

## THIẾT KẾ KIẾN TRÚC VẬT LÝ MẠNG QUANG WDM CÓ KẾT HỢP CHUYỂN MẠCH BẢO VỆ TỰ ĐỘNG TẠI TỈNH THỪA THIÊN HUẾ

Đặng Xuân Vinh\*, Hồ Đức Tâm Linh, Vương Quang Phước, Trần Thị Kiều

Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế

\* Email: daxuvi@gmail.com

### TÓM TẮT

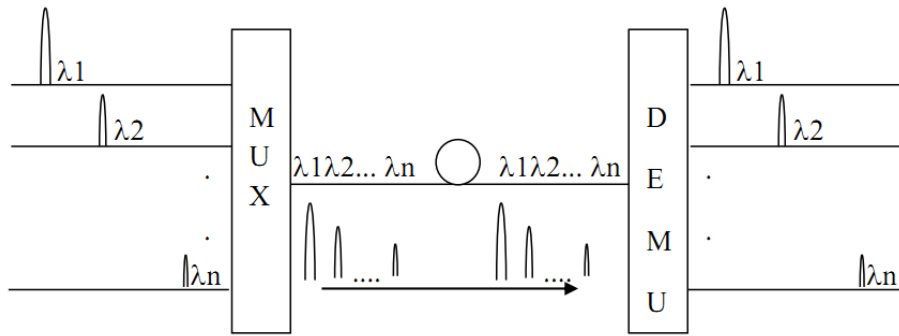
Những năm gần đây, với sự phát triển nhanh chóng của Internet, điện thoại di động cùng với sự ra đời của nhiều loại hình dịch vụ truyền thông mới như: mua sắm trực tuyến, IPTV, truyền hình hội nghị... khiến cho lưu lượng truyền tải trong mạng đường trục tăng lên nhanh chóng. Ở tỉnh Thừa Thiên Huế, mạng lưới truyền tải quang trong những năm qua đã bước đầu đáp ứng được nhu cầu của người sử dụng. Nhưng với xu hướng phát triển các dịch vụ đa phương tiện (yêu cầu băng thông lớn)[1-3] thì mạng truyền tải đó sẽ sớm rơi vào tình trạng quá tải. Chính vì vậy, công nghệ ghép bước sóng quang (WDM) được chọn làm giải pháp để giải quyết vấn đề về thiếu hụt băng thông này. Một yêu cầu đặt ra nữa là phải đảm bảo duy trì hoạt động an toàn mạng. Vì vậy bài báo này sẽ phân tích và thiết kế cấu trúc vật lý của tuyến cáp quang trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên Huế cùng cơ chế bảo vệ, phục hồi phù hợp (APS) cho mạng truyền tải quang WDM.

**Từ khóa:** WDM, APS.

### 1. GIỚI THIỆU

Trước khi công nghệ ghép kênh theo bước sóng WDM ra đời, người ta tập trung mọi nỗ lực để nâng cao tốc độ truyền dẫn của các hệ thống SDH nhưng kết quả thu được không mang tính đột phá vì công nghệ xử lý tín hiệu điện tại tốc độ cao đã dần đến giới hạn. Khi tốc độ đạt tới hàng chục Gbit/s bản thân các mạch điện tử không thể đảm bảo đáp ứng được xung tín hiệu cực kì hẹp. Thêm vào đó chi phí cho các giải pháp trở nên tốn kém vì cơ cấu hoạt động khá phức tạp, đòi hỏi công nghệ rất cao. Trong khi đó băng thông cực lớn của sợi quang mới được sử dụng một phần nhỏ.

Ghép kênh theo bước sóng (WDM) là công nghệ cơ bản để tạo nên mạng quang. Kỹ thuật này tận dụng băng tần của sợi quang bằng cách truyền nhiều kênh bước sóng quang độc lập và riêng rẽ trên cùng một sợi quang.



Hình 1. Nguyên lý ghép kênh theo bước sóng WDM.

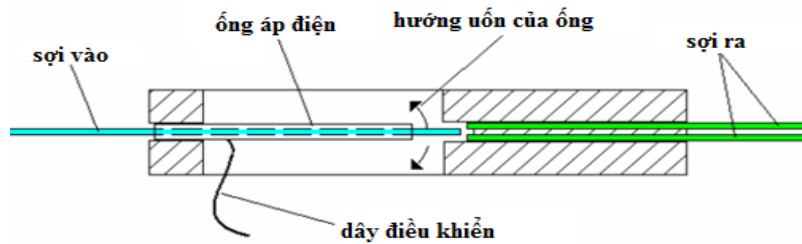
WDM ra đời nhằm đáp ứng nhu cầu tăng vọt về băng thông do sự phát triển chưa từng thấy của mạng máy tính toàn cầu Internet cùng với sự ra đời của các ứng dụng và dịch vụ mới trên nền tảng Internet.

