
BẢO ĐẢM TÍNH TIN CẬY CỦA MẠNG TRUY NHẬP ETHERNET
THUỘC TẬP ĐOÀN BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG VIỆT NAM TẠI
TỈNH THANH HÓA**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI-2021

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



KIỀU HOÀNG ANH

**NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG GIAO THỨC ERPS VÀO VIỆC
BẢO ĐẢM TÍNH TIN CẬY CỦA MẠNG TRUY NHẬP ETHERNET
THUỘC TẬP ĐOÀN BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG VIỆT NAM TẠI
TỈNH THANH HÓA**

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT VIỄN THÔNG
MÃ SỐ: 8.52.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT
(Theo định hướng ứng dụng)

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. NGÔ ĐỨC THIỆN

HÀ NỘI-2021

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan số liệu và kết quả nghiên cứu trong luận văn thạc sĩ “Nghiên cứu và ứng dụng giao thức ERPS vào việc đảm bảo tính tin cậy của mạng truy nhập Ethernet thuộc Tập đoàn bưu chính viễn thông Việt Nam tại Tỉnh Thanh Hóa” là trung thực và không có bất kỳ sự sao chép hay sử dụng để bảo vệ một học vị nào. Tất cả những sự giúp đỡ cho việc xây dựng cơ sở lý luận cho bài luận đều được trích dẫn đầy đủ và ghi rõ nguồn gốc rõ ràng và được phép công bố.

Hà Nội, ngày 28 tháng 01 năm 2021

Học viên thực hiện

Kiều Hoàng Anh

LỜI CẢM ƠN

Sau thời gian học tập và nghiên cứu tại Học viện Công nghệ Bru chính Viện Thông, học viên xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Lãnh đạo Học viện, các Thầy Cô của Khoa Đào tạo sau đại học và Khoa Viện Thông 1 đã nhiệt tình hướng dẫn, giảng dạy, tạo mọi điều kiện giúp đỡ học viên trong quá trình học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận văn này.

Đặc biệt học viên xin bày tỏ sự biết ơn sâu sắc tới Thầy hướng dẫn, TS. Ngô Đức Thiện đã tận tình giúp đỡ, chỉ bảo trong suốt quá trình thực hiện luận văn.

Trân trọng!

Hà Nội, tháng 01 năm 2021

Kiều Hoàng Anh

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT	v
DANH SÁCH BẢNG	xii
DANH SÁCH HÌNH VẼ	xiii
MỞ ĐẦU	14
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ERPS	18
1.1. Giới thiệu chương:	18
1.2. Mạng truy nhập Ethernet của VNPT:	18
1.2.1. Khái niệm mạng truy nhập Ethernet	18
1.2.2. Công nghệ trong mạng truy nhập Ethernet	20
1.3. Giao thức ERPS	22
1.4. Kết luận chương	24
CHƯƠNG 2: NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ERPS	26
2.1. Giới thiệu chương	26
2.2.1. Cấu trúc liên kết dạng vòng Ethernet	26
2.2.2. Kênh R-APS và nút mạng trong liên kết vòng	27
2.2.3. Định dạng khung của bản tin R-APS	29
2.2.4. Các yêu cầu về chuyển mạch bảo vệ	31
2.2.5. Phát hiện kết nối không thành công	31
2.2.6. Mẫu kịch bản bảo vệ chuyển mạch và phục hồi	34
2.3. Cấu hình, đo kiểm một hệ thống mẫu	39
2.3.1. Thông tin thiết bị	39

2.3.2. Cấu hình thử nghiệm.....	41
2.3.3 Kết quả thử nghiệm.....	46
2.3.4. Kết luận thử nghiệm.....	52
2.4. Kết luận chương.....	53
CHƯƠNG 3: ỨNG DỤNG ERPS VÀO MẠNG TRUY NHẬP ETHERNET TẠI VIỄN THÔNG TỈNH THANH HÓA	54
3.1. Giới thiệu chương	54
3.2. Mạng truy nhập Ethernet Viễn Thông Tỉnh Thanh Hóa.....	54
3.3. Các mô hình đề xuất thử nghiệm	58
3.3.1. Mô hình Ring ERPS có một đường uplink lên Router	59
3.3.2. Mô hình Ring ERPS có hai đường Uplink lên cùng một Router	59
3.3.3. Mô hình Ring ERPS có hai đường Uplink lên hai Router	60
3.4. Theo dõi, đánh giá hiệu năng hệ thống trước và sau khi áp dụng ERPS.....	67
3.5. Kết luận chương.....	69
KẾT LUẬN.....	70
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	71

DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
100GbE	100 Gigabit Ethernet	Công nghệ để truyền khung Ethernet với tốc độ 100 gigabit/giây
10GbE	10 Gigabit Ethernet	Công nghệ để truyền khung Ethernet với tốc độ 10 gigabit/giây
1GbE	1 Gigabit Ethernet	Công nghệ để truyền khung Ethernet với tốc độ 1 gigabit/giây
2G	Second-generation cellular network	Mạng di động thế hệ thứ hai
3G	The third generation of wireless mobile telecommunications technology	Thế hệ thứ ba của công nghệ viễn thông di động không dây
4G	The fourth generation of broadband cellular network technology	Thế hệ thứ tư của công nghệ mạng di động băng thông rộng
5G	The fifth generation technology standard for broadband cellular networks	Tiêu chuẩn công nghệ thế hệ thứ năm cho các mạng di động băng rộng
AGG	Aggregation	Gom, tập hợp
AON	Active Optical Network	Mạng quang dựa vào thiết bị mạng được cấp điện để phân phối tín hiệu
APS	Automatic protection switching	Chuyển mạch bảo vệ Tự động
ARPS	Automatic ring protection	Vòng chuyển mạch bảo vệ tự

	switching	động
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Chế độ truyền không đồng bộ
BSC	Base station controller	Bộ điều khiển trạm gốc
BTS	Base transceiver station	Trạm thu phát gốc
BW	Bandwidth	Băng thông
CAPEX	Capital Expenditure	Chi phí đầu tư
CCM	Continuity check message	Thông báo kiểm tra liên tục
DNF	Do Not Flush	Không được xả (Ở đây nghĩa là không xả lưu lượng)
DSLAM	Digital subscriber line access multiplexer	Bộ ghép kênh truy cập đường dây thuê bao kỹ thuật số
DWDM	Dense wavelength division multiplexing	Ghép kênh phân chia theo bước sóng dày đặc
E-LAN	Ethernet Virtual Private LAN	một dịch vụ đa điểm kết nối một tập hợp các điểm cuối của khách hàng
E-LINE	Ethernet Virtual Private Line	dịch vụ kết nối hai cổng Ethernet của khách hàng qua mạng WAN
End TLV	End Type, Length and Value	Kết thúc trường độ dài, giá trị, thể loại.
eNodeB	E-UTRAN Node B (or Evolved Node B)	Phần tử trong mạng di động thế hệ thứ 4, (sự phát triển của phần tử NodeB)
ERP	Ethernet ring protection	Vòng bảo vệ Ethernet
ERP control	Ethernet ring protection control	Bộ điều khiển vòng bảo vệ Ethernet
ERPS	Ethernet ring protection switching	Chuyển mạch bảo vệ vòng

		Ethernet
ETH-CC	Ethernet - continuity check	Thông báo kiểm tra liên tục trong Ethernet
E-TREE	Ethernet Virtual Private Tree	một dịch vụ đa điểm kết nối một hoặc nhiều gốc
FDB	Forwarding database	Cơ sở dữ liệu chuyển tiếp
FTTH	Fiber to the home	Dịch vụ kết cuối quang tại nhà
Gpon	Gigabit-capable Passive Optical Network	Mạng quang thụ động có tốc độ gigabit
GVRP	GARP (Generic Attribute Registration Protocol)VLAN Registration Protocol	Giao thức Đăng ký Thuộc tính Chung Vlan
IDC	Internet data center	Trung tâm dữ liệu Internet
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Viện Kỹ sư Điện và Điện tử
IP	Internet protocol	Giao thức Internet
IPTV	Internet Protocol television	Truyền hình qua giao thức internet
IS-IS	Intermediate System to Intermediate System	Giao thức định tuyến IS-IS
ISP	Internet service provider	Nhà cung cấp dịch vụ Internet
ITU-T	International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector	Liên minh Viễn thông Quốc tế Lĩnh vực Tiêu chuẩn hóa Viễn thông
L2	Layer 2	Lớp 2 (lớp liên kết dữ liệu)
LACP	Link Aggregation Control Protocol	Giao thức kiểm soát tập hợp liên kết
LAN	Local area network	Mạng cục bộ

local clear SF	Local clear signal failure	Xóa thông báo tín hiệu lỗi cục bộ
local SF	Local signal failure	Thông báo tín hiệu lỗi cục bộ
LTE	Long-Term Evolution	Là 1 tiêu chuẩn cho giao tiếp băng thông rộng không dây
MAC	Media access control address	địa chỉ điều khiển truy cập phương tiện truyền thông
MAN	Metropolitan area network	Mạng đô thị
MAN-E	Metropolitan area network-ethernet	Mạng đô thị dùng Ethernet
MEF	Metro Ethernet forum	Diễn đàn Metro Ethernet
MEG	Maintenance Entity Group	Nhóm bảo trì
MEL	Maintenance Entity group Level	Mạng đô thị dùng Ethernet
MEN	Metro Ethernet network	Mạng đô thị dùng Ethernet
MEP	Maintenance entity group End Point	Điểm kết thúc của nhóm bảo trì
MPLS	Multiprotocol Label Switching	Chuyển mạch nhãn đa giao thức
MPLS-TP	Multiprotocol Label Switching - Transport Profile	Chuyển mạch nhãn đa giao thức - Hồ sơ truyền tải
MSTP	Multiple Spanning tree	Giao thức chuyển mạch cho nhiều mô hình dạng cây trong mạng Ethernet
MyTV	My Television	Dịch vụ truyền hình qua internet của VNPT
NodeB	NodeB	Nút B là nút viễn thông trong các mạng thông tin di động cụ thể là UMTS

OAM	Operation, Administration and Maintenance	Vận hành, quản trị và quản lý hoặc vận hành, quản trị và bảo trì
OLT	Optical line termination	Thiết bị đầu cuối đường dây quang.
OPEX	Operating Expenditure	chi phí hoạt động
PDU	Protocol Data Unit	Giao thức đơn vị dữ liệu
PON	Passive optical network	Mạng quang thụ động
PVRSTP	Per-Vlan Rapid spanning tree protocol	RSPT cho vlan
PVSTP	Per-Vlan spanning tree protocol	STP cho vlan
QinQ	Q-in-Q(stacked Vlan)	Vlan xếp chồng
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
R-APS	Ring-Automatic protection switching	Vòng-Chuyển mạch bảo vệ tự động
R-APS(NR)	Ring-Automatic protection switching (No-request)	Bản tin thông báo không yêu cầu
R-APS(NR,RB)	Ring-Automatic protection switching (No-request, RPL Blocked)	Bản tin thông báo không yêu cầu và RPL đã bị chặn
RB	RPL blocked (Ring protection link blocked)	Liên kết bảo vệ vòng đã bị chặn
RNC	Radio Network Controller	Bộ điều khiển mạng vô tuyến
RPL	Ring Protection Link	Liên kết bảo vệ vòng
RPL-Owner	Ring Protection Link-Owner	Chủ sở hữu liên kết bảo vệ vòng
RSTP	Rapid Spanning Tree	Giao thức chuyển mạch nhanh hơn cho mạng Ethernet (mô hình mạng dạng cây, chuyển

mạch nhanh hơn STP

SDH	Synchronous digital hierarchy	Mạng đồng bộ phân cấp kỹ thuật số
SDH/SONET	Synchronous digital hierarchy /Synchronous optical networking	Mạng đồng bộ phân cấp kỹ thuật số/ Mạng quang đồng bộ
STP	Spanning tree	Giao thức chuyển mạch cho mạng Ethernet mô hình mạng dạng cây
TDM	Time-division multiplexing	Ghép kênh phân chia theo thời gian
TDM over IP	Time-division multiplexing over Internet protocol	Tín hiệu Ghép kênh phân chia theo thời gian truyền qua mạng internet
TLV offset	Type, Length and Value offset	Phần bù của trường TLV
Topo	Topology	cấu trúc liên kết
TTL	Time to live	Thời gian tồn tại của dữ liệu trong mạng máy tính
VID	Vlan identify	Mã định danh vlan
Vinaphone	Vinaphone	Đơn vị thành viên của Tập đoàn Bưu chính Viễn thông Việt Nam
VLAN	Virtual LAN	Mạng Lan ảo
VNPT	Vietnam Posts and Telecommunications Group	Tập đoàn Bưu chính Viễn thông Việt Nam
VoD	Video on Demand	Video theo yêu cầu
VPLS	Virtual Private LAN Service	Dịch vụ mạng LAN riêng ảo

VRRP	Virtual Router Redundancy Protocol	Giao thức dự phòng bộ định tuyến ảo
WTR	Wait to restore	Bộ định thời gian chờ để khôi phục
WTR Expires	Wait to restore expires	Bộ định thời gian chờ để khôi phục hết hạn
WTR Running	Wait to restore running	Bộ định thời gian chờ để khôi phục đang được kích hoạt

DANH SÁCH BẢNG

Bảng 2.1: Các yêu cầu chuyển mạch bảo vệ	30
Bảng 2.2: Các trạng thái nút mạng	38
Bảng 2.3: Thông tin phiên bản và hệ thống Switch V2224G-OP	41
Bảng 2.4: Cấu hình thử nghiệm ERPS của Switch V2224G-OP	42
Bảng 2.5: Ý nghĩa các câu lệnh cấu hình ERPS của Switch V2224G-OP	44
Bảng 2.6: Kết quả thử nghiệm ERPS của switch V2224G-OP	53
Bảng 3.1 Thống kê nhu cầu băng thông của mô hình thử nghiệm	62
Bảng 3.2: Thông tin cấu hình ERPS của mô hình thử nghiệm	64
Bảng 3.3: Cấu hình ERPS trên các switch của mô hình thử nghiệm	65
Bảng 3.4: Bảng so sánh các chỉ tiêu trước và sau khi áp dụng ERPS của mô hình thử nghiệm tại VNPT Thanh Hóa	68

DANH SÁCH HÌNH VẼ

Hình 1.1: Mạng truy nhập Ethernet của VNPT	18
Hình 1.2: Công nghệ truyền tải trong mạng truy nhập Ethernet.....	20
Hình 1.3: Cấu trúc liên vòng cơ bản của ERPS	23
Hình 1.4: Các cột mốc trong quá trình hình thành khuyến nghị ERPS (G.8032)....	24
Hình 2.1: Các cấu trúc liên kết vòng có thể áp dụng;	27
Hình 2.2: Cấu trúc một nút mạng và kênh R-APS.....	28
Hình 2.3: Định dạng R-APS PDU	29
Hình 2.4: Sơ đồ nguyên lý của một nút mạng ERPS	34
Hình 2.5: Sơ đồ mặt trước thiết bị Switch V2224G-OP	40
Hình 2.6: Sơ đồ mặt sau thiết bị Switch V2224G-OP	40
Hình 2.7: Mô hình kết nối thử nghiệm sử dụng Switch V2224G-OP	41
Hình 3.1: Mô hình mạng truy nhập Ethernet của VNPT Tỉnh Thanh Hóa.....	56
Hình 3.2: Mô hình phân cấp mạng truy nhập Ethernet của VNPT Tỉnh Thanh Hóa	58
Hình 3.3: Mô hình thử nghiệm Ring ERPS có một đường uplink lên Router	59
Hình 3.4: Mô hình thử nghiệm Ring ERPS có hai đường uplink lên một Router	59
Hình 3.5: Mô hình thử nghiệm Ring ERPS có hai đường uplink lên hai Router	60
Hình 3.6: Mô hình kết nối hiện trạng tại vị trí thí điểm ERPS	62
Hình 3.7: Mô hình kết nối thử nghiệm ERPS tại VNPT Tỉnh Thanh Hóa	67

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trước sự bùng nổ về nhu cầu sử dụng Internet và sự gia tăng các loại hình dịch vụ phức tạp yêu cầu Internet tốc độ cao và đặc biệt là các loại dịch vụ di động LTE 4G/3G/2G và tiến tới là 5G yêu cầu độ ổn định và độ trễ thấp. Vấn đề đảm bảo chất lượng dịch vụ đang trở nên quan trọng hơn bao giờ hết. Việc đảm bảo chất lượng dịch vụ mạng trở nên thiết yếu đối với cả người sử dụng và nhà cung cấp dịch vụ.

Tính tin cậy của đường truyền là một trong những yếu tố quan trọng của chất lượng dịch vụ cần phải quan tâm khi sử dụng Ethernet để cung cấp các dịch vụ trên trong hệ thống mạng viễn thông. Giao thức kinh điển quản lý vòng chuyển mạch là STP (spanning – tree protocol) đã được đề xuất cùng với kỹ thuật ghép đường (link aggregation). Cơ chế này sử dụng một đường truyền dự phòng để bảo vệ. Khi đường truyền chính có sự cố, hệ thống sẽ chuyển sang sử dụng đường dự phòng, tương tự như cơ chế sử dụng trong các hệ thống SDH và ATM. Tuy nhiên với yêu cầu thời gian chuyển mạch bảo vệ và phục hồi phải đảm bảo tính liên tục của dịch vụ là dưới 50ms thì giao thức STP (spanning – tree protocol) không thể đáp ứng được.

Cùng với đó, cơ chế bảo vệ chuyển mạch dạng vòng ring cho phép tận dụng khả năng của cáp quang theo chuẩn G.8032 của Tiêu chuẩn viễn thông - thuộc Tổ chức Viễn thông quốc tế ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector đã được phát triển và ứng dụng trên thế giới. Giao thức ERPS (Ethernet ring protection switching)- Chuyển mạch bảo vệ vòng Ethernet đáp ứng được khả năng chuyển mạch và hồi phục trong vòng 50ms đảm bảo tính tin cậy trong mạng truy nhập Ethernet phổ biến hiện nay của Tập Đoàn Bưu Chính Viễn Thông Việt Nam – VNPT (Vietnam Posts and Telecommunications Group).

Vì các lý do trên em xin chọn đề tài luận văn tốt nghiệp là "Nghiên cứu và ứng dụng giao thức ERPS vào việc đảm bảo tính tin cậy của mạng truy nhập Ethernet thuộc Tập đoàn bưu chính viễn thông Việt Nam tại Tỉnh Thanh Hóa".

2. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu:

Để đảm bảo chất lượng dịch vụ, ngoài các kỹ thuật quản lý và điều khiển lưu lượng nhằm giảm thiểu tắc nghẽn trên mạng thì trước tiên phải đảm bảo đường truyền giữa các node mạng trong hệ thống của các nhà cung cấp dịch vụ được thông suốt. Có rất nhiều kỹ thuật được áp dụng để bảo vệ đường truyền trong một hệ thống mạng của ISP, ví dụ các giải pháp bảo vệ chuyển mạch quang trong mạng lõi DWDM, các giải pháp định tuyến trong mạng MAN-E như IS-IS, MPLS, VRRP, các giải pháp bảo vệ vòng trong mạng truy nhập như STP, Smart-pair, ERPS, ARPS. Ở Việt Nam cũng đã có các nghiên cứu xây dựng các phương án bảo vệ vòng và áp dụng vào thực tế như các giải pháp dựa trên STP và RSTP, tuy nhiên chưa có giải pháp nào đáp ứng được các yêu cầu khắt khe về thời gian chuyển mạch, hồi phục dưới 50ms như giải pháp ERPS (Ethernet ring protection switching).

Chuyển mạch bảo vệ vòng Ethernet, hoặc ERPS là một nỗ lực của ITU-T theo khuyến nghị G.8032 để cung cấp bảo vệ và phục hồi dưới 50ms cho lưu lượng Ethernet trong cấu trúc liên kết vòng và đồng thời đảm bảo rằng không có vòng lặp hình thành tại các lớp Ethernet. ERPS chỉ định các cơ chế chuyển mạch bảo vệ và giao thức cho các vòng mạng Ethernet. Vòng Ethernet có thể cung cấp kết nối đa điểm trên diện rộng một cách kinh tế hơn do số lượng liên kết giảm. Các cơ chế và giao thức được xác định trong khuyến nghị này đạt được sự bảo vệ ổn định và đáng tin cậy cao; và không bao giờ hình thành các vòng lặp, điều này sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến hoạt động mạng và tính sẵn có của dịch vụ.

Việc tìm hiểu và áp dụng giải pháp ERPS để bảo vệ vòng trong mạng truy nhập Ethernet của một Viễn thông tỉnh trực thuộc VNPT là một hướng nghiên cứu

góp phần vào quá trình đảm bảo chất lượng dịch vụ của ngành viễn thông Việt Nam nói chung.

3. Mục đích nghiên cứu:

Mục đích của luận văn đó là tìm hiểu về giao thức ERPS, nguyên lý hoạt động của giao thức ERPS. Từ đó có thể áp dụng vào mạng truy nhập thực tế của nhà cung cấp dịch vụ hàng đầu Việt Nam là VNPT. Nhằm đảm bảo đường truyền luôn được thông suốt trong mạng truy nhập đến các thuê bao đầu cuối của các dịch vụ internet, iptv, voip, các dịch vụ di động như 2G/3G/4G yêu cầu về thời gian chuyển mạch dưới 50ms cũng như các kênh thuê riêng, đường truyền số liệu và các dịch vụ giá trị gia tăng khác. Việc áp dụng vào thực tế sẽ được thực hiện tại một Viễn Thông Tỉnh/Thành Phố trực thuộc VNPT để đánh giá khả năng chuyển mạch bảo vệ, phục hồi đảm bảo tính tin cậy của đường truyền góp phần nâng cao chất lượng dịch vụ

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:

- + Đối tượng nghiên cứu: Mạng truy nhập Ethernet tại Viễn Thông Tỉnh Thanh Hóa trực thuộc Tập Đoàn Bưu Chính Viễn Thông Việt Nam (VNPT)
- + Phạm vi nghiên cứu: Giao thức ERPS theo chuẩn G8032 của ITU-T, thiết bị switch access đáp ứng được giao thức ERPS và khả năng áp dụng vào mạng truy nhập Viễn Thông Tỉnh Thanh Hóa trực thuộc VNPT.

5. Phương pháp nghiên cứu:

Phương pháp nghiên cứu của đề tài là phương pháp nghiên cứu thực tiễn. Tập trung khảo sát, tìm hiểu quy mô, tính chất và những tồn tại của mạng truy nhập Ethernet tại một Viễn Thông Tỉnh Thanh Hóa trực thuộc Tập Đoàn Bưu Chính Viễn Thông Việt Nam. Từ đó tìm kiếm, thử nghiệm các thiết bị switch hỗ trợ giao thức ERPS để tiến hành đo kiểm, phân tích và đánh giá hiệu năng mà tập trung chủ yếu ở đây là khả năng đảm bảo tính tin cậy của đường truyền dựa trên 2 yếu tố chuyển mạch bảo vệ và phục hồi dưới 50ms của hệ thống.

6. Cấu trúc luận văn

- Chương 1: Tổng quan về ERPS
- Chương 2: Nguyên lý hoạt động của ERPS

- Chương 3: Ứng dụng ERPS vào mạng truy nhập ethernet tại viễn thông tỉnh thanh hóa
- Kết luận và kiến nghị hướng phát triển

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ERPS

1.1. Giới thiệu chương:

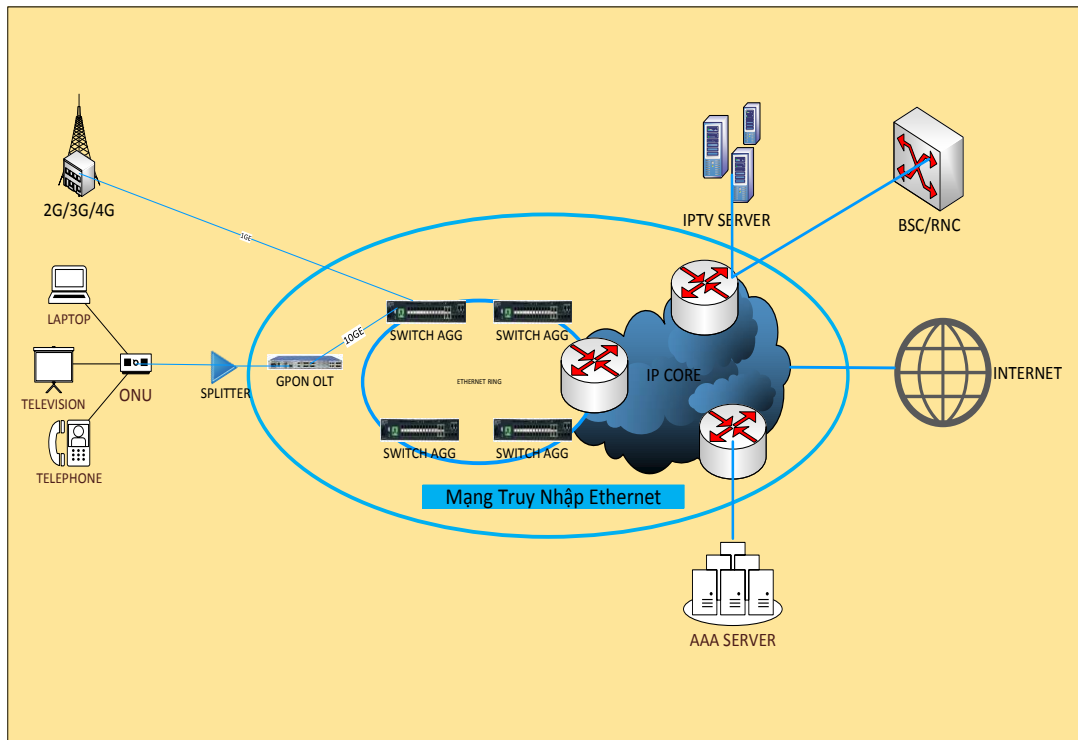
Giới thiệu tổng quan mạng truy nhập Ethernet của VNPT và các khái niệm về giao thức ERPS cũng như các yêu cầu thời gian chuyển mạch của các dịch vụ trong mạng truy nhập VNPT.

1.2. Mạng truy nhập Ethernet của VNPT:

1.2.1. Khái niệm mạng truy nhập Ethernet

Mạng truy nhập Ethernet của VNPT là một mạng kết nối các router và switch dựa trên chuẩn Ethernet. Trong đó các bộ router và switch kết nối thông qua cáp quang. Mô hình kết nối có thể là ring, hình sao(star), hình cây. Một mạng truy nhập Ethernet thường bao phủ một đô thị, nó có bản chất là một mạng truyền tải Ethernet hỗ trợ các kết nối điểm điểm kết nối đa điểm. trên môi trường mạng đô thị MAN(metropolitan area network).

Vì vậy mạng truy nhập Ethernet thường được viết tắt là MEN hay MAN-E.



Hình 1.1: Mạng truy nhập Ethernet của VNPT

Một mạng truy nhập Ethernet của VNPT cung cấp các dịch vụ đặc trưng là tập hợp của Layer 2 hoặc Layer 3. Mạng cũng có cấu trúc gồm 3 phần:

- **Lõi(core):** Bao gồm các router định tuyến, là một backbone IP/MPLS hoặc sử dụng các giao thức định tuyến IS-IS, VPLS hay truyền tải MPLS-TP.
- **Phân phối:** Bao gồm các switch layer 2 dạng Ethernet transport có tốc độ 1GbE/10GbE
- **Truy nhập:** Bao gồm các switch layer, Gpon-OLT, các trạm BTS/NodeB/eNodeB và các kết cuối tại khách hàng.

Mạng truy nhập Ethernet được VNPT triển khai trên toàn bộ 63 VNPT Tỉnh/Thành phố trực thuộc để hỗ trợ nhiều loại ứng dụng và các loại dịch vụ ngày càng đa dạng. Dưới đây là một số dịch vụ tiêu biểu:

- **Dịch vụ cho doanh nghiệp:**

Đối với khách hàng là các doanh nghiệp, việc cung cấp các dịch vụ và phương thức kết nối tốc độ cao và ổn định là rất quan trọng vì những khách hàng này cần sử dụng rất nhiều băng thông cho các hoạt động mạng của họ. Nó cũng phải tương thích với hệ thống mạng LAN hiện hữu của doanh nghiệp. MAN-E có thể thỏa mãn những nhu cầu mới của doanh nghiệp như: kết nối các doanh nghiệp với nhau, kết nối doanh nghiệp với khách hàng và nhà cung cấp; thiết lập mạng riêng ảo; cung cấp các dịch vụ đa truyền thông băng thông rộng; và hỗ trợ các dịch vụ ghép kênh phân chia theo thời gian (Time Division Multiplexing – TDM).

- **Dịch vụ Triple Play cho khách hàng cá nhân:**

Nhu cầu về thông tin, giải trí của người sử dụng cá nhân ngày càng tăng đã khiến dịch vụ Triple Play – truyền tải dữ liệu, thoại và phim ảnh trên một mạng IP với chất lượng cao – trở thành một trong những dịch vụ chủ đạo mà các nhà cung cấp như VNPT cần phải triển khai để duy trì và phát triển thị trường đa dạng này. MAN-E đang ở tư thế sẵn sàng thỏa mãn những nhu cầu này của người sử dụng cá nhân với các kết nối FTTH dựa vào công nghệ PON hay AON.

- **Dịch vụ di động:**

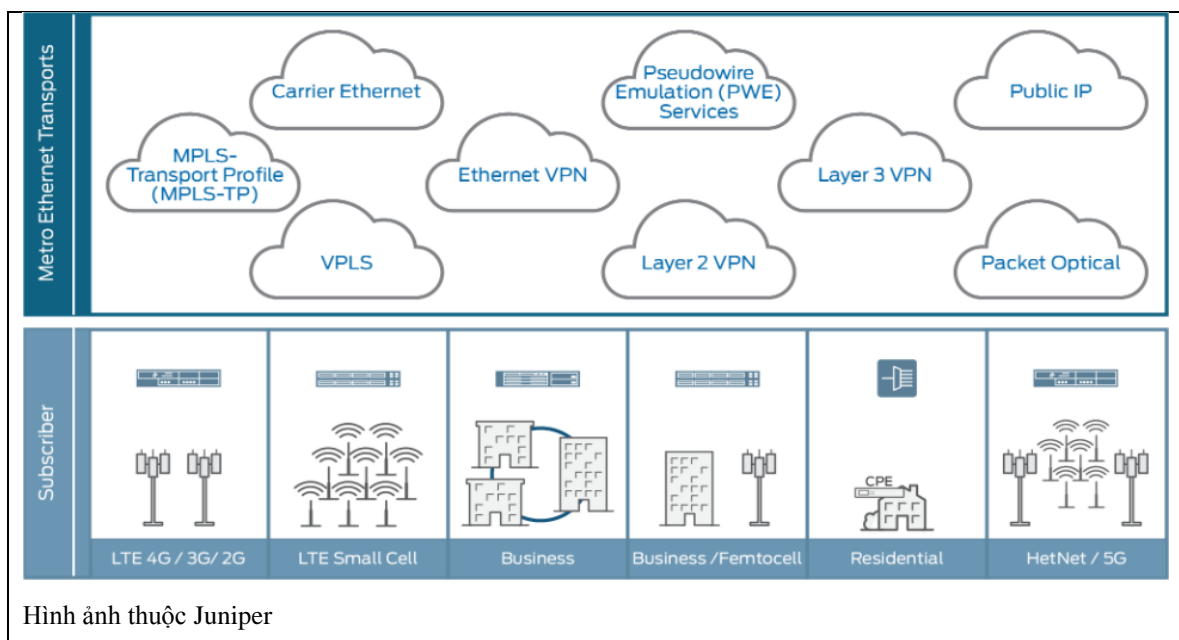
Sự bùng nổ của di động đã đạt đến mức bão hòa và sự gia tăng cạnh tranh trong lĩnh vực này đã khiến các nhà điều hành mạng di động như Vinaphone của VNPT phải làm sao giảm chi phí vận hành nhưng vẫn phải đảm bảo đáp ứng các nhu cầu về dịch vụ đa dạng, băng thông rộng, chất lượng cao của người tiêu dùng. MAN-E là một trong những giải pháp cực kỳ phù hợp. Với hạ tầng truyền dẫn sẵn có của mạng MAN-E ở các VNPT Tỉnh/Thành phố và giải pháp TDM over IP, các thiết bị switch layer 2 đóng vai trò gom lưu lượng các trạm di động như mobile backhaul nhưng với chi phí thấp hơn rất nhiều và vẫn đảm bảo chất lượng dịch vụ dựa vào các giải pháp QoS.

1.2.2. Công nghệ trong mạng truy nhập Ethernet

Mạng truy nhập Ethernet có thể chia làm 3 loại chính dựa vào các công nghệ mà nó sử dụng như sau:

- Mạng truy nhập Ethernet dựa trên SDH
- Mạng truy nhập Ethernet dựa trên MPLS
- Mạng truy nhập Ethernet thuần chỉ sử dụng layer 2.

Trong đó mạng truy nhập Ethernet dựa trên MPLS và mạng truy nhập Ethernet thuần chỉ sử dụng layer 2 đã và đang được VNPT triển khai mạnh mẽ.



Hình ảnh thuộc Juniper

Hình 1.2: Công nghệ truyền tải trong mạng truy nhập Ethernet

Đối tượng nghiên cứu chính của luận văn là mạng truy nhập Ethernet thuần chỉ sử dụng layer 2 chuyển mạch cho tất cả các cấu trúc bên trong của nó. Cấu trúc này cho phép thiết kế đơn giản và chi phí thấp và cấu hình đơn giản. Với các kỹ thuật sử dụng các mạng Virtual Lans như Point to Point hoặc Multipoint to multipoint kết hợp cùng các đặc tính mới như Vlan stacking (Vlan tunneling) và vlan translation(vlan mapping), mạng này có khả năng tách biệt lưu lượng của khách hàng với nhau từ đó áp dụng các chính sách chất lượng cho từng loại dịch vụ

Tuy nhiên mạng truy nhập Ethernet thuần chỉ sử dụng layer 2 có những hạn chế như sau:

- Theo thiết kế, layer 2 chuyển mạch sử dụng các bảng mac-table để định hướng lưu lượng dựa trên địa chỉ MAC của đầu cuối. Khi mạng phát triển rộng, khối lượng địa chỉ MAC trung chuyển qua mạng vượt quá dung lượng của chuyển mạch của thiết bị. Nếu mac- table bị đầy, kết quả nghiêm trọng là mạng ngừng hoạt động do tràn ngập các gói tin trên toàn bộ cấu trúc mạng.

- Phân lưu lượng rất hạn chế. Có ít công cụ để quản lý topo mạng cũng như sự chuyển tiếp phải nhảy từng bước một, cộng thêm khả năng quảng bá các gói tin đơn tuyến làm cho dự báo mẫu lưu lượng thực sự rất khó khăn. Có những kỹ thuật cho phép điều khiển các đường lưu lượng ưu tiên, kỹ thuật này phụ thuộc vào việc sử dụng multiple spanning trees hoặc "per VLAN spanning trees" và được kết nối chặt chẽ với các giải pháp để hoàn thiện sự ổn định và khả năng phục hồi trên mạng.

- Sự ổn định của mạng khá mong manh, đặc biệt nếu so sánh với mạng SDH và MPLS tiên tiến hơn. Thời gian phục hồi cho chuẩn STP/RSTP trong khoảng 1 đến 10 giây, cao hơn nhiều so với những gì các mạng thay thế (thường chỉ một phần của giây). Không thể đáp ứng được các dịch vụ yêu cầu độ trễ thấp như các dịch vụ truyền hình hội nghị, IPTV, Streaming và đặc biệt là các dịch vụ di động LTE 4G/3G/2G yêu cầu thời gian chuyển mạch thấp hơn 200ms để dịch vụ không bị gián đoạn. Chính vì vậy, IEEE và ITU-T đã cố gắng ra một số định nghĩa để giảm thiểu vấn đề này. Khéo léo dùng chuẩn hoá của IEEE và ITU-T sẽ cho phép mạng sự ổn định và khả năng mau phục hồi tốt, điều này đòi hỏi cấu hình phức tạp hơn. Và giao

thức ERPS là giải pháp đáp ứng được vấn đề này. Vòng Ethernet chuyển mạch bảo vệ, được định nghĩa trong khuyến nghị ITU-T G.8032, cung cấp một phương tiện để đạt được một cách đáng tin cậy yêu cầu đối với cấu trúc liên kết Ethernet tạo thành một vòng khép kín.

1.3. Giao thức ERPS

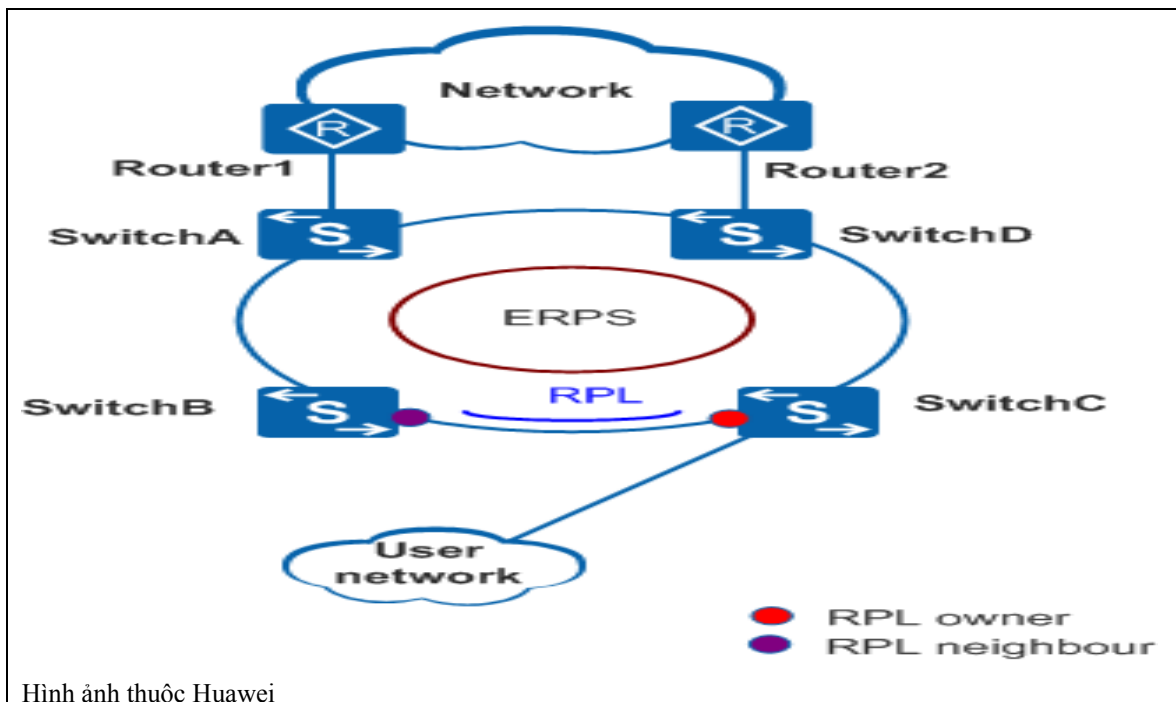
Công nghệ Ethernet đang nhanh chóng trở thành một giải pháp thống trị cho mạng của các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông trên thế giới và VNPT cũng không ngoại lệ. Ethernet như một công nghệ truyền tải sóng mang tiếp tục đạt được những tiến bộ đáng kể trong việc cung cấp các ứng dụng dịch vụ ngày càng đa dạng [3]. Hiện tại các nhà cung cấp dịch vụ (cũng như các doanh nghiệp) cần khôi phục nhanh chóng và tính sẵn sàng cao của các dịch vụ Ethernet. Trong đó, một nhóm nghiên cứu của ITU-T SG15/Q9 đã phát triển một phương pháp khả thi về mặt kỹ thuật, kinh tế và có thể mở rộng để cung cấp với chi phí thấp và khôi phục dịch vụ nhanh chóng. Khả năng phục hồi kiểu SDN/SONET với chi phí thấp sử dụng giao tiếp Ethernet cho các ứng dụng mạng vừa và nhỏ. Sự ra đời của khuyến nghị G.8032 đã được các nhà cung cấp dịch vụ rất hoan nghênh [4], nguyên nhân là Ethernet đang là công nghệ chủ đạo cung cấp dịch vụ và chỉ cần 2 đáp ứng nói trên đã làm cho nó ưu việt hơn rất nhiều so với STP và RSTP.

Bảo vệ vòng Ethernet (ERP) được định nghĩa bởi G.8032 được phát triển dựa trên nguyên tắc sử dụng các cơ chế kế thừa từ các chức năng Bridge và Mac-Ethernet truyền thống. Mục tiêu là chuyển mạch bảo vệ nhanh, để đạt được điều đó thì cần tích hợp các công nghệ Ethernet một cách hoàn hảo như quản trị và bảo trì (OAM) cùng với giao thức chuyển mạch bảo vệ tự động (APS) đơn giản cho mạng vòng Ethernet.

Ngoài ra, ERP dựa trên Ethernet tiêu chuẩn nên nó có thể tận dụng tối đa lợi thế đối với các chuẩn băng thông Ethernet khác nhau như 1GbE, 10GbE, 100GbE, v.v. Ngoài ra vì Ethernet là một tập hợp các công nghệ LAN (LAN technologies) nên nó hỗ trợ được bất kỳ cơ sở hạ tầng khác nhau của các nhà cung cấp dịch vụ, dễ dàng

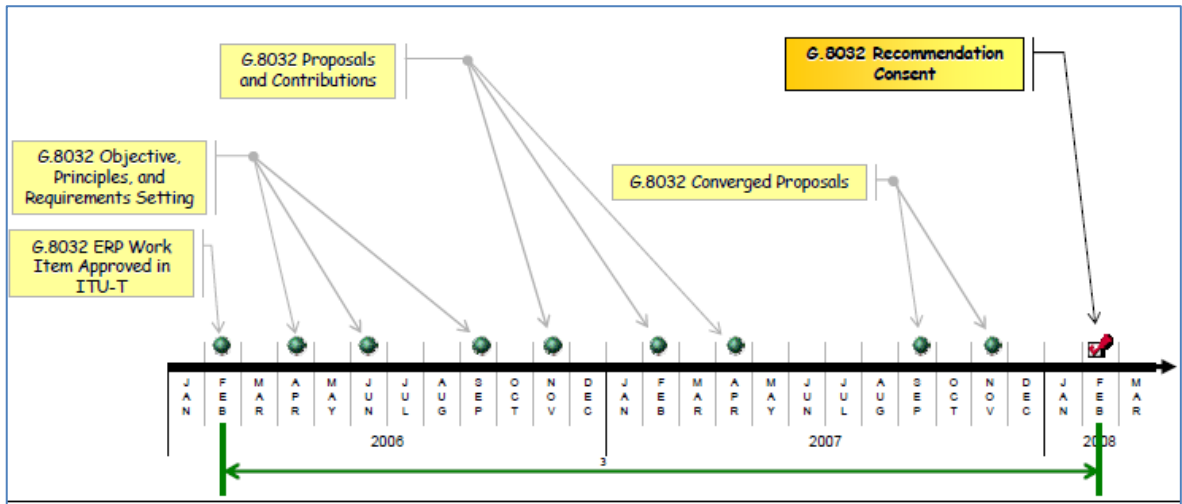
triển khai và hiệu quả kinh tế cao hơn so với các mạng Ethernet sử dụng MPLS hay SDH cũng như ưu việt hơn các giải pháp truyền thống như STP, RSTP.

Giao thức ERPS được định nghĩa bởi G.8032 được tối ưu hóa cho các cấu trúc liên kết dạng vòng (ring) và được phát triển như một sự thay thế được tiêu chuẩn hóa cho giao thức Spanning Tree (STP) để chuyển nhanh trạng thái cổng mà không cần tính toán phức tạp, nhằm mục đích chuyển mạch bảo vệ nhanh hơn (dưới 50ms). STP là một giao thức kinh điển để chuyển mạch bảo vệ kết nối. STP dùng chung được cho tất cả các mô hình mạng lưới, tuy nhiên vì nó dùng chung được hết nên không có bất kỳ kỹ thuật tối ưu hóa nào cho các cấu trúc liên kết dạng vòng. STP cần nhiều thời gian để xây dựng lại cấu trúc liên kết khi trạng thái liên kết ban đầu bị lỗi, nguyên nhân là do STP cần trao đổi thông tin cho tất cả các thành viên trong cấu trúc liên kết dựa vào các giá trị chi phí (Cost) cũng như độ ưu tiên (Priority). ERPS được định nghĩa bởi G.8032 được tập trung để tạo ra quy trình tối ưu hóa xử lý bảo vệ liên kết dạng vòng và phải được thực hiện tốt hơn tất cả các biến thể của STP, bao gồm giao thức Rapid Spanning Tree (RSTP) và MSTP (Multi spanning tree) trong cấu trúc liên kết dạng vòng.



Hình 1.3: Cấu trúc liên vòng cơ bản của ERPS

Khuyến nghị G.8032 được chấp thuận vào tháng 2 năm 2008, sau quá trình 2 năm từ khi việc nghiên cứu được ITU-T phê duyệt [4].



Hình 1.4: Các cột mốc trong quá trình hình thành khuyến nghị ERPS (G.8032)

Khuyến nghị này định nghĩa cơ chế của giao thức chuyển mạch bảo vệ tự động (APS) cho các cấu trúc liên kết dạng vòng Ethernet. Trong đó, nêu rõ các đặc điểm, dạng kiến trúc bảo vệ và giao thức APS.

1.4. Kết luận chương

Tóm lại, G.8032 ERPS được phát triển để đáp ứng các mục tiêu sau [8]:

- Cung cấp kết nối mạng hiệu quả.
 - Cung cấp khả năng khôi phục dịch vụ nhanh chóng (dưới 50ms).
 - Hỗ trợ nhiều dịch vụ Ethernet (ví dụ: E-LINE, E-TREE, E-LAN).
 - Không cần phân biệt là giao diện client (máy khách) hay Server (máy chủ).
- G.8032 ERPS có thể hỗ trợ (hầu như) bất kỳ lớp vật lý / máy chủ nào cũng như có thể thông qua (hầu như) bất kỳ máy khách Ethernet nào.
- Có thể áp dụng trên các thiết bị có hỗ trợ phần cứng IEEE 802.1 Bridging và IEEE 802.3 MAC hiện có. Vì vậy, đơn giản chỉ cần nâng cấp phần mềm trên thiết bị chuyển mạch Ethernet hiện có.

- Hỗ trợ triển khai linh hoạt các mô hình, có thể ứng dụng trong mạng Access, Metro và Core.
- Tận dụng được băng thông vật lý của mạng Ethernet như 1/10/40/100GbE. Chi phí và thời gian triển khai giảm khi sử dụng các liên kết dạng vòng có băng thông lớn.
- Được chuẩn hóa bởi ITU-T SG15 / Q9.
- Giảm chi phí hoạt động OPEX và chi phí đầu tư CAPEX cho nhà cung cấp dịch vụ.

CHƯƠNG 2: NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ERPS

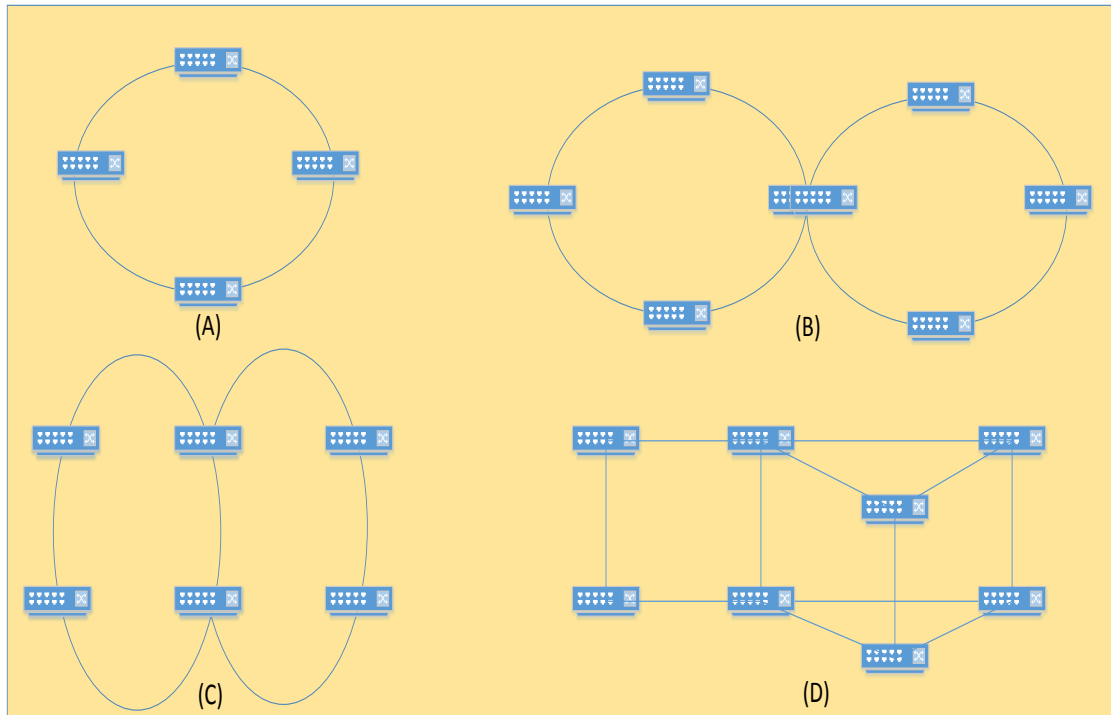
2.1. Giới thiệu chương

Chương này đề cập đến nguyên các nguyên tắc cơ bản của ERPS. Đi sâu vào tìm hiểu nguyên lý hoạt động của ERPS. Đo kiểm, phân tích đánh giá hiệu năng của một hệ thống mẫu.

2.2. Nguyên tắc hoạt động của ERPS

2.2.1. Cấu trúc liên kết dạng vòng Ethernet

Cấu trúc liên kết vòng Ethernet có thể là một vòng duy nhất, như được mô tả trong phiên bản G.8032 v1, nhưng đã được mở rộng để đáp ứng được với hệ thống nhiều vòng liên kết trong phiên bản G.8032 v2. Mỗi nút mạng thuộc vòng liên kết có hai cổng kết nối đến các nút mạng khác trong một vòng liên kết vật lý khép kín. Tiêu chuẩn IEEE 802.3 MAC định nghĩa Ethernet yêu cầu, phải tránh vòng lặp logic trên một vòng liên kết vật lý để tránh việc lưu lượng bị lặp (loop) trong vòng vật lý. Vì trường thời gian tồn tại (TTL) không được xác định trong một khung Ethernet nguyên bản nên việc lưu lượng bị loop được xử lý bằng cách chặn lưu lượng tại một trong các cổng kết nối giữa các nút mạng trong vòng liên kết. Do đó, một vòng liên kết vật lý sẽ được duy trì theo một vòng liên kết logic không bị lặp lại để đảm bảo tiêu chuẩn IEEE 802.3 MAC dựa trên sự quản lý của giao thức chuyển mạch bảo vệ vòng tự động R-APS. Các khuyến nghị G.8032 không giới hạn số lượng nút mạng trong một vòng liên kết nhưng khuyến nghị nó nằm trong phạm vi từ 16 đến 255 nút để đảm bảo hoạt động ổn định. Để cấu trúc liên kết vòng Ethernet hoạt động dựa trên giao thức ERPS thì cần ngăn chặn giao thức STP trên tất cả các nút mạng thuộc vòng liên kết. Hình 2.1 thể hiện các dạng liên kết vòng Ethernet. Phiên bản G.8032 v1 hỗ trợ các vòng đơn như cấu trúc (A) và (B). Trong khi đó phiên bản G.8032 v2 định nghĩa Major Ring và Sub Ring để hỗ trợ các dạng liên kết đa vòng có các liên kết và các nút dùng chung như cấu trúc (C) và (D)



Hình 2.1: Các cấu trúc liên kết vòng có thể áp dụng;

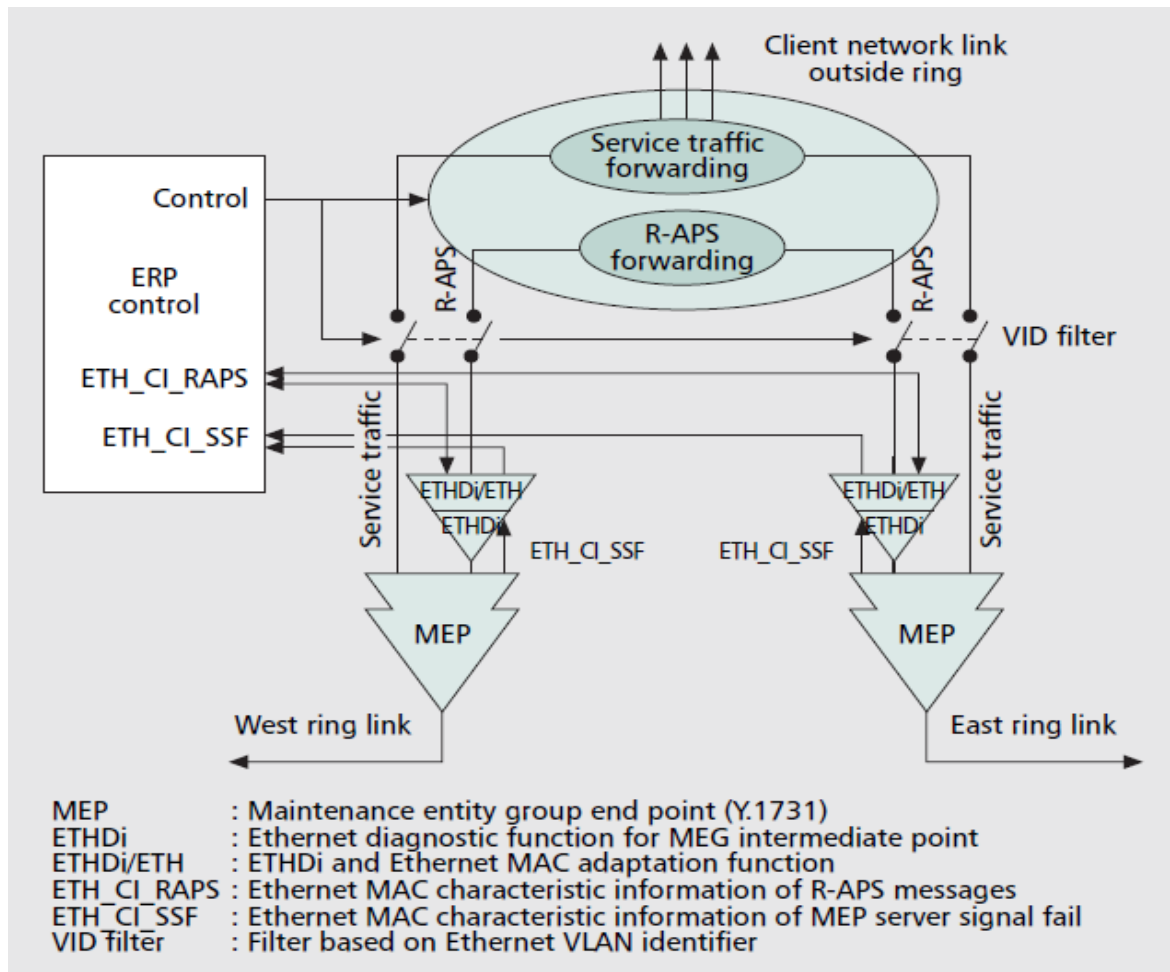
(A) vòng đơn, (B) 2 vòng đơn với 1 nút dùng chung, (C) 2 vòng với liên kết và nút được chia sẻ, (D) Đa vòng lồng nhau với cấu trúc liên kết phân tầng.

2.2.2. Kênh R-APS và nút mạng trong liên kết vòng

Để giám sát và điều khiển các nút mạng trong vòng liên kết Ethernet, ERPS sử dụng một kênh truyền xuyên suốt giữa các nút mạng được định nghĩa là kênh chuyên mạch bảo vệ vòng tự động (R-APS).

Các bản tin R-APS yêu cầu một kênh truyền độc lập và được xác định là kênh R-APS để xử lý và ngăn ngừa lặp kênh dịch vụ. Kênh R-APS được tách biệt ra khỏi kênh lưu lượng dịch vụ, nhưng cả kênh R-APS và kênh lưu lượng dịch vụ đều được truyền qua các kết nối trên các nút mạng thuộc vòng liên kết, và quan trọng đều bị chặn (block) trên cùng một vị trí kết nối trong vòng liên kết.

Kênh R-APS được cấu hình bằng cách sử dụng một VLAN được chỉ định riêng biệt, để bản tin R-APS có thể được xử lý khác với lưu lượng dịch vụ. Kênh R-APS bị chặn bởi quá trình lọc định danh Vlan (VID) theo định nghĩa bởi IEEE 802.1Q-2005. Kênh lưu lượng dịch vụ cũng bị chặn bằng cách lọc VID [5].



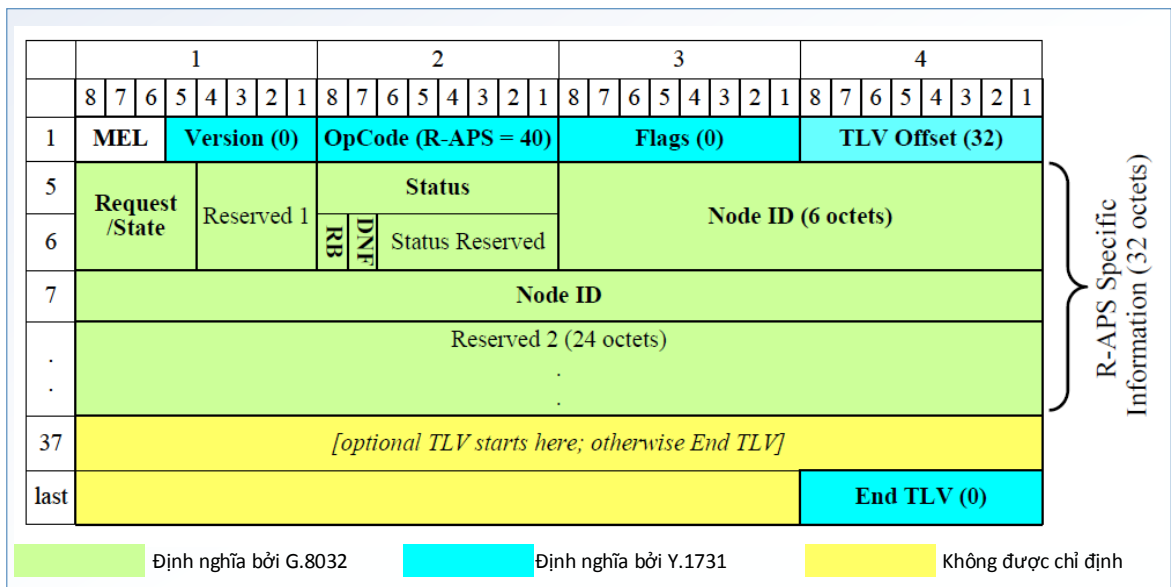
Hình 2.2: Cấu trúc một nút mạng và kênh R-APS

Hình 2.2 thể hiện mô hình của một nút mạng trong vòng liên kết và việc chặn cổng kết nối của nó. Ở đây mỗi liên kết vòng chỉ chặn một nhóm vlan được định nghĩa trong cấu hình ERPS. Nhóm Vlan này bao gồm các vlan dịch vụ và tất nhiên bao gồm cả vlan quản lý đã được chỉ định cho vòng liên kết. Một nút mạng có một cổng kết nối bị chặn thì việc chuyển tiếp kênh lưu lượng dịch vụ và kênh R-APS sẽ được truyền qua kết nối còn lại trong vòng liên kết. Tuy nhiên, các bản tin R-APS được tạo bởi một bộ xử lý ERP control có thể được chuyển tiếp đến cả 2 cổng kết nối. ERP control kiểm soát việc chuyển tiếp lưu lượng dịch vụ và bản tin R-APS, và đồng thời cũng xử lý bản tin R-APS và các bản tin báo hiệu trong quy trình quản lý hoạt động và bảo trì từ máy chủ (OAM) [6].

2.2.3. Định dạng khung của bản tin R-APS

ERP control sử dụng bản tin R-APS để quản lý và điều phối việc bảo vệ chuyển mạch. R-APS và các trường giá trị OAM được định nghĩa trong Y.1731.

Hình 2.3 mô tả định dạng đơn vị dữ liệu (PDU) giao thức R-APS của G.8032 .



Hình 2.3: Định dạng R-APS PDU

Các giá trị được định nghĩa trong Y.1731 (Định dạng Ethernet OAM-PDU) [6]

- MEL: chỉ định mức bảo trì của nhóm (MEG) các nút mạng trong vòng liên kết mà R-APS PDU. MEL có giá trị từ 1 đến 7.

- Version: Phiên bản, ERP control sẽ bỏ qua khi nhận

- Opcode: được định nghĩa là 40 trong Y.1731

- Flags: Cờ - 00000000, ERP control sẽ bỏ qua khi nhận

- TLV offset: Phần bù TLV chứa giá trị của phần bù vào TLV đầu tiên và giá trị của nó được xác định là 32.

- End TLV: Phần kết thúc TLV và giá trị bằng 0, ERP control sẽ bỏ qua khi nhận.

Đối với phần thông tin cụ thể R-APS gồm 32 octet được định nghĩa trong G.8032

- Request/State: 4 bit đầu tiên dành cho thông tin Yêu cầu/ Trạng thái, trong đó giá trị ‘1011’ đại diện cho tín hiệu không thành công (SF) và ‘0000’ đại diện cho thông điệp không có yêu cầu. Các giá trị khác được dùng cho các phiên bản từ G.8032 v2 và hơn nữa.
 - Reserved1: gồm 4 bit, với phiên bản G.8032 v1 được đặt giá trị ‘0000’ và được dành riêng cho việc thể hiện các yêu cầu hoặc các dấu hiệu bảo vệ từ phiên bản G.8032 v2 và hơn nữa.
 - Status: 8 bit thể hiện thông tin trạng thái trong đó
- + RB: 1 bit – Đặt khi kết nối bảo vệ vòng (RPL) bị chặn. Sẽ được sử dụng khi RPL bị chặn
- + DNF: 1 bit – Đặt khi không cần thiết lọc dữ liệu (FDB) (Sử dụng cho tương lai)
- + 6 bit còn lại dự phòng cho tương lai
- Node ID: gồm 6 octets chứa địa chỉ mac của nút nguồn
 - Node ID và Reversed 2: Dự phòng cho tương lai.

Bảng 2.1: Các yêu cầu chuyển mạch bảo vệ

Request	Type	Priority
local SF	Local	highest
local clear SF	Local	
R-APS (SF)	Remote	
WTR Expires	Local	
WTR Running	Local	
R-APS (NR, RB)	Remote	
R-APS (NR)	Remote	lowest

Bảng 2.1 liệt kê tất cả các yêu cầu chuyển mạch bảo vệ được sắp xếp theo thứ tự ưu tiên. Khi một nút mạng trong liên kết vòng nhận được các yêu cầu cùng lúc, thì nó chỉ trả lời yêu cầu nào có mức độ ưu tiên cao nhất.

2.2.4. Các yêu cầu về chuyển mạch bảo vệ

Cơ chế chuyển mạch bảo vệ của ERPS theo chuẩn G.8032 được kích hoạt bởi các yêu cầu R-APS, được chỉ định trong các bản tin R-APS, và các yêu cầu do các sự kiện tại chính nút mạng đó. Bốn sự kiện tại chính các nút mạng được xác định là:

- Local SF: Thông báo tín hiệu không thành công gửi đi từ 1 trong 2 cổng kết nối vòng trên nút mạng.
- Local clear SF: Thông báo tín hiệu không thành công gửi đi từ 1 trong 2 cổng kết nối vòng trên nút mạng đã được loại bỏ.
- WTR Exprise: Thông báo hết hạn thời gian chờ để khôi phục trạng thái vòng liên kết.
- WTR running: Thông báo vòng ring đang trong thời gian chờ để khôi phục trạng thái vòng liên kết.

Ngoài các bản tin được phát hiện và thông báo tại chính các nút mạng trong vòng liên kết. G.8032 định nghĩa thêm 3 loại bản tin APS khác từ khuyến nghị G.8031 (Bảo vệ tuyến tính) như sau:

- R-APS (SF): được gửi bởi nút phát hiện lỗi liên kết. Nó sẽ được truyền ngay lập tức qua kết nối không bị lỗi còn lại đến các nút mạng khác trong vòng kết nối. Quá trình truyền định kỳ của nó luôn được duy trì cho đến khi sự kiện liên kết phục hồi được phát hiện.
- R-APS (NR): được truyền định kỳ bởi nút phát hiện sự kiện liên kết được khôi phục cho đến nhận được bản tin R-APS(NR,RB) từ nút mạng sở hữu liên kết bảo vệ kết nối (RPL-Owner)
- R-APS (NR,RB): được gửi từ RPL-Owner và thông báo bằng vòng liên kết đã khôi phục và kết nối RPL bị chặn. Thông báo này được truyền định kỳ trên vòng để cho biết trạng thái vòng liên kết bình thường.

2.2.5. Phát hiện kết nối không thành công

Chuyển mạch bảo vệ xảy ra khi phát hiện lỗi trên một liên kết giữa các nút mạng trong vòng được giám sát bởi chức năng kiểm tra tính liên tục của Ethernet

(ETH-CC). Các tình trạng lỗi của lớp vật lý được thông báo cho bộ ERP control. Hai cổng kết nối của một liên kết tạo thành MEG và một bộ chức năng MEG (MEP) được thiết lập tại mỗi cổng thuộc liên kết ring. Bản tin kiểm tra tính liên tục (CCM) được trao đổi định kỳ giữa các MEP để theo dõi tình trạng liên kết. MEP định nghĩa lỗi khi nó không nhận được bản tin CCM trong 3,5 lần chu kỳ truyền được thiết lập mặc định. Một nút mạng lỗi được coi là lỗi tại hai liên kết thuộc vòng liên kết của nó bị lỗi. Hai nút mạng liền kề kết nối đến nút mạng lỗi phát hiện được liên kết bị lỗi và kích hoạt chuyển mạch bảo vệ.

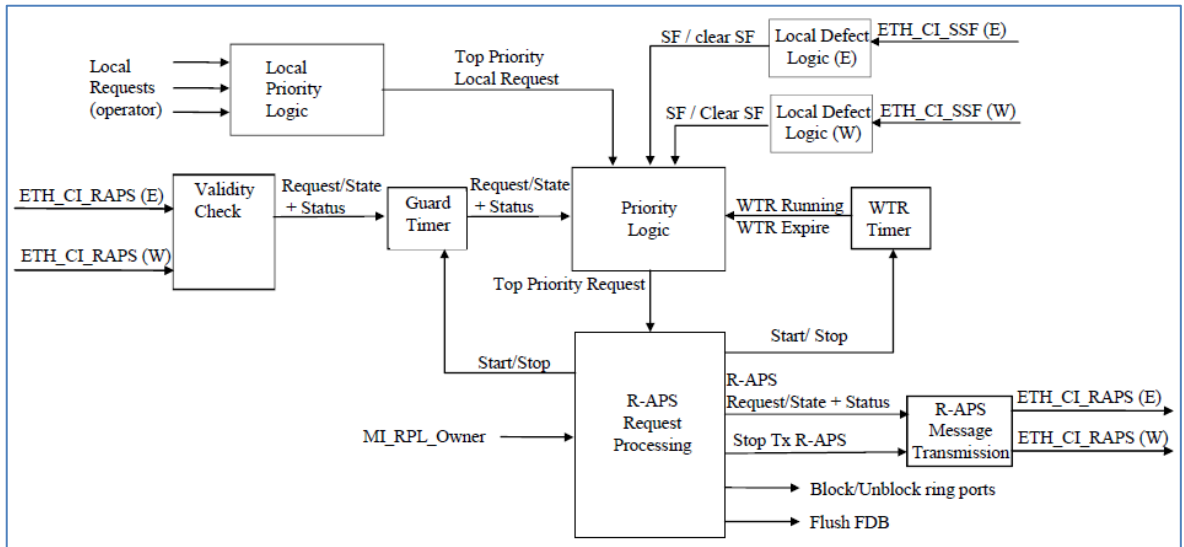
Ở trạng thái bình thường, một liên kết bảo vệ vòng (RPL) được chỉ định và chặn lưu lượng Ethernet để đảm bảo vòng không bị lặp. RPL-Owner có một cổng gán vào RPL, được chỉ định thực hiện việc chặn lưu lượng và do đó nó chặn toàn bộ các lưu lượng dịch vụ được gửi từ RPL. RPL-Owner đóng một vai trò rất quan trọng trong G.8032, vì nó chịu trách nhiệm sử dụng RPL để chuyển mạch bảo vệ vòng liên kết. Khi xảy ra lỗi, mỗi nút mạng phát hiện lỗi sẽ chặn liên kết bị lỗi và gửi các bản tin R-APS với thông báo SF, tức là bản tin R-APS(SF). Khi RPL-Owner nhận được R-APS(SF), nó sẽ bỏ chặn trên RPL để thay đổi cấu trúc liên kết nhằm kết nối được tối đa các nút trong vòng. Cuối cùng, liên kết bảo vệ vòng RPL chặn kênh R-APS và lưu lượng dịch vụ chuyển từ RPL-Owner sang các nút mạng phát hiện lỗi tại nó.

Khi chuyển mạch bảo vệ được kích hoạt, lưu lượng sẽ được định tuyến lại trong bảng chuyển tiếp địa chỉ MAC dựa trên cơ chế FDB flush. FDB flush là hoạt động loại bỏ tất cả các địa chỉ MAC đã học của các cổng trên các nút mạng thuộc vòng từ cơ sở dữ liệu chuyển tiếp (FDB) [7]. Không giống như G.8031 và SDH, thực thể bảo vệ không được định cấu hình trước trên vòng Ethernet. G.8032 tận dụng cơ chế học tập địa chỉ và flush bridging của Ethernet. FDB được xả một cách ngay lập tức và cực kỳ nhanh và do đó dịch vụ có thể được duy trì mà không bị gián đoạn. Một đường dẫn chuyển tiếp lưu lượng mới được thành lập bởi chức năng tự học địa chỉ MAC. FDB flush chỉ thực hiện trên nhóm Vlan được định cấu hình ERPS trên các nút mạng thuộc vòng liên kết. G.8032 định nghĩa một số quy tắc

chung để xác định xem một nút có nên kích hoạt FDB của nó hay không tùy thuộc vào những trạng thái sau:

- Nếu không có yêu cầu nào khác ngoại trừ bản tin SF trên nút thì sẽ kích hoạt FDB
- Nếu không có yêu cầu nào khác ngoại trừ R-APS(NR,RB), việc nhận được bản tin R-APS(SF) sẽ kích hoạt FDB; việc nhận được các bản tin SF tiếp theo sẽ không kích hoạt thêm FDB kể các các nút nhận được bản tin SF tại nó.
- Ở trạng thái bảo vệ, khi bộ định giờ WTR hết hạn và RPL-Owner chặn RPL thì RPL-Owner sẽ xóa FDB
- Ở trạng thái bảo vệ, việc nhận bản tin R-APS(NR,RB) ban đầu sẽ kích hoạt FDB trên tất cả các nút ngoại trừ RPL-Owner; việc nhận được bản tin R-APS(NR,RB) tiếp theo sẽ không kích hoạt FDB nữa.

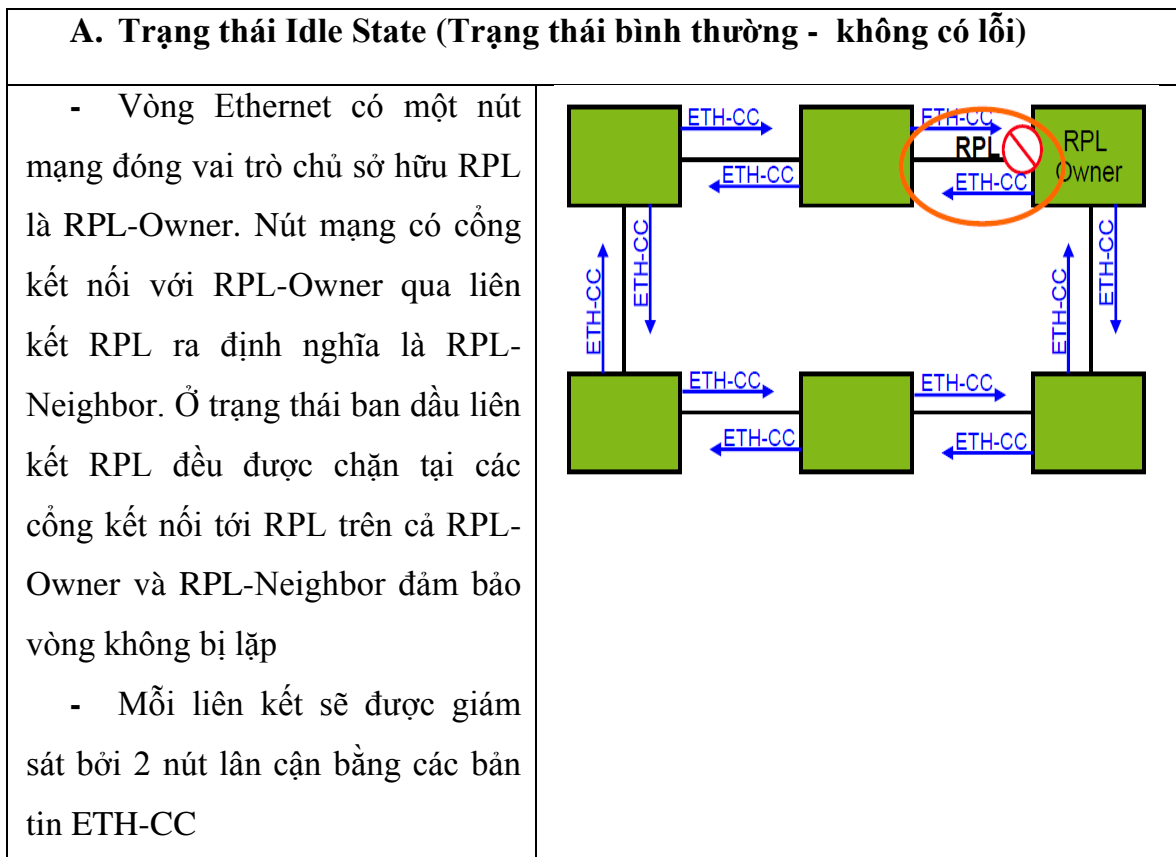
Sau khi khôi phục tất cả các lỗi, RPL trở lại trên cổng của RPL-Owner. Vì vị trí của RPL có thể tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên mạng nên việc hoàn nguyên về trạng thái RPL trên RPL Owner nên được kích hoạt. Tuy nhiên, nó có thể làm tác động đến lưu lượng dịch vụ. Để tránh việc chuyển mạch sai có thể gây gián đoạn dịch vụ thì bộ định thời WTR được sử dụng. Khi RPL-Owner nhận ra việc khôi phục lỗi bằng cách nhận được bản tin R-APS(NR) từ một nút ở một đầu của liên kết được phục hồi, nó khởi động bộ WTR. Nếu bất kỳ lỗi nào được phát hiện trước khi bộ WTR hết hạn thì quá trình hoàn nguyên sẽ bị hủy bỏ. Khi hết hạn, RPL-Owner chặn RPL và hướng dẫn các nút còn lại kết nối với liên kết đã khôi phục để xóa trạng thái chặn bằng cách gửi một bản tin R-APS(NR,RB).



Hình 2.4: Sơ đồ nguyên lý của một nút mạng ERPS

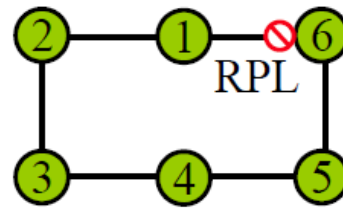
2.2.6. Mẫu kịch bản bảo vệ chuyển mạch và phục hồi

Ta xét một vòng liên kết Ethernet bao gồm 6 nút mạng, sử dụng giao thức ERPS theo chuẩn G.8032 để chuyển mạch bảo vệ.

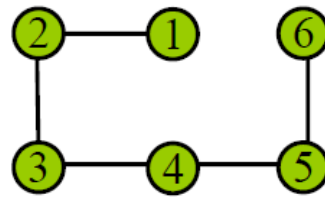


- Về mặt vật lý, vòng vẫn kín, các liên kết không bị lỗi

- Lưu lượng được chuyển tiếp theo mô hình logic



Mô hình vật lý



Mô hình logic

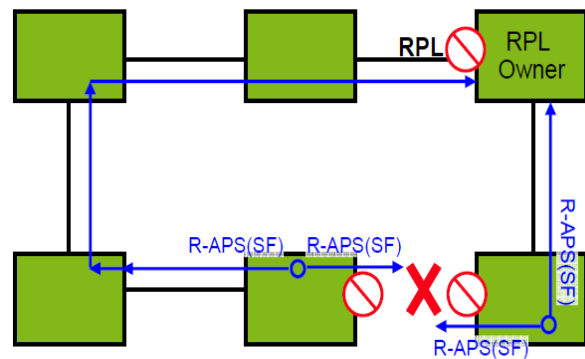
B. Trạng thái Protection Switching – Liên kết bị lỗi (Chuyển mạch bảo vệ)

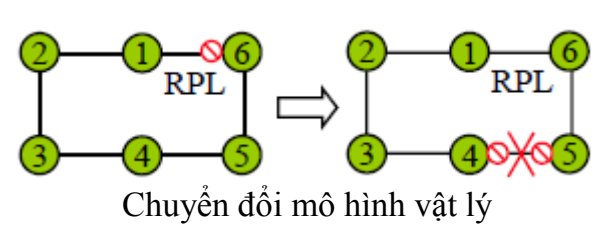
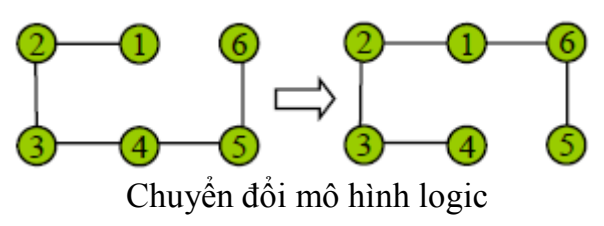
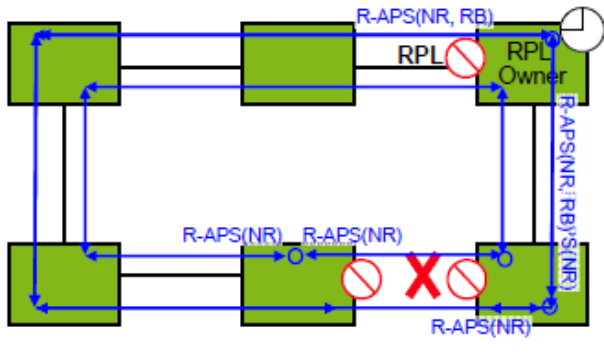
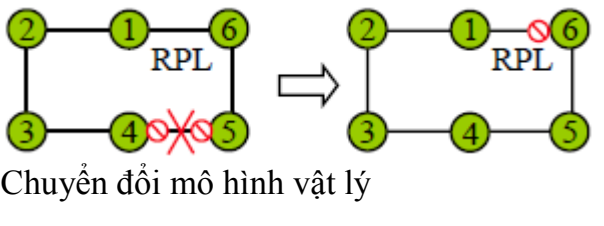
- Liên kết hoặc có thể nút mạng lỗi được phát hiện bởi các nút lân cận

- Các nút lân cận lỗi gửi/nhận bản tin SF báo hiệu liên kết không thành công và gửi đi các bản tin R-APS(SF) đến các nút khác trong vòng

- Khi nhận được bản tin R-APS(SF) từ các nút lân cận lỗi thì RPL Owner bỏ chặn liên kết RPL và tắt cả các nút kích hoạt FDB.

- Khi đó toàn bộ các nút mạng



<p>đều ở trạng thái bảo vệ protection state.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Liên kết giữa nút 4 và 5 bị lỗi vì vậy mô hình vật lý được chuyển đổi thành chặn liên kết giữa 4 và 5 - Mô hình logic cũng chuyển đổi theo để chuyển tiếp lưu lượng. 	 <p>Chuyển đổi mô hình vật lý</p>  <p>Chuyển đổi mô hình logic</p>
<p>C. Protection Switching – Phục hồi lỗi (Chuyển mạch hồi quy)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Khi liên kết lỗi được phục hồi, lưu lượng truy cập sẽ bị chặn trên các nút lân cận liên kết đã phục hồi - Các nút lân cận liên kết phục hồi gửi bản tin R-APS(NR) cho biết hiện chúng không có liên kết lỗi nội bộ. - Khi RPL-Owner nhận được bản tin R-APS(NR) nó bắt đầu kích hoạt bộ định thời WTR - Khi bộ định thời WTR hết hạn, RPL-Owner sẽ chặn liên kết 	 <p>Chuyển đổi mô hình vật lý</p>  <p>Chuyển đổi mô hình logic</p>

RPL và truyền bản tin R-APS(NR,RB) <ul style="list-style-type: none"> - Các nút trong mạng nhận được bản tin R-APS(NR,RB) thực hiện kích hoạt FDB và bỏ chặn cổng trước đó. - Ring trở lại trạng thái Idle 	Chuyển đổi mô hình logic
--	--------------------------

Bảng sau thể hiện chi tiết trạng thái thiết bị với các tín hiệu đầu vào nhận được và cách thức xử lý tương ứng.

Bảng 2.2: Các trạng thái nút mạng

Inputs			Outputs	
Trạng thái nút mạng	Các yêu cầu ưu tiên cao	Row #	Cách xử lý tương ứng	Trạng thái kế tiếp của nút mạng
	Khởi tạo (khi lần đầu tiên cấu hình định nghĩa vòng liên kết ERPS)	0	<ul style="list-style-type: none"> - Dừng hẹn giờ bảo vệ (guard timer) - Dừng hẹn giờ WTR - Nếu là RPL-Owner: Chặn cổng RPL và không chặn cổng còn lại. Truyền R-APS(NR,RB) - Các nút mạng khác: chặn cả 2 cổng. 	B
A – Trạng thái bình thường- các nút mạng không phát hiện liên kết lỗi (Idle – RPL bị chặn và các cổng khác bỏ chặn để chuyển tiếp lưu lượng)	Local SF	1	<ul style="list-style-type: none"> - Chặn cổng bị lỗi - Mở cổng không bị lỗi còn lại. - Truyền R-APS(SF); - Flush FDB 	B
	Local clear SF	2	- Giữ nguyên	A
	R-APS(SF)	3	<ul style="list-style-type: none"> - Mở cổng không bị lỗi - Dừng truyền R-APS 	B
	WTR hết hạn	4	- Giữ nguyên	A
	WTR kích hoạt	5	- Giữ nguyên	A
	R-APS(NR-RB)	6	- Mở chặn cổng không phải là RPL	A
	R-APS(NR)	7	- Giữ nguyên	A
B- Trạng thái bảo vệ - khi có một liên kết bị lỗi trong vòng (Protection - Liên kết lỗi bị chặn còn RPL và các liên kết không bị lỗi)	Local SF		<ul style="list-style-type: none"> - Chặn cổng bị lỗi - Mở cổng không bị lỗi còn lại. - Dừng WTR - Truyền R-APS(SF) 	B
	Local clear SF		<ul style="list-style-type: none"> - Bắt đầu thời gian bảo vệ - Truyền R-APS(NR) 	B
	R-APS(SF)		<ul style="list-style-type: none"> - Dừng WTR - Mở chặn cổng không bị lỗi 	B

Inputs			Outputs	
Trạng thái nút mạng	Các yêu cầu ưu tiên cao	Row #	Cách xử lý tương ứng	Trạng thái kế tiếp của nút mạng
được mở để chuyển tiếp lưu lượng)			- Dừng truyền R-APS	
	WTR hết hạn		- Chặn cổng RPL - Mở chặn cổng khai phải là RPL - Truyền R-APS(NR,RB) - Flush FDB	A
	WTR kích hoạt		- Giữ nguyên	B
	R-APS(NR-RB)		- Nếu nút mạng không phải là RPL-Owner thì mở chặn cả 2 port, dừng truyền R-APS	A
	R-APS(NR)		- Nếu là RPL-Owner thì bắt đầu bộ WTR	B

2.3. Cấu hình, đo kiểm một hệ thống mẫu

Hiện tại, trên mạng truy nhập Ethernet của các VNPT Tỉnh/Thành phố trực thuộc VNPT sử dụng rất nhiều các L2 Switch để thực hiện gom lưu lượng cũng như cung cấp các dịch vụ trực tiếp. Trong đó số lượng L2 Switch mã hiệu Lightsmart V2224G-OP do Công ty cổ phần các hệ thống viễn thông VNPT-FUJITSU (VFT) cung cấp chiếm số lượng chủ yếu. Số lượng trên toàn mạng VNPT xấp xỉ 20.000 switch.

Ethernet Switch Lightsmart V2224G-OP là thiết bị chuyển mạch lớp 2 hỗ trợ SFP cắm rời để đa dạng các thuê bao FTTH cũng như kết nối tới các trạm di động để gom lưu lượng [10].

Với yêu cầu tạo nên một vòng liên kết Ethernet có khả năng chuyển mạch bảo vệ với thời gian chuyển mạch <50ms. Đề xuất mô hình thử nghiệm sau đây.

2.3.1. Thông tin thiết bị

❖ Cấu hình phần cứng

- Thiết bị Lightsmart V2224G-OP hỗ trợ 88Gbps Switching Fabric.

- Giao diện kết nối đã cố định trên thiết bị bao gồm: 24x 100/1000Mbps BaseX SFP
- Hai khe cắm mở rộng cho kết nối tới Uplink:
 - Kết nối Uplink với tốc độ 2x 10/100/1000Mbps baseT, 100/1000Mbps SFP.
 - Kết nối tới Uplink với tốc độ 2x 10Gbps BaseX SFP
 - Kết nối tới Uplink với tốc độ là 2x GPON port hay GEPON port

❖ Chức năng của port Ethernet lớp 2

- Hỗ trợ chức năng Store và Forward gói tin theo chuẩn Ethernet
- Số ID của VLAN và số Vlan hỗ trợ trên Switch là 4K (1-4096) theo 802.1Q
- Hỗ trợ cấu hình cổng theo Vlan theo E-LAN, E-LINE, E-TREE tuân thủ theo tiêu chuẩn CE 2.0 và tuân thủ hoàn toàn theo tiêu chuẩn của MEF 9/14.
- Hỗ trợ Vlan private hay Port Isolation để tích kiệm Vlan cũng như cô lập lưu lượng khách hàng mà sử dụng chung cùng một Vlan.
- Hỗ trợ Vlan Stacking, Vlan Translate, QinQ, Flexible QinQ, GVRP
- Hỗ trợ tự động học MAC theo VLAN và theo cổng Switch.
- Hỗ trợ gộp dung lượng vật lý thành một đường Logical tuân thủ hoàn toàn theo giao thức IEEE 802.3ad Link bundlink.
- Thiết bị hỗ trợ lên tới 15 Trunk Group tĩnh và 8 nhóm LACP.
- Các cổng Logical được khởi tạo sẽ chia tải theo địa chỉ nguồn và đích MAC hay nguồn và đích địa chỉ IP.
- Đường Trunk logical này sẽ hoạt động bảo vệ là 1+1 hay 1:N.
- Hỗ trợ bảo vệ ring theo G.8032(ERP), STP, RSTP (2004 edition), MSTP, PVSTP, PVRSTP.



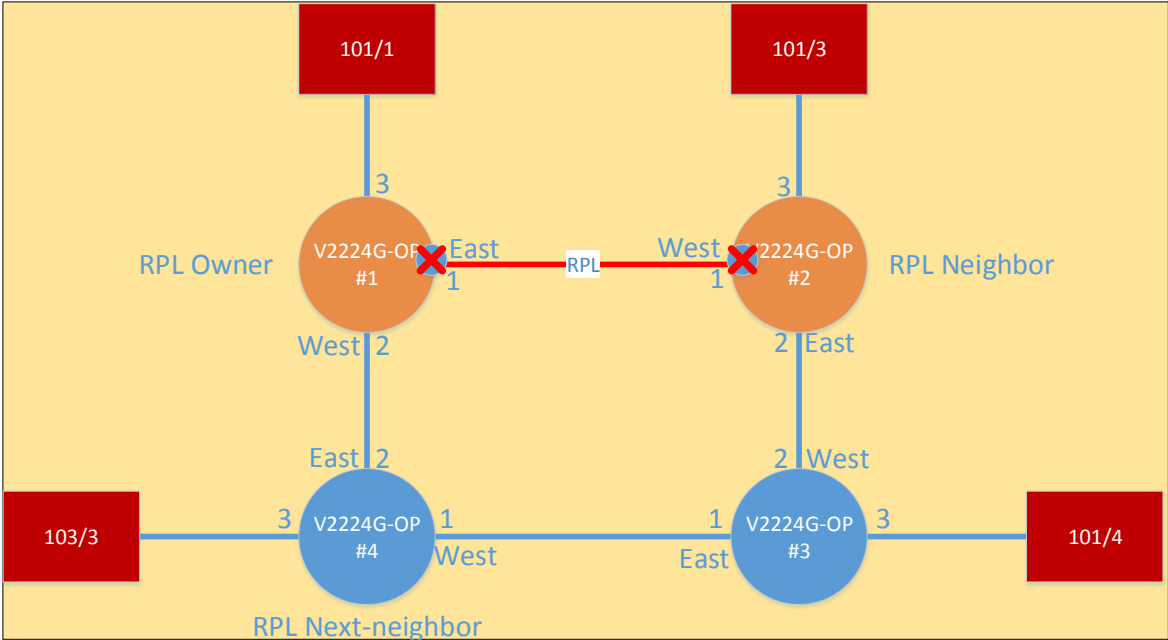
Hình 2.5: Sơ đồ mặt trước thiết bị Switch V2224G-OP



Hình 2.6: Sơ đồ mặt sau thiết bị Switch V2224G-OP

2.3.2. Cấu hình thử nghiệm

Ta xét một mô hình mạng gồm 4 switch Lightsmart V2224G-OP được kết nối như sau:



Hình 2.7: Mô hình kết nối thử nghiệm sử dụng Switch V2224G-OP

- 4 Switch V2224G-OP được kết nối thành một vòng liên kết khép kín
- Giao diện kết nối giữa các switch là giao diện quang tốc độ 1Ge
- Mỗi switch được kết nối với một máy đo ethernet ký hiệu từ 101/1 đến 101/4.

Bảng 2.3: Thông tin phiên bản và hệ thống Switch V2224G-OP

R1	R2
V2224GOP_1# show ver	V2224GOP_2# show ver
NOS version 3.15 #0038	NOS version 3.15 #0038
V2224GOP_1# show system	V2224GOP_2# show system
SysInfo(System Information)	SysInfo(System Information)
Model Name : V2224G-OP	Model Name : V2224G-OP
Main Memory Size : 256 MB	Main Memory Size : 256 MB
Flash Memory Size : 32 MB	Flash Memory Size : 32 MB
H/W Revision : DS-C4-38E-A1	H/W Revision : DS-C4-38E-A1

H/W Address : 18:d0:71:0f:c5:6f RTC Information : M41T11 Serial Number : MF6RRRG150A0005 S/W Compatibility : 4, 3 NOS version: 3.15 #0038 B/L Version : 01.17.0003	H/W Address : 00:d0:cb:f4:a6:6f RTC Information : M41T11 Serial Number : ME7RRRG031A0964 S/W Compatibility : 4, 3 NOS version: 3.15 #0038 B/L Version : 01.17.0003
R3	R4
V2224GOP_3# show ver NOS version 3.15 #0038 V2224GOP_3# show system SysInfo(System Information) Model Name : V2224G-OP Main Memory Size : 256 MB Flash Memory Size : 32 MB H/W Revision : DS-C4-38E-A1 H/W Address : 00:d0:cb:f4:a6:3b RTC Information : M41T11 Serial Number : ME7RRRG031A0912 S/W Compatibility : 4, 3 NOS version: 3.15 #0038 B/L Version : 01.17.0003	V2224GOP_4# show ver NOS version 3.15 #0038 V2224GOP_4# show system SysInfo(System Information) Model Name : V2224G-OP Main Memory Size : 256 MB Flash Memory Size : 32 MB H/W Revision : DS-C4-38E-A1 H/W Address : 18:d0:71:0b:40:ec RTC Information : M41T11 Serial Number : MF3RRRG150A0113 S/W Compatibility : 4, 3 NOS version: 3.15 #0038 B/L Version : 01.17.0003

Ta sử dụng cấu hình sau đây cho các switch thử nghiệm

Bảng 2.4: Cấu hình thử nghiệm ERPS của Switch V2224G-OP

R1	R2
V2224GOP_1# sh run ! hostname V2224GOP_1 ! time-zone GMT+7 ! ntp 212.26.18.41 !	V2224GOP_3# sh run ! hostname V2224GOP_3 ! time-zone GMT+7 ! ntp 212.26.18.41 !

<pre> syslog output info local volatile syslog output info local non-volatile syslog output debug console ! bridge vlan create 100,200 ! vlan add default 4-43 untagged vlan add br100 1-3 tagged vlan add br200 1-3 tagged ! port nego 1-3 off ! interface lo no shutdown ! interface mgmt no shutdown ip address 10.72.202.81/24 ! interface default no shutdown ! ethernet oam enable ! ethernet oam r-aps 1 level 5 vlan 100 traffic-vlan 1-4094 ethernet oam r-aps 1 wait-to-restore 1 ethernet oam r-aps 1 ringports east 1 west 2 ethernet oam r-aps 1 rpl east owner ethernet oam r-aps 1 enable ! End </pre>	<pre> syslog output info local volatile syslog output info local non-volatile syslog output debug console ! bridge vlan create 100,200 ! vlan add default 4-43 untagged vlan add br100 1-3 tagged vlan add br200 1-3 tagged ! port nego 1-3 off ! interface lo no shutdown ! interface mgmt no shutdown ip address 10.72.202.82/24 ! interface default no shutdown ! ethernet oam enable ! ethernet oam r-aps 1 level 5 vlan 100 traffic-vlan 1-4094 ethernet oam r-aps 1 wait-to-restore 1 ethernet oam r-aps 1 ringports east 1 west 2 ethernet oam r-aps rpl west neighbour ethernet oam r-aps 1 enable ! End </pre>
R3	R4
<pre> V2224GOP_3# sh run ! hostname V2224GOP_3 ! time-zone GMT+7 ! ntp 212.26.18.41 ! </pre>	<pre> 2224GOP_4# sh run ! hostname V2224GOP_4 ! time-zone GMT+7 ! ntp 212.26.18.41 ! </pre>

<pre> syslog output info local volatile syslog output info local non-volatile syslog output debug console ! bridge vlan create 100,200 ! vlan add default 4-43 untagged vlan add br100 1-3 tagged vlan add br200 1-3 tagged ! port nego 1-3 off ! interface lo no shutdown ! interface mgmt no shutdown ip address 10.72.202.83/24 ! interface default no shutdown ! ethernet oam enable ! ethernet oam r-aps 1 level 5 vlan 100 traffic-vlan 1-4094 ethernet oam r-aps 1 wait-to-restore 1 ethernet oam r-aps 1 ringports east 1 west 2 ethernet oam r-aps 1 enable ! End </pre>	<pre> syslog output info local volatile syslog output info local non-volatile syslog output debug console ! bridge vlan create 100,200 ! vlan add default 4-43 untagged vlan add br100 1-3 tagged vlan add br200 1-3 tagged ! port nego 1-3 off ! interface lo no shutdown ! interface mgmt no shutdown ip address 10.72.202.84/24 ! interface default no shutdown ! ethernet oam enable ! ethernet oam r-aps 1 level 5 vlan 100 traffic vlan 1-4094 ethernet oam r-aps 1 wait-to-restore 1 ethernet oam r-aps 1 ringports east 2 west 1 ethernet oam r-aps 1 rpl east ethernet oam r-aps 1 enable ! End </pre>
---	---

Một số khái niệm trong cấu hình của switch Lightsmart V2224G-OP

Bảng 2.5: Ý nghĩa các câu lệnh cấu hình ERPS của Switch V2224G-OP

Câu lệnh	Ý nghĩa câu lệnh
hostname V2224GOP_1	Đặt lại tên thiết bị
vlan create 100,200	Khởi tạo 2 vlan 100 và vlan 200

Câu lệnh	Ý nghĩa câu lệnh
vlan add br100 1-3 tagged	Gán các cổng 1,2,3 vào vlan 100
vlan add br200 1-3 tagged	Gán các cổng 1,2,3 vào vlan 200
port nego 1-3 off	Tắt tính năng auto negotiation trên cổng 1,2,3.
ethernet oam enable	Kích hoạt tính năng OAM trên switch
ethernet oam r-aps 1 level 5 vlan 100 traffic-vlan 1-4094	Khởi tạo R-APS id: 1 meg-level: 5 Control-vlan: 100 Traffic-vlan: 1-4094
ethernet oam r-aps 1 wait-to-restore 1	Khởi tạo bộ định thời WTR và thời gian hết hạn là 1 phút
ethernet oam r-aps 1 ringports east 1 west 2	Định nghĩa 2 cổng thuộc ring R-APS: Cổng 1: east Cổng 2: west Lưu ý quan trọng là các cổng kết nối giữa 2 nút mạng luôn luôn phải kết nối giữa 2 cổng định nghĩa east và west.
ethernet oam r-aps 1 rpl east owner	Định nghĩa switch là RPL-owner và link RPL trên cổng east
ethernet oam r-aps 1 rpl west neighbour	Định nghĩa switch là neighbour và link RPL trên cổng west
ethernet oam r-aps 1 rpl east next-neighbour	Định nghĩa switch là next-neighbour (switch có cổng kết nối cổng còn lại của RPL-Owner khác với RPL)
ethernet oam r-aps 1 enable	Kích hoạt R-APS

Ta có mô hình kết nối sử dụng 4 switch kết nối với nhau thành một vòng liên kết Ethernet. Các switch khai báo cấu hình R-APS (ERPS theo chuẩn G.8032) để bảo vệ vòng liên kết.

- Các cổng 1, 2 trên các switch thuộc vòng liên kết được định nghĩa là east và west.
- Meg-level: Miền bảo trì hay miền hoạt động có giá trị là 5
- Bộ định thời có thời gian hết hạn là 1 phút
- Vlan-control là vlan 100, vlan dịch vụ là vlan 200
- Switch có hostname V2224GOP_1 đóng vai trò là chủ sở hữu liên kết RPL (RPL-Owner)
- Switch có hostname V2224GOP_2 đóng vai trò là hàng xóm của chủ sở hữu liên kết RPL (RPL-Neighbor)
- Cổng 3 trên các switch kết nối với máy đo ethernet sử dụng vlan dịch vụ 200

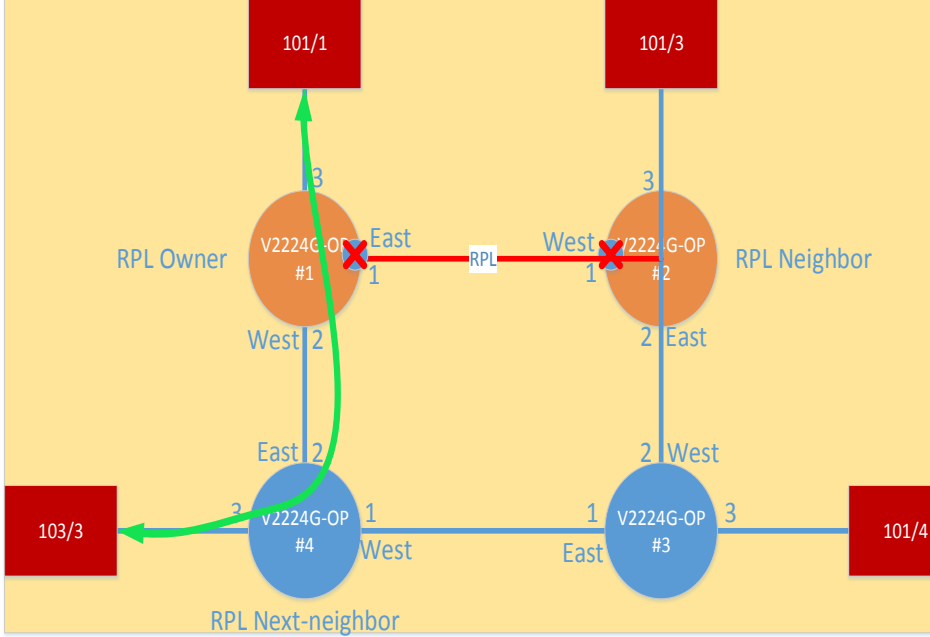
2.3.3 Kết quả thử nghiệm

Thứ tự	Các bước tiến hành	Kết quả mong đợi
1	<ul style="list-style-type: none"> - Show port - Show ethernet oam r-aps 	<ul style="list-style-type: none"> - Tất cả các nút mạng trong trạng thái bình thường (Idle)
Trạng thái bình thường (Idle)	<p>The diagram illustrates a ring topology of four switches: V2224G-OP #1 (RPL Owner), V2224G-OP #2 (RPL Neighbor), V2224G-OP #3, and V2224G-OP #4 (RPL Next-neighbor). Connections are as follows: <ul style="list-style-type: none"> Switch #1 (East port 1) connects to Switch #2 (West port 1) via a red RPL link. Switch #2 (East port 2) connects to Switch #3 (West port 2). Switch #3 (East port 1) connects to Switch #4 (West port 1). Switch #4 (East port 2) connects to Switch #1 (West port 2). Each switch has a port 3 connected to an external device: 101/1 to #1, 101/3 to #2, 103/3 to #4, and 101/4 to #3. </p>	

Show port	V2224GOP_1# V2224GOP_1# show port 1-3							
	NO	TYPE	PVID	COS	STATUS (ADMIN/OPER)	MODE	FLOWCTRL (ADMIN/OPER)	INSTALLED
	1:	Ethernet	1	0	Up/Up	Force/Full/1000	Off/ Off	Y
	2:	Ethernet	1	0	Up/Up	Force/Full/1000	Off/ Off	Y
	3:	Ethernet	1	0	Up/Up	Force/Full/1000	Off/ Off	Y
	V2224GOP_2# V2224GOP_2# show port 1-3							
	NO	TYPE	PVID	COS	STATUS (ADMIN/OPER)	MODE	FLOWCTRL (ADMIN/OPER)	INSTALLED
	1:	Ethernet	1	0	Up/Up	Force/Full/1000	Off/ Off	Y
	2:	Ethernet	1	0	Up/Up	Force/Full/1000	Off/ Off	Y
	3:	Ethernet	1	0	Up/Up	Force/Full/1000	Off/ Off	Y
	V2224GOP_3# V2224GOP_3# show port 1-3							
	NO	TYPE	PVID	COS	STATUS (ADMIN/OPER)	MODE	FLOWCTRL (ADMIN/OPER)	INSTALLED
	1:	Ethernet	1	0	Up/Up	Force/Full/1000	Off/ Off	Y
	2:	Ethernet	1	0	Up/Up	Force/Full/1000	Off/ Off	Y
	3:	Ethernet	1	0	Up/Up	Force/Full/1000	Off/ Off	Y
	Show ethernet oam r-aps	V2224GOP_1# V2224GOP_1# show ethernet oam r-aps						
Ring-ID Control-VLAN Traffic-VLANs Ring State				Bridge Role		East Port	West Port	
1		100	1-4094	A (Idle)	RPL-Owner		1 Blocking	2 Forwarding
V2224GOP_2# V2224GOP_2# show ethernet oam r-aps								
Ring-ID Control-VLAN Traffic-VLANs Ring State				Bridge Role		East Port	West Port	
1		100	1-4094	A (Idle)	Neighbour		2 Forwarding	1 Blocking
V2224GOP_3# V2224GOP_3# show ethernet oam r-aps								
Ring-ID Control-VLAN Traffic-VLANs Ring State				Bridge Role		East Port	West Port	
1		100	1-4094	A (Idle)	Normal		1 Forwarding	2 Forwarding
V2224GOP_4# V2224GOP_4# show ethernet oam r-aps								
Ring-ID Control-VLAN Traffic-VLANs Ring State				Bridge Role		East Port	West Port	
1		100	1-4094	A (Idle)	Next-Neighbour		2 Forwarding	1 Forwarding

2	- Truyền lưu lượng giữa 101/4 và 101/1.	- Thiết bị học được MACs và lưu lượng không bị rớt gói.
Chế độ Idle	<div data-bbox="475 443 1426 1086"> </div> <div data-bbox="475 1086 1426 1265"> - Trạng thái bình thường: Lưu lượng được chuyển tiếp qua 3 nút mạng 1,4,3. Đường đi của lưu lượng được thể hiện qua đường màu xanh lá. </div>	
Show mac	<div data-bbox="475 1265 1426 1848"> <pre> V2224GOP_1# show mac ===== vid port mac addr permission status in use ===== 200 eth02 00:00:00:01:00:04 OK dynamic 9.07 200 eth03 00:00:00:01:00:01 OK dynamic 9.07 V2224GOP_4# show mac ===== vid port mac addr permission status in use ===== 200 eth01 00:00:00:01:00:04 OK dynamic 9.07 200 eth02 00:00:00:01:00:01 OK dynamic 9.07 V2224GOP_3# show mac ===== vid port mac addr permission status in use ===== 200 eth01 00:00:00:01:00:01 OK dynamic 9.07 200 eth03 00:00:00:01:00:04 OK dynamic 9.07 </pre> </div>	
3	- Truyền lưu lượng giữa 101/1 và 101/4	- Lưu lượng được chuyển tiếp qua switch 2

	<ul style="list-style-type: none">- Thực hiện ngắt kết nối nối cổng 2 trên switch 4	<ul style="list-style-type: none">- Thời gian chuyển mạch <50ms																																													
Chế độ protect	<div><p>101/1, 101/3, 103/3, 101/4</p><p>V2224G-OP #1, V2224G-OP #2, V2224G-OP #3, V2224G-OP #4</p><p>RPL Owner, RPL Neighbor, RPL Next-neighbor</p></div> <ul style="list-style-type: none">- Lưu lượng được chuyển tiếp ngay lập tức từ switch 1 sang switch 2 đến switch 3 và ngược lại.- Liên kết giữa Switch 1 và switch 4 bị block.																																														
Thời gian chuyển mạch	<table><tr><td>All Ports</td><td>1799997</td><td>1797648</td><td>115199808</td><td>115049472</td><td>51.200</td><td>51.133</td><td>n/a</td><td>11.63</td></tr><tr><td>101/1->101/4, R1--->R3</td><td>1799997</td><td>1797648</td><td>115199808</td><td>115049472</td><td>51.200</td><td>51.133</td><td>2349</td><td>11.63</td></tr><tr><td>101/1->103/3, R1--->R4</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>101/4->101/1, R3--->R1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>103/3->101/1, R4--->R1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0</td><td></td></tr></table> <p>Thời gian chuyển mạch được máy đo thể hiện xấp xỉ 23.49ms <50ms</p>		All Ports	1799997	1797648	115199808	115049472	51.200	51.133	n/a	11.63	101/1->101/4, R1--->R3	1799997	1797648	115199808	115049472	51.200	51.133	2349	11.63	101/1->103/3, R1--->R4	0	0	0	0	0.000	0.000	0		101/4->101/1, R3--->R1	0	0	0	0	0.000	0.000	0		103/3->101/1, R4--->R1	0	0	0	0	0.000	0.000	0	
All Ports	1799997	1797648	115199808	115049472	51.200	51.133	n/a	11.63																																							
101/1->101/4, R1--->R3	1799997	1797648	115199808	115049472	51.200	51.133	2349	11.63																																							
101/1->103/3, R1--->R4	0	0	0	0	0.000	0.000	0																																								
101/4->101/1, R3--->R1	0	0	0	0	0.000	0.000	0																																								
103/3->101/1, R4--->R1	0	0	0	0	0.000	0.000	0																																								
4	<ul style="list-style-type: none">- Dừng truyền lưu lượng- Bật lại cổng 2 trên switch 4- Clear Mac- Show ethernet oam r-aps	<ul style="list-style-type: none">- Tắt cả các nút mạng trở lại trạng thái idle sau thời gian 1 phút																																													
show ethernet oam r-	<pre>V2224GOP_1# V2224GOP_1# show ethernet oam r-aps Ring-ID Control-VLAN Traffic-VLANs Ring State Bridge Role East Port West Port ----- 1 100 1-4094 A (Idle) RPL-Owner 1 Blocking 2 Forwarding</pre>																																														

aps	<pre> V2224GOP_2# V2224GOP_2# show ethernet oam r-aps Ring-ID Control-VLAN Traffic-VLANs Ring State Bridge Role East Port West Port ----- 1 100 1-4094 A (Idle) Neighbour 2 Forwarding 1 Blocking </pre> <pre> V2224GOP_3# V2224GOP_3# show ethernet oam r-aps Ring-ID Control-VLAN Traffic-VLANs Ring State Bridge Role East Port West Port ----- 1 100 1-4094 A (Idle) Normal 1 Forwarding 2 Forwarding </pre> <pre> V2224GOP_4# V2224GOP_4# show ethernet oam r-aps Ring-ID Control-VLAN Traffic-VLANs Ring State Bridge Role East Port West Port ----- 1 100 1-4094 A (Idle) Next-Neighbour 2 Forwarding 1 Forwarding </pre>	
5	- Truyền lưu lượng giữa 103/3 và 101/1.	- Thiết bị học được MACs và lưu lượng không bị rớt gói.
Chế độ Idle	 <p>Trạng thái bình thường: Lưu lượng được chuyển tiếp qua 2 nút mạng 1,4. Đường đi của lưu lượng được thể hiện qua đường màu xanh lá.</p>	
Show mac	<pre> V2224GOP_1# show mac ===== vid port mac addr permission status in use ===== 200 eth02 00:00:00:03:00:03 OK dynamic 13.21 200 eth03 00:00:00:01:00:01 OK dynamic 13.21 </pre> <pre> V2224GOP_4# show mac ===== vid port mac addr permission status in use ===== </pre>	

	200 eth02 00:00:00:01:00:01 OK dynamic 13.21																																														
	200 eth03 00:00:00:03:00:03 OK dynamic 13.21																																														
6	<ul style="list-style-type: none">- Truyền lưu lượng giữa 101/1 và 103/3- Thực hiện ngắt kết nối cổng 2 trên switch 4	<ul style="list-style-type: none">- Lưu lượng được chuyển tiếp qua switch 3 và switch 2- Thời gian chuyển mạch <50ms																																													
Trạng thái protect	<div><p>101/1 101/3 103/3 101/4</p><p>RPL Owner V2224G-OP #1 RPL Neighbor V2224G-OP #2 RPL Next-neighbor V2224G-OP #3 V2224G-OP #4</p><p>East West Unblock RPL West East East West</p></div> <ul style="list-style-type: none">- Lưu lượng được chuyển tiếp ngay lập tức từ switch 1 sang switch 2 qua switch 3 đến switch 4 và ngược lại.- Liên kết giữa Switch 1 và switch 4 bị block.																																														
Thời gian chuyển mạch	<table><tr><td>All Ports</td><td>1699997</td><td>1697763</td><td>108799808</td><td>108656832</td><td>51.200</td><td>51.133</td><td>n/a</td><td>10.06</td></tr><tr><td>101/1->101/4, R1--->R3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>101/1->103/3, R1--->R4</td><td>1699997</td><td>1697763</td><td>108799808</td><td>108656832</td><td>51.200</td><td>51.133</td><td>2234</td><td>10.06</td></tr><tr><td>101/4->101/1, R3--->R1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>103/3->101/1, R4--->R1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0</td><td></td></tr></table> <p>Thời gian chuyển mạch được máy đo thể hiện xấp xỉ 22.34 ms <50ms</p>		All Ports	1699997	1697763	108799808	108656832	51.200	51.133	n/a	10.06	101/1->101/4, R1--->R3	0	0	0	0	0.000	0.000	0		101/1->103/3, R1--->R4	1699997	1697763	108799808	108656832	51.200	51.133	2234	10.06	101/4->101/1, R3--->R1	0	0	0	0	0.000	0.000	0		103/3->101/1, R4--->R1	0	0	0	0	0.000	0.000	0	
All Ports	1699997	1697763	108799808	108656832	51.200	51.133	n/a	10.06																																							
101/1->101/4, R1--->R3	0	0	0	0	0.000	0.000	0																																								
101/1->103/3, R1--->R4	1699997	1697763	108799808	108656832	51.200	51.133	2234	10.06																																							
101/4->101/1, R3--->R1	0	0	0	0	0.000	0.000	0																																								
103/3->101/1, R4--->R1	0	0	0	0	0.000	0.000	0																																								
7	<ul style="list-style-type: none">- Truyền lưu lượng giữa 101/1 và 103/3- Thực hiện bật lại cổng 2 trên switch 4	<ul style="list-style-type: none">- Lưu lượng được chuyển tiếp trực tiếp giữa switch 1 và 4- Thời gian chuyển mạch <50ms																																													

Trạng thái Idle	<div><ul style="list-style-type: none">- Lưu lượng được chuyển tiếp ngay lập tức từ switch 1 sang switch 4 và ngược lại.- Liên kết giữa Switch 1 và switch 2 bị block (RPL)- Trạng thái vòng liên kết trở lại bình thường sau khi bộ đếm WTR hết hạn (Idle)</div>																																													
Thời gian chuyển mạch	<table><tr><th>All Ports</th><th>1799997</th><th>1797513</th><th>115199808</th><th>115040832</th><th>51.200</th><th>51.129</th><th>n/a</th><th>10.28</th></tr><tr><td>101/1->101/4, R1--->R3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>101/1->103/3, R1--->R4</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>101/4->101/1, R3--->R1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>103/3->101/1, R4--->R1</td><td>1799997</td><td>1797513</td><td>115199808</td><td>115040832</td><td>51.200</td><td>51.129</td><td>2484</td><td>10.28</td></tr></table> <p>Thời gian chuyển mạch được máy đo thể hiện xấp xỉ 24.84 ms <50ms</p>	All Ports	1799997	1797513	115199808	115040832	51.200	51.129	n/a	10.28	101/1->101/4, R1--->R3	0	0	0	0	0.000	0.000	0		101/1->103/3, R1--->R4	0	0	0	0	0.000	0.000	0		101/4->101/1, R3--->R1	0	0	0	0	0.000	0.000	0		103/3->101/1, R4--->R1	1799997	1797513	115199808	115040832	51.200	51.129	2484	10.28
All Ports	1799997	1797513	115199808	115040832	51.200	51.129	n/a	10.28																																						
101/1->101/4, R1--->R3	0	0	0	0	0.000	0.000	0																																							
101/1->103/3, R1--->R4	0	0	0	0	0.000	0.000	0																																							
101/4->101/1, R3--->R1	0	0	0	0	0.000	0.000	0																																							
103/3->101/1, R4--->R1	1799997	1797513	115199808	115040832	51.200	51.129	2484	10.28																																						

2.3.4. Kết luận thử nghiệm

Với các tiêu chí cốt lõi của một vòng liên kết Ethernet, mô hình thử nghiệm liên kết 4 switch Lightsmart V2224G-OP đã đáp ứng tốt, cụ thể như sau:

Bảng 2.6: Kết quả thử nghiệm ERPS của switch V2224G-OP

Tiêu chí	Kết quả thử nghiệm
Tạo một vòng liên kết Ethernet	Đáp ứng
Hỗ trợ giao thức ERPS theo chuẩn G.8032	Đáp ứng
Không có hiện tượng lặp (loop) dữ liệu trong vòng liên kết	Đáp ứng
Tín hiệu được chuyển tiếp bình thường, không có lỗi ở trạng thái bình thường (Idle)	Đáp ứng
Tín hiệu được chuyển mạch khi vòng liên kết phát hiện sự cố	Đáp ứng
Thời gian chuyển mạch <50ms	Đáp ứng

2.4. Kết luận chương

ERPS thực sự là một giải pháp hiệu quả về mặt kinh tế, triển khai nhanh chóng để cung cấp khả năng chuyển mạch bảo vệ liên kết Ethernet mà không cần thay đổi các chức năng chuyển tiếp lưu lượng, lọc dữ liệu sẵn có trên mạng Ethernet. ERPS theo chuẩn G.8032 đơn giản chỉ tận dụng khả năng sẵn có của mạng Ethernet và bổ sung phần mềm hỗ trợ giao thức ERPS (hay còn nhiều tên gọi khác như ERP, R-APS). ERPS hỗ trợ tất cả các giao diện vật lý chuẩn Ethernet như 100M/1Ge/10Ge/100Ge, vì vậy có thể dễ dàng nâng cấp dung lượng của vòng liên kết, nâng cao việc sử dụng băng thông một cách có hiệu quả. Khả năng chuyển mạch nhỏ hơn 50ms đáp ứng được việc cung cấp các loại dịch vụ yêu cầu độ trễ thấp như LTE4G/3G/2G.

CHƯƠNG 3: ỨNG DỤNG ERPS VÀO MẠNG TRUY NHẬP ETHERNET TẠI VIỄN THÔNG TỈNH THANH HÓA

3.1. Giới thiệu chương

Tìm hiểu mạng truy nhập Ethernet tại Viễn Thông tỉnh Thanh Hóa. Xây dựng mô hình ERPS ứng dụng vào mạng truy nhập Ethernet tại Viễn Thông tỉnh Thanh Hóa. Theo dõi, đánh giá hiệu năng của hệ thống trước và sau khi áp dụng ERPS.

3.2. Mạng truy nhập Ethernet Viễn Thông Tỉnh Thanh Hóa

Thanh Hóa là một tỉnh lớn của Bắc Trung Bộ, có lãnh thổ rộng lớn: 11.129,48 km², là tỉnh có diện tích lớn thứ 5 trong cả nước. Địa hình Thanh Hoá khá phức tạp, chia cắt nhiều và thấp dần theo hướng Tây - Đông. Từ phía Tây sang phía Đông có các dải địa hình núi, trung du, đồng bằng và ven biển. Trong tổng diện tích 11.129,48 km² thì địa hình núi, trung du chiếm 73,3%; đồng bằng 16% và vùng ven biển 10,7% [1].

Theo Niên giám Thống kê Thanh Hóa năm 2014, tỉnh Thanh Hoá có 3.496.600 người, là tỉnh có số dân đông thứ ba trong cả nước (sau thành phố Hồ Chí Minh và thủ đô Hà Nội) và là tỉnh đông dân nhất so với sáu tỉnh Bắc Trung Bộ. Thanh Hoá là tỉnh có nhiều đơn vị hành chính nhất cả nước với 27 đơn vị hành chính cấp huyện và tương đương, có 579 xã, 30 phường, 28 thị trấn và 6.031 thôn, xóm, bản làng; trong đó có 184 xã miền núi và 12 thị trấn miền núi (số liệu năm 2014). Tỉnh có 6 huyện, thị xã thuộc vùng ven biển, 11 huyện thuộc vùng núi và 10 huyện, thị xã, thành phố thuộc vùng đồng bằng [1].

Với điều kiện địa lý và xã hội như vậy, VNPT Thanh Hóa là một trong những tỉnh có số lượng khách hàng lớn nhất cả nước. Với sự đa dạng về các loại hình cung cấp dịch vụ:

- Dịch vụ điện thoại: bao gồm thoại cố định, di động và các loại hình giá trị gia tăng khác.
- Dịch vụ internet: cáp quang fiber VNN.
- Dịch vụ nội dung: như Sổ liên lạc điện tử, hợp thư tự động 8011, 1080...

- Dịch vụ IDC: bao gồm domain, web hosting, mail-online...
- Dịch vụ truyền dữ liệu: như megawan, kênh thuê riêng lease line, metronet, truyền hình hội nghị, dịch vụ truyền số liệu chuyên dùng.
- Dịch vụ MyTV: trên hạ tầng cáp quang và cáp đồng [2].

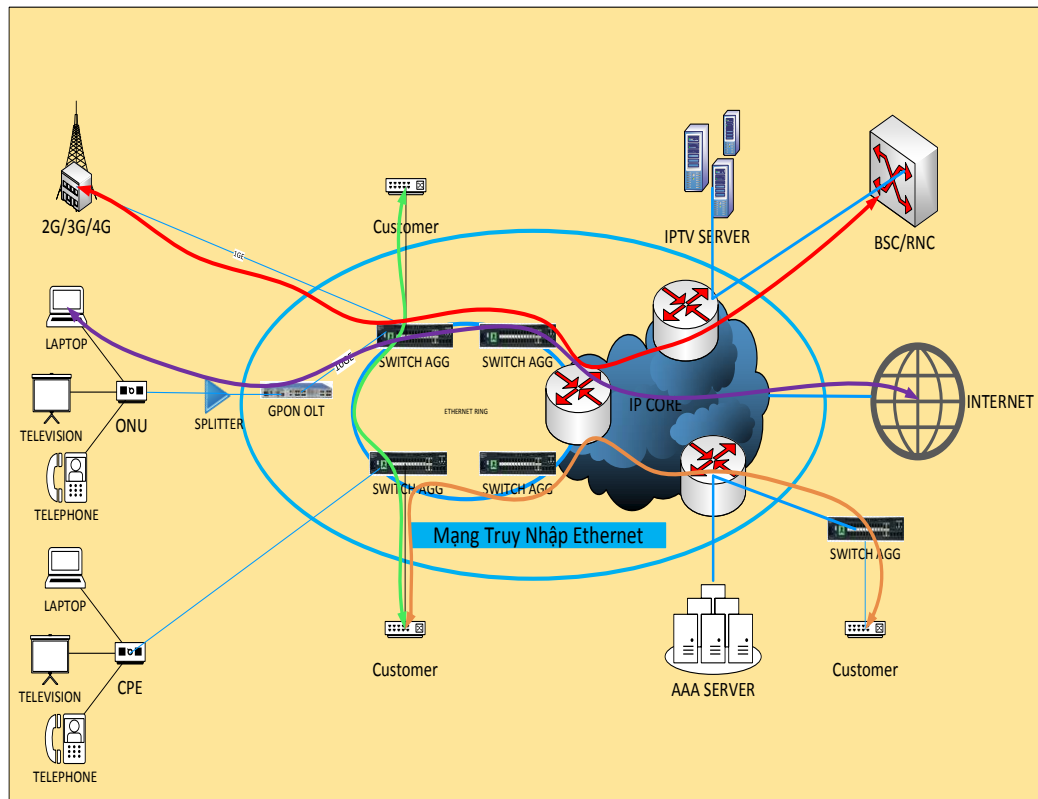
Tính đến tháng 8 năm 2020, số lượng khách hàng sử dụng các dịch vụ chủ đạo như sau:

- Dịch vụ Internet: > 200.000 thuê bao
- Dịch vụ điện thoại cố định: >27.000 thuê bao
- Dịch vụ MyTV: > 100.000 thuê bao

Về di động số lượng thuê bao trả sau > 110.000 thuê bao và > 1.000.000 thuê bao trả trước với số lượng các trạm di động phủ sóng 99% địa hình toàn tỉnh.

- Số lượng trạm 2G: > 800 trạm
- Số lượng trạm 3G: > 900 trạm
- Số lượng trạm 4G: > 700 trạm

Số lượng thống kê dựa trên số liệu thực tế nhưng để đảm bảo an toàn thông tin thì các giá trị trên mang tính tương đối.



Hình 3.1: Mô hình mạng truy nhập Ethernet của VNPT Tỉnh Thanh Hóa

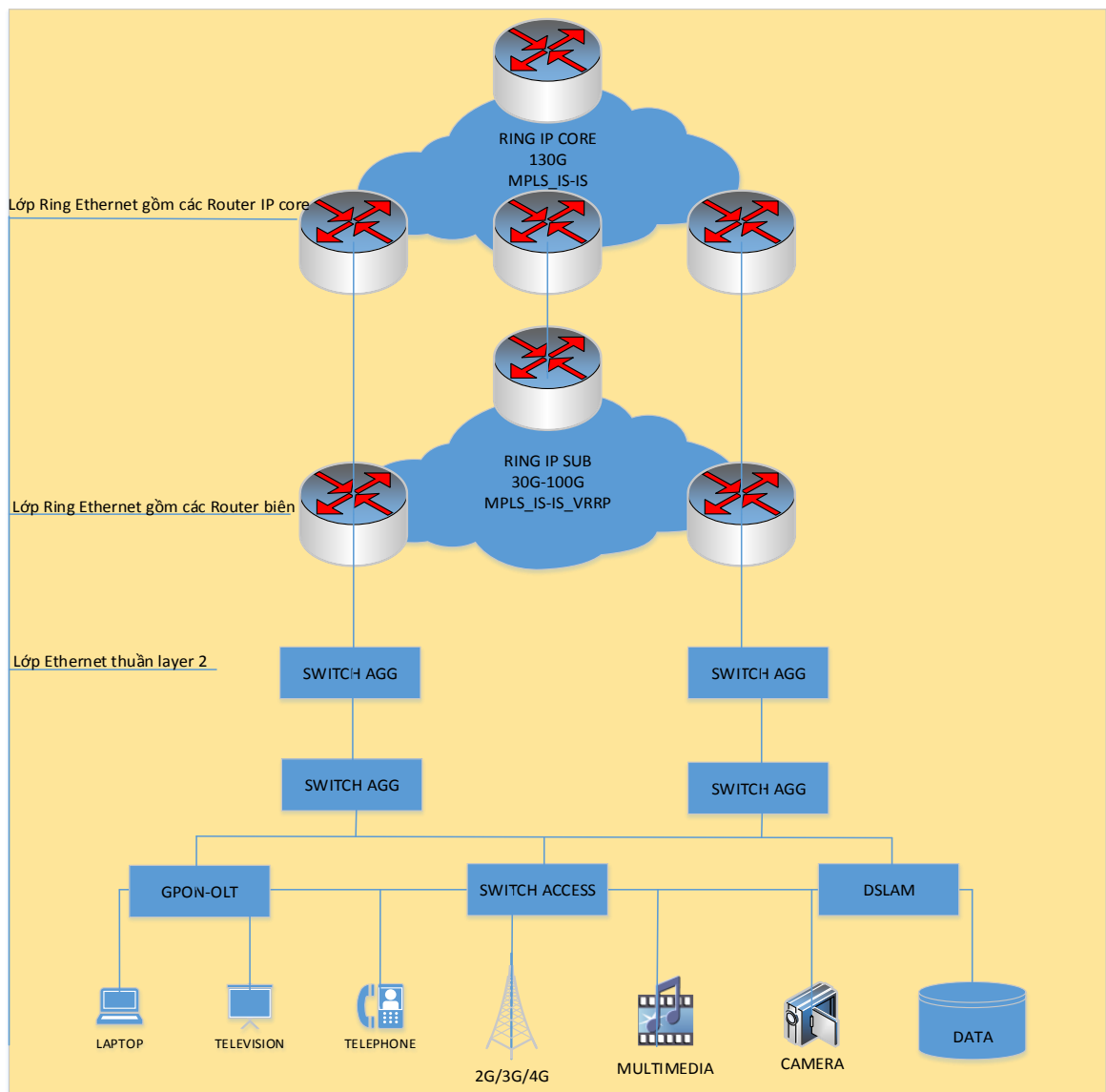
Mạng truy nhập Ethernet tại VNPT Tỉnh Thanh hóa có thể chia làm 3 lớp chính:

- Ring IP core 130G bao gồm các Router Juniper, kết nối đến các server cung cấp dịch vụ VoD(MyTV), đến Bras cung cấp xác thực Internet 7 tham số, 4G/RNC/BSC cho di động và các server cung cấp dịch vụ khác. Giao thức định tuyến là MPLS và IS-IS
- Ring IP sub gồm các Ring router Juniper dung lượng từ khoảng 30G đến 100G bao dùng để gom lưu lượng từ phía mạng ethernet thuần layer 2. Giao thức định tuyến là MPLS, IS-IS hoặc VRRP.
- Bao gồm toàn bộ các thiết bị từ lớp switch aggregation (gom), switch access, các thiết bị OLT, DSLAM, các trạm di động đến đầu cuối khách hàng. Đây là lớp mạng truy cập Ethernet thuần layer 2 có thể áp dụng nhanh chóng giao thức ERPS theo chuẩn G.8032 vào việc chuyển mạch bảo vệ. Ta có thể gọi lớp này là

miền truy nhập của mạng truy nhập ethernet bởi vì các kết cuối của mạng nằm ở lớp này.

Trong miền truy nhập, ta có thể thấy được các switch AGG(Aggregation) đóng vai trò vô cùng quan trọng trong việc chuyển tiếp lưu lượng. Nó vừa có thể đóng vai trò là switch access cung cấp dịch vụ, vừa có thể là thiết bị mobile backhaul cho di động và cũng có thể đóng vai trò đúng như tên gọi Aggregation là gom lưu lượng layer 2 để chuyển tiếp lên tầng cao hơn.

Các switch AGG trên mạng VNPT Tỉnh Thanh Hóa bao gồm nhiều chủng loại của các hãng cung cấp thiết bị như VFT, Huawei, ZTE, Cisco... Trong đó số lượng switch do VFT cung cấp chiếm 70% với hơn 600 switch phủ khắp các trạm trên địa bàn VNPT Tỉnh Thanh Hóa. Tuy nhiên, các giải pháp chuyển mạch bảo vệ đều dựa trên các thao tác thủ công của người vận hành, khai thác khi phát hiện sự cố. Có một vài vòng liên kết sử dụng STP hay RSTP nhưng chưa đáp ứng được yêu cầu dịch vụ cần độ trễ thấp. Đây là một môi trường lý tưởng để triển khai thử nghiệm cấu hình ERPS theo chuẩn G.8032 để chuyển mạch bảo vệ layer 2 nhằm nâng cao độ tin cậy của hệ thống mà yếu tố đặc biệt chú trọng ở đây là bảo vệ đường truyền, đảm bảo tính liên tục của dịch vụ.

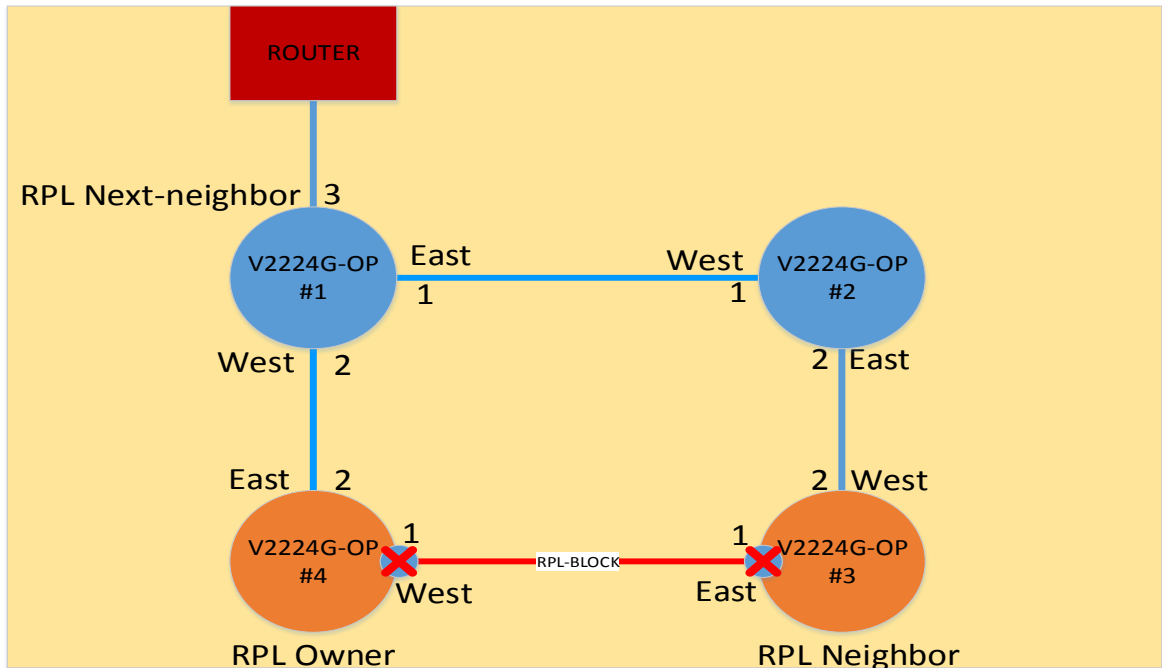


Hình 3.2: Mô hình phân cấp mạng truy nhập Ethernet của VNPT Tỉnh Thanh Hóa

3.3. Các mô hình đề xuất thử nghiệm

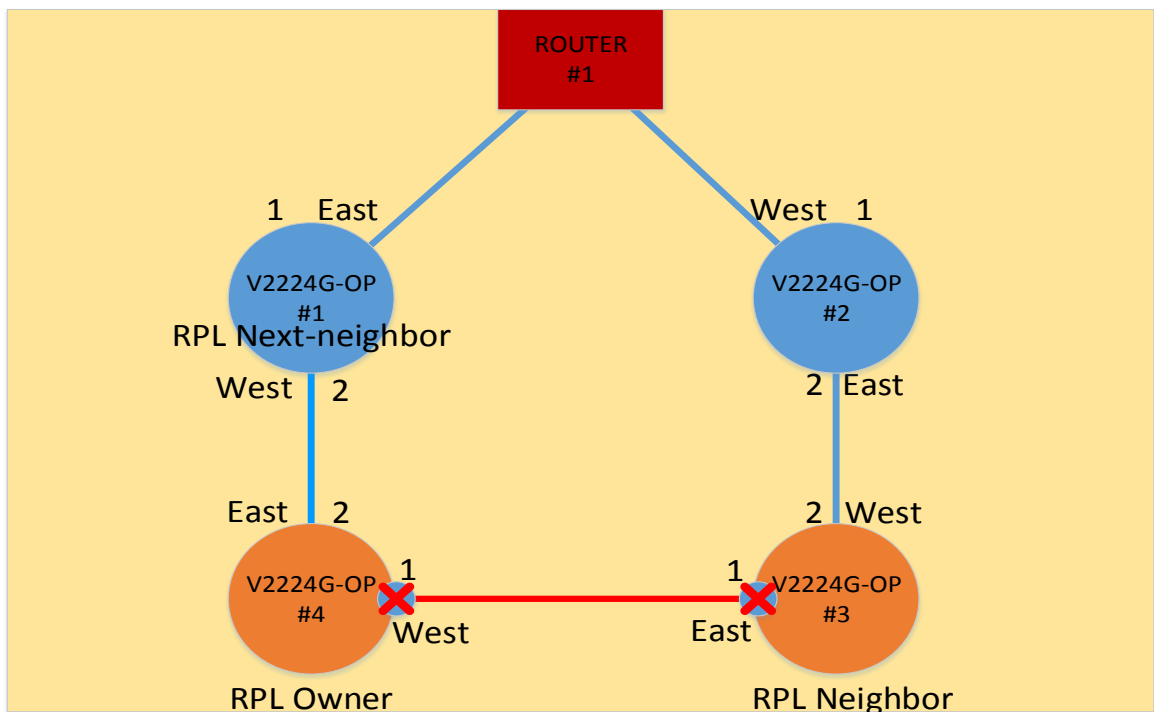
Từ việc tìm hiểu cấu trúc mạng của mạng truy cập Ethernet tại VNPT Tỉnh Thanh Hóa ta có thể áp dụng một số mô hình cơ bản sau đây.

3.3.1. Mô hình Ring ERPS có một đường uplink lên Router



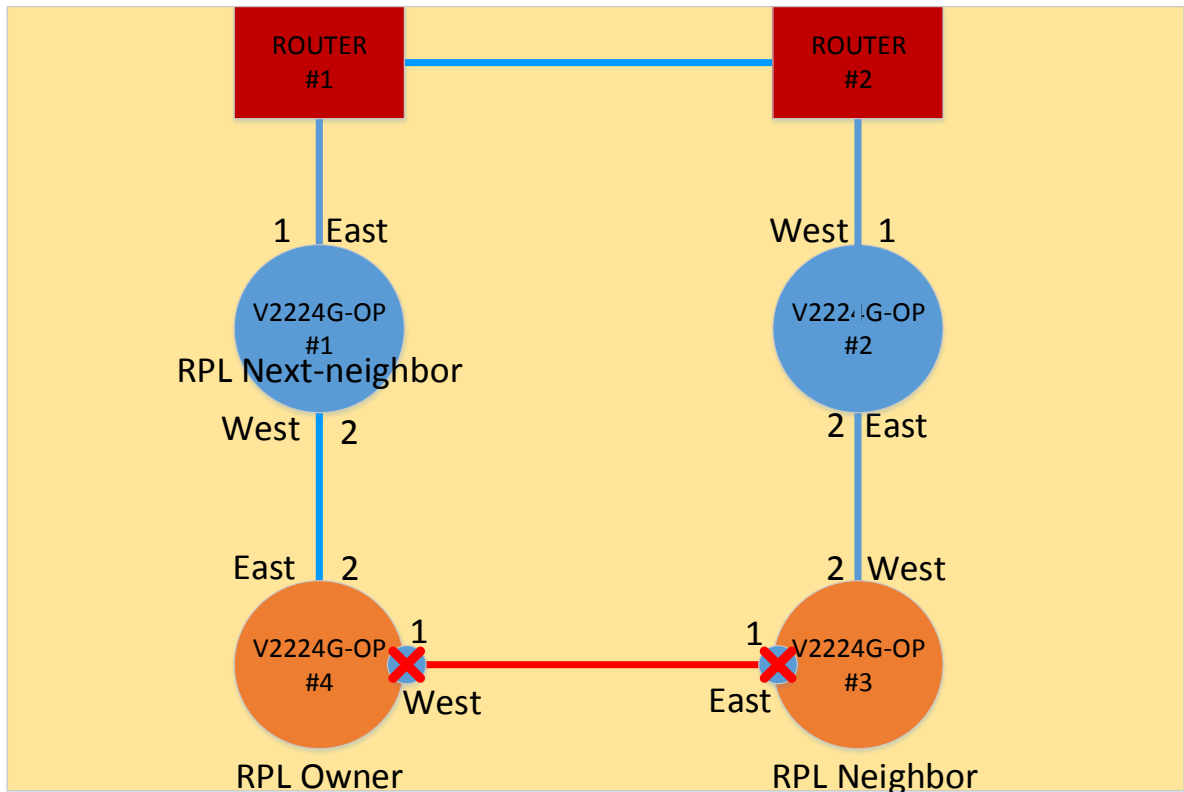
Hình 3.3: Mô hình thử nghiệm Ring ERPS có một đường uplink lên Router

3.3.2. Mô hình Ring ERPS có hai đường Uplink lên cùng một Router



Hình 3.4: Mô hình thử nghiệm Ring ERPS có hai đường uplink lên một Router

3.3.3. Mô hình Ring ERPS có hai đường Uplink lên hai Router



Hình 3.5: Mô hình thử nghiệm Ring ERPS có hai đường uplink lên hai Router

Trên đây là ba mô hình khép Ring dễ dàng áp dụng ERPS trên mạng truy nhập VNPT Tỉnh Thanh Hóa. Với các kết nối Point to Point và Point to Multipoint giữa các switch V2224G-OP trên mạng, ta có thể dễ dàng khép ring bằng việc bổ sung thêm các kết nối trên các đường quang sẵn có, hoặc bổ sung một đường quang mới mà không cần nâng cấp thiết bị.

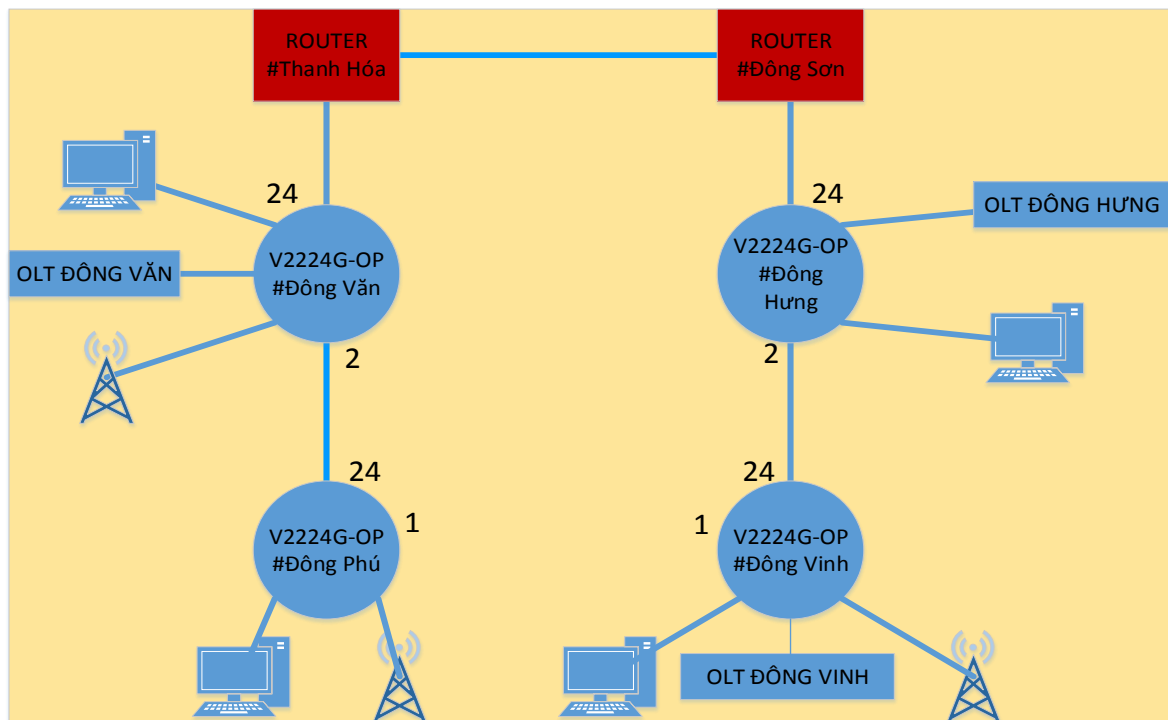
Trong cả ba mô hình nói trên ta có thể thấy việc chọn vị trí RPL có thể tối ưu hóa băng thông trong Ring một cách hiệu quả. Việc chọn RPL sao cho khi ở trạng thái Idle thì lưu lượng sẽ được các switch chuyển tiếp trên hai hướng khác nhau trong Ring, đảm bảo băng thông trên các kết nối không bị nghẽn. Duy nhất, mô hình trong hình 3.3 có thể nghẽn do chỉ có một đường uplink lên Router. Việc này có thể gây mất dịch vụ toàn bộ Ring nếu Switch kết nối lên Router không hoạt động. Ta có thể thấy mô hình trong hình 3.5 là tối ưu nhất trong 3 mô hình trên do có 2 đường

uplink lên 2 Router riêng biệt. Có thể tối ưu hóa băng thông theo 2 hướng uplink khác nhau. Khi có sự cố tại một switch kết nối trực tiếp lên Router thì lưu lượng trong Ring không bị mất toàn bộ mà chỉ bị mất trên switch bị lỗi.

Từ quá trình thử nghiệm và các kết quả trong việc kiểm tra tính năng ERPS, VNPT Tỉnh Thanh Hóa đã bố trí thực hiện thí điểm cả ba mô hình kết nối trên nhằm đánh giá tính hiệu quả trên mạng truy nhập Ethernet của VNPT Tỉnh Thanh Hóa. Với các mô hình thí điểm tại mạng truy nhập của VNPT Tỉnh Thanh Hóa.

Môi trường thử nghiệm được thực hiện tại khu vực Đông Sơn thuộc thành phố Thanh Hóa. Khu vực Đông Sơn hiện tại có 4 switch V2224G-OP kết nối với nhau thành mô hình cây. Các switch V2224G-OP tại khu vực này đóng vai trò là switch gom lưu lượng di động, dịch vụ băng rộng FTTH và các dịch vụ khác. Để triển khai thử nghiệm, việc đầu tiên sẽ thiết lập đường truyền cáp quang để kết nối 4 Switch thành dạng vòng liên kết như hình 3.6. Tiếp đó sẽ thống kê lưu lượng trên các switch để đưa ra cách lựa chọn chức năng cho từng switch. Việc sử dụng 4 switch V2224G-OP để khép ring nhằm mục đích thử nghiệm trên một Ring nhỏ, số lượng nút mạng vừa đủ để khai báo cấu hình các nút chức năng

- RPL-Owner: Chủ sở hữu liên kết RPL. Luôn chặn liên kết RPL ở trạng thái Idle và mở chặn khi Ring phát hiện sự cố
- RPL-Neighbor: Kết nối trực tiếp với RPL-Owner qua liên kết RPL. Luôn chặn liên kết RPL ở trạng thái Idle và mở chặn khi Ring phát hiện sự cố
- RPL-Next neighbor: Kết nối trực tiếp với RPL-Owner qua liên kết không phải RPL còn lại trên RPL-Owner. Luôn mở cả hai hướng liên kết để chuyển tiếp lưu lượng ở trạng thái Idle.
- Và một nút mạng không cần định nghĩa chức năng liên quan đến RPL.



Hình 3.6: Mô hình kết nối hiện trạng tại vị trí thí điểm ERPS

Do cấu hình giao thức ERPS trong cả ba mô hình trên đều như nhau nên trong thời lượng của luận văn chỉ trình bày việc cấu hình thử nghiệm mô hình có 2 đường uplink lên 2 Router khác nhau như mô hình trong hình 3.5.

Liên kết giữa các switch và Router là liên kết quang dung lượng 1Ge. Lưu lượng sau khi được chuyển tiếp đến các Router sẽ được bóc phần mào đầu Layer 2 để định tuyến theo Layer 3 đến các địa chỉ ip đích của gói tin.

Số lượng thuê bao và nhu cầu băng thông hiện tại như sau:

Bảng 3.1 Thống kê nhu cầu băng thông của mô hình thử nghiệm

Thành phần mạng	OLT	Trạm di động	Thuê bao trực tiếp	Tổng băng thông
Switch Đông Văn	- 72 thuê bao	- 2 trạm 4G - 1 trạm 2G/3G	- 12 thuê bao - 1 kênh thuê riêng	

	BW: 216Mbps	BW: 50Mbps	BW: 46Mbps	312Mbps
Switch Đông Phú		- 4 trạm 4G - 2 trạm 2G/3G	- 15 thuê bao	
		BW:100Mbps	BW: 45Mbps	145Mbps
Switch Đông Vinh	- 50 thuê bao	- 1 trạm 4G	- 16 thuê bao - 1 kênh thuê riêng	
	BW:150Mbps	BW: 20Mbps	BW: 58Mbps	228Mbps
Switch Đông Hưng	- 26 thuê bao		- 10 thuê bao	
	BW:72Mbps		BW: 30Mbps	102Mbps
Tổng băng thông				787Mbps

Yêu cầu được đặt ra là cấu hình Ring Ethernet chuyển mạch bảo vệ bằng ERPS theo chuẩn G.8032. Thời gian chuyển mạch, bảo vệ đảm bảo dịch vụ không gián đoạn theo các tiêu chí sau:

- Đối với Internet: Kiểm tra bằng cách đặt ping đến địa chỉ 8.8.8.8. Yêu cầu tỉ lệ rơi gói < 10E-9 trong thời gian chuyển mạch bảo vệ cũng như hoàn nguyên.
- Đối với MyTV: Kiểm tra bằng cách xem một kênh trực tiếp, đảm bảo kênh không bị gián đoạn. Chất lượng hình ảnh tốt
- Đối với thoại: Không bị gián đoạn cuộc gọi
- Đối với dữ liệu di động: Kiểm tra bằng cách vào game online, đảm bảo quá trình chơi game online không bị gián đoạn.

Với 3 mô hình ứng dụng ERPS đưa ra ở trên thì để tối ưu hóa băng thông, ta chọn RPL là liên kết giữa Switch Đông Phú và Đông Vinh.

Thông tin cấu hình như sau:

Bảng 3.2: Thông tin cấu hình ERPS của mô hình thử nghiệm

	Switch Đông Văn	Switch Đông Hưng	Switch Đông Vinh	Switch Đông Phú
R-APS id	1	1	1	1
Meg-level	7	7	7	7
Vlan-control	Vlan 2	Vlan 2	Vlan 2	Vlan 2
Vlan-traffic	Vlan 3-4094	Vlan 3-4094	Vlan 3-4094	Vlan 3-4094
Wait-to-restore	1 phút	1 phút	1 phút	1 phút
East	Cổng 24	Cổng 2	Cổng 1	Cổng 24
West	Cổng 2	Cổng 24	Cổng 24	Cổng 1
Chức năng	RPL-Next neighbor		RPL-Neighbor	RPL-Owner

Khi thực hiện việc áp dụng cấu hình ERPS cho các switch đang hoạt động trên mạng cần tuân thủ triệt để các bước sau để giảm thiểu thời gian gián đoạn dịch vụ.

❖ **Bước 1: Dựng mô hình kết nối, lập bảng thông tin cấu hình**

- Dựng mô hình kết nối, xác định được các liên kết còn thiếu để khép Ring
- Tính toán bảng thông cần thiết khi cấu hình ERPS. Đảm bảo bảng thông không bị nghẽn trong mọi trường hợp
- Lập bảng thông tin cấu hình, xác định các chức năng từng nút mạng, địa chỉ cổng kết nối, miền bảo trì, vlan-control....

❖ **Bước 2: Kết nối các liên kết vật lý còn thiếu để khép ring**

- Disable cổng cần kết nối quang trên các switch cần liên kết với nhau để tránh tạo thành vòng lặp. Thông thường ta sẽ disable cổng định nghĩa là RPL trên RPL-Owner.

- Trong mô hình thí điểm này thì sẽ disable cổng 1 trên switch Đông Phú và sau đó tiến hành kết nối quang giữa cổng 1 switch Đông phú và Cổng 1 switch Đông Vĩnh. Điều này tuyệt đối quan trọng khi khai báo ERPS. Trạng thái cổng 1 trên switch Đông Phú sẽ luôn disable trong suốt quá trình khai báo cấu hình.

❖ **Bước 3: Khai báo cấu hình nhưng không kích hoạt R-APS**

- Ta tiến hành khai báo các câu lệnh sau, những câu lệnh này sẽ không làm ảnh hưởng đến việc hoạt động của switch. Trừ khi kích hoạt R-APS.

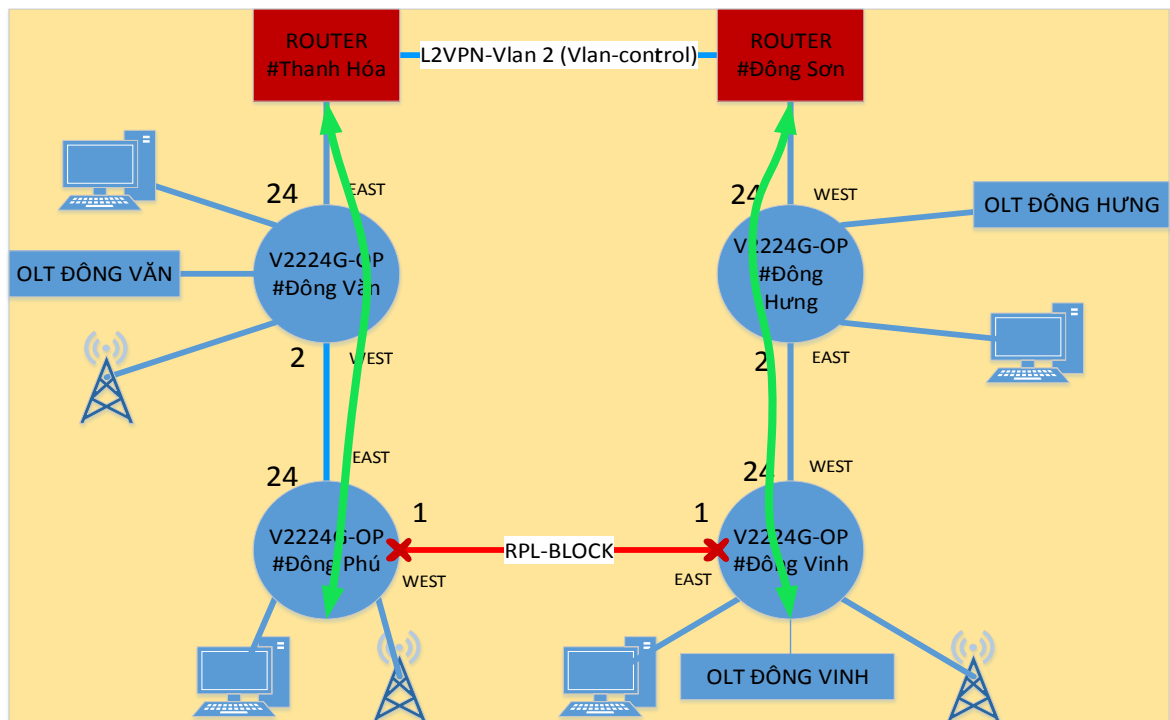
Bảng 3.3: Cấu hình ERPS trên các switch của mô hình thử nghiệm

V2224G-OP#ĐÔNG VẮN ethernet oam enable ! ethernet oam r-aps 1 level 7 vlan 2 traffic-vlan 3-4094 ! ethernet oam r-aps 1 wait-to-restore 1 ! ethernet oam r-aps 1 ringports east 24 west 2 ! ethernet oam r-aps 1 rpl west next-neighbor	V2224G-OP#ĐÔNG HÙNG ethernet oam enable ! ethernet oam r-aps 1 level 7 vlan 2 traffic-vlan 3-4094 ! ethernet oam r-aps 1 wait-to-restore 1 ! ethernet oam r-aps 1 ringports east 2 west 24 !
V2224G-OP#ĐÔNG PHÚ ethernet oam enable ! ethernet oam r-aps 1 level 7 vlan 2 traffic-vlan 3-4094 ! ethernet oam r-aps 1 wait-to-restore 1 ! ethernet oam r-aps 1 ringports east 24 west 1 ! ethernet oam r-aps 1 rpl west owner	V2224G-OP#ĐÔNG VINH ethernet oam enable ! ethernet oam r-aps 1 level 7 vlan 2 traffic-vlan 3-4094 ! ethernet oam r-aps 1 wait-to-restore 1 ! ethernet oam r-aps 1 ringports east 1 west 24 ! ethernet oam r-aps 1 rpl east neighbor

- Lưu ý phải đồng bộ cấu hình vlan giữa cổng east và cổng west trên một nút mạng
- Khai một kênh L2VPN cho vlan-control của Ring thông giữa 2 Router

❖ **Bước 4: Lập kế hoạch xin tác động mạng lưới để kích hoạt R-APS**

- Đăng ký tác động mạng lưới vào thời gian lưu lượng thấp điểm (Thường sau 23h)
- Cần có cán bộ kỹ thuật trực tại trạm để phối hợp
- Ta tiến hành kích hoạt R-APS bằng câu lệnh: ethernet oam r-aps 1 enable. Nguyên tắc là kích hoạt switch xa trước gần sau(xa, gần ở đây là thứ tự kết nối tính từ Router)
- Sau khi kích hoạt R-APS, có thể sẽ làm gián đoạn dịch vụ trong vòng 1 phút.
- Kiểm tra tất cả các dịch vụ đang khai thác trên toàn bộ switch thuộc Ring. Nếu tất cả các dịch vụ bình thường, theo dõi tiếp thêm 15 phút. Nếu dịch vụ bị gián đoạn hơn 2 phút cần tắt nguồn các switch và bật lại (khi khởi động lại switch thì trở lại trạng thái chưa kích hoạt R-APS). Sau đó rà soát lại cấu hình và thực hiện kích hoạt lại R-APS.
- Khi dịch vụ ổn định trong vòng 15 phút. Ta kiểm tra trạng thái R-APS trên tất cả các switch. Nếu trạng thái R-APS trên các switch đều protection thì Ring đã hoạt động (Do liên kết RPL đang disable trên RPL-Owner)
- Ta tiến hành enable cổng RPL trên RPL-Owner. Sau thời gian 1 phút, kiểm tra trạng thái các switch đều chuyển sang trạng thái Idle, trạng thái RPL bị block(chặn lưu lượng) trên RPL-Owner và RPL-Neighbor
- Khi trạng thái của Ring là Idle, ta tiến hành kiểm tra khả năng chuyển mạch bảo vệ bằng cách disable/enable lần lượt các kết nối giữa switch trong vòng ring. Nếu dịch vụ không bị gián đoạn thì Ring đã đáp ứng được yêu cầu chuyển mạch bảo vệ đúng theo các tiêu chí đã được đặt ra.
- Bước cuối cùng, rà soát lại toàn bộ dịch vụ đang khai thác trên các switch thuộc Ring. Nếu vẫn ổn định thì ta đã hoàn thành cấu hình một Ring Ethernet chuyển mạch bảo vệ bằng giao thức ERPS theo chuẩn G.8032.



Hình 3.7: Mô hình kết nối thử nghiệm ERPS tại VNPT Tỉnh Thanh Hóa

3.4. Theo dõi, đánh giá hiệu năng hệ thống trước và sau khi áp dụng ERPS

Sau khi thí điểm áp dụng ERPS trên mạng khu vực Đông Sơn thuộc Thành Phố Thanh Hóa. VNPT Tỉnh Thanh Hóa đã theo dõi và thống kê số liệu trước và sau khi áp dụng với thời gian 1 tháng. Kết quả như sau

- Đối với Internet: Kiểm tra bằng cách đặt ping đến địa chỉ 8.8.8.8. Yêu cầu tỉ lệ rớt gói < 10E-9 trong thời gian chuyển mạch bảo vệ cũng như hoàn nguyên.
- Đối với MyTV: Kiểm tra bằng cách xem một kênh trực tiếp, đảm bảo kênh không bị gián đoạn. Chất lượng hình ảnh tốt
- Đối với thoại: Không bị gián đoạn cuộc gọi
- Đối với dữ liệu di động: Kiểm tra bằng cách vào game online, đảm bảo quá trình chơi game online không bị gián đoạn.

Bảng 3.4: Bảng so sánh các chỉ tiêu trước và sau khi áp dụng ERPS của mô hình thử nghiệm tại VNPT Thanh Hóa

Các tiêu chí	Tiêu chuẩn	Trước khi áp dụng ERPS	Sau khi áp dụng ERPS
Hiệu quả sử dụng băng thông	< 70% băng thông tối đa của kết nối	< 50%	< 50%
Các tham số chất lượng dịch vụ: - Lost of Frame, - Delay, - Jitter.	- Lost of Frame < 10E-6 - Latency <15ms - Jitter< 5ms	- Lost of Frame < 10E-6 - Latency <15ms - Jitter< 5ms	- Lost of Frame< 10E-7 - Latency<10ms - Jitter<2ms
Số lượng dịch vụ mất liên lạc (FiberVNN, MyTV)		Số lượng thuê bao: 17/201 Tỉ lệ: 8,45%	Số lượng thuê bao: 2/201 Tỉ lệ: 0.99%
Tổng thời gian mất liên lạc do cáp quang (tính cho trạm di động)		16 phút	0 phút
Độ hài lòng khách hàng		99,60%	99,95%

Dựa vào bảng 3.4, ta có thể thấy ERPS đã cải thiện đáng kể thời gian gián đoạn dịch vụ băng rộng và thời gian mất liên lạc trạm di động, từ đó góp phần nâng cao chất lượng dịch vụ của mô hình thí điểm tại khu vực Đông Sơn – Thành phố Thanh hóa. Với quy mô thí điểm 4 switch cho một khu vực nhỏ đã cải thiện rất nhiều khả năng đảm bảo dịch vụ và độ tin cậy của hệ thống. Vì vậy, nếu được áp dụng trên toàn bộ mạng truy nhập Ethernet với số lượng switch V2224G-OP lên tới hơn 600 thì hiệu năng của toàn mạng sẽ được nâng lên nhiều lần.

Sau khi thử nghiệm thành công ERPS tại khu vực đông sơn, thì đến thời điểm tháng 10/2020, VNPT Thanh Hóa đã triển khai đến 100 vòng liên kết trên các switch V2224G-OP sử dụng giao thức ERPS trên mạng truy nhập Ethernet góp phần đảm bảo tính tin cậy của đường truyền và giúp nâng cao chất lượng dịch vụ.

Đối với mạng truy nhập Ethernet tại các tỉnh thành khác thuộc VNPT, việc áp dụng ERPS trên các switch đều có thể dễ dàng triển khai dựa theo các bước như trên.

Mỗi tỉnh sẽ có một mô hình kết nối các switch khác nhau, vì vậy điều đầu tiên trước khi áp dụng ERPS là cần thiết lập các đường truyền cáp quang giữa các switch thành một vòng liên kết để có thể áp dụng ERPS. Sau đó là thống kê lưu lượng trên các switch để chọn vị trí các nút chắc năng trong vòng ERPS một cách hợp lý để băng thông không bị nghẽn.

3.5. Kết luận chương

Với việc áp dụng thành công mô hình thí điểm ERPS cũng như từ hiệu quả của nó mang lại đối với việc đảm bảo dịch vụ và độ tin cậy của hệ thống về phương diện chuyển mạch bảo vệ. VNPT Tỉnh Thanh Hóa đã nhân rộng mô hình triển khai trên toàn bộ mạng truy nhập Ethernet nội tỉnh.

Đảm bảo các trình tự kích hoạt R-APS trên switch V2224 được hướng dẫn và nguyên lý hoạt động của ERPS, bộ phận vận hành khai thác mạng của VNPT Tỉnh Thanh Hóa đã tự làm chủ được phần khai báo, vận hành, xử lý lỗi trên mô hình Ring ERPS, từ đó giảm được thời gian xử lý lỗi của kỹ thuật viên tại địa bàn, nâng cao chất lượng phục vụ khách hàng.

KẾT LUẬN

Các kết quả của luận văn

Qua quá trình tìm hiểu và thử nghiệm giao thức ERPS với các khả năng mà một Ring ERPS mang lại như ngăn chặn vòng lặp, chuyển mạch bảo vệ dưới 50ms,..., thì ERPS thực sự là một giải pháp tối ưu cho việc đảm bảo tính tin cậy của đường truyền, đảm bảo độ liên tục của dịch vụ cũng như các yêu cầu khắt khe về chất lượng.

Với việc thí điểm thành công mô hình Ring ERPS bằng switch Lightsmart V2224G-OP của Công ty cổ phần các hệ thống Viễn thông VNPT-FUJITSU tại VNPT Thanh Hóa đã chứng tỏ khả năng áp dụng ERPS vào thực tế mạng truy nhập hiện tại của VNPT. Với khả năng triển khai nhanh chóng, tận dụng các cơ chế chuyển tiếp lưu lượng sẵn có trên nền Ethernet mà không cần nâng cấp phần cứng, ERPS giúp giảm thiểu chi phí đầu tư, vận hành, khai thác, xử lý lỗi cho các nhà cung cấp dịch vụ.

Kiến nghị hướng phát triển

Tiếp tục tìm hiểu, nghiên cứu các mô hình ứng dụng của ERPS. Phạm vi của luận văn hiện tập trung vào việc áp dụng ERPS trên các Ring Ethernet đơn lẻ. Tuy nhiên, hiện tại với ITU-T đã chia G.8032 thành 2 phiên bản, G.8032 version 1 hỗ trợ Ring ERPS đơn lẻ (single-ring) và phiên bản G.8032 version 2 hỗ trợ đa Ring ERPS (multi-Ring) [9], với khả năng linh hoạt khi áp dụng vào nhiều mô hình thực tế phức tạp hơn với các mô hình có nút mạng được chia sẻ, có liên kết giữa các nút mạng được chia sẻ.

Tiếp tục đào sâu nghiên cứu tối ưu các chức năng của giao thức ERPS như FDB flushing, hỗ trợ chuyển đổi thủ công (Manual switch), chuyển đổi vị trí RPL... có thể giúp người vận hành khai thác bố trí sử dụng lưu lượng một cách hiệu quả hơn, cũng như đảm bảo trong quá trình bảo trì mạng lưới.

Mở rộng các tùy chọn nút mạng trong vòng liên kết bằng cách tìm hiểu thêm nhiều thiết bị của các nhà cung cấp khác nhau hỗ trợ ERPS để nâng cao khả năng áp dụng trên mạng truy nhập Ethernet của VNPT. Phát triển hệ thống quản lý tập trung để quản lý và khai thác cũng như xử lý lỗi một cách đồng bộ và hiệu quả

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài Liệu Tiếng Việt:

- [1] <https://thanhhoa.gov.vn/portal/Pages/default.aspx>, truy cập ngày 5/11/2020
- [2]. <https://vnptthanhhoa.vn/>, truy cập ngày 5/11/2020

Tài Liệu Tiếng Anh:

- [3] Infonetics Research, “Service Provider Plans for Metro Optical and Ethernet: North America, Europe, and Asia Pacific 2007,” September 2007.
- [4] ITU-T Rec. G.8032, “Ethernet Ring Protection Switching,” 2008.
- [5] IEEE Standard 802.1Q, “Virtual Bridged Local Area Networks,” 2005.
- [6] ITU-T Rec. Y.1731, “OAM Functions and Mechanisms for Ethernet Based Networks,” 2006.
- [7] J. Ryoo et al., “OAM and Its Performance Monitoring Mechanisms for Carrier Ethernet Transport Networks,” *IEEE Commun. Mag.*, March 2008, pp. 97-103.
- [8] Jinsung Im, Jeong-dong Ryoo, and J.-K. Kevin Rhee, “Managed FDB Algorithm and Protection in Ethernet Ring Topology,” Proc. of COIN-ACOFI 2007, Paper WeC1-1, June 2007.
- [9]. ITU-T Rec. G.8032/Y.1344, “ Ethernet ring protection switch” 03/2020.
- [10]. Lightsmart V2224G-OP User manual switch.