Mặt khác, việc kết nối thông suốt của một mạng truyền tải quang thực tế không những ảnh hưởng bởi những yếu tố khách quan như độ tin cậy, tuổi thọ của thiết bị mà còn chịu tác động của các yếu tố môi trường, khí hậu, thời tiết và các nhân tố chủ quan do con người gây ra. Tác động của các yếu tố trên gây ra sự cố hỏng thiết bị, đứt cáp dẫn đến sự ngừng hoạt động của các kênh truyền tải thông tin gây thiệt hại cho cả người sử dụng và nhà cung cấp dịch vụ. Vì vậy vấn đề đặt ra là cần phải nghiên cứu vấn đề bảo vệ và phục hồi cho mạng.

## 2. CÁC LOẠI CHUYỂN MẠCH QUANG

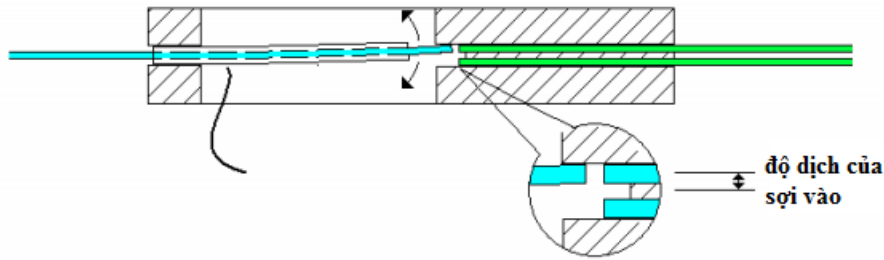
### ❖ Chuyển mạch 1x2:

Chuyển mạch quang gồm 1 sợi đầu vào và 2 sợi đầu ra: sợi quang đầu vào đặt bên trong ống áp điện, hai sợi đầu ra được đặt cố định [4].



Hình 2. Cấu trúc chuyển mạch 1x2

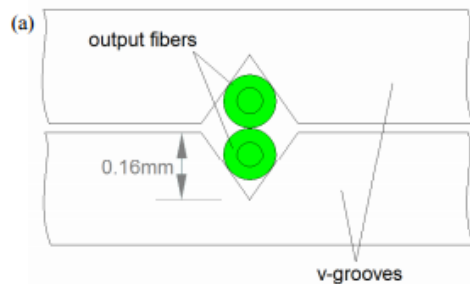
Nguyên lý hoạt động của chuyển mạch 1x2 dựa trên sự dịch chuyển sợi quang đầu vào đến 2 sợi quang đầu ra. Sợi quang đầu vào được chứa trong ống áp điện và hai sợi đầu ra được cố định. Ống áp điện sẽ lệch đi khi có một điện áp đặt vào điện cực trên bề mặt của nó. Trong trường hợp này, sự lệch của ống là nguyên nhân làm lệch hướng của sợi quang đầu vào.



**Hình 3.** Nguyên lý hoạt động của chuyển mạch 1x2

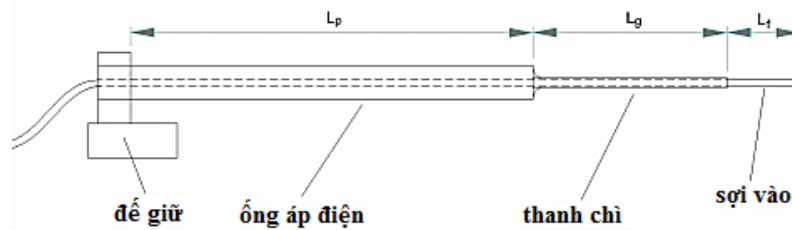
Khi dịch chuyển sợi đầu vào đến sợi đầu ra phù hợp, việc sợi quang dịch chuyển không tránh khỏi bị lệch trục, lệch góc và kẽ hở giữa hai sợi, đây là nguyên nhân chính gây ra mất mát tín hiệu, còn được gọi là suy hao Fresnel.

Để giảm được sự suy hao tín hiệu, khi thiết kế, ta đặt 2 sợi quang đầu vào vào rãnh hình chữ “V” (hình 4). Độ sâu của rãnh V là  $160\mu\text{m}$ . Sau khi các sợi đầu vào được cài đặt, có một khoảng cách nhỏ khoảng  $10\mu\text{m}$  giữa rãnh v. Sự sắp xếp này đảm bảo không có khoảng trống giữa hai sợi đầu ra. Các không gian rãnh v trống hoạt động như các điểm dừng cho các sợi đầu vào. Một khi các sợi đầu vào được nằm trên rãnh V, lệch bên của nó có thể được giảm thiểu.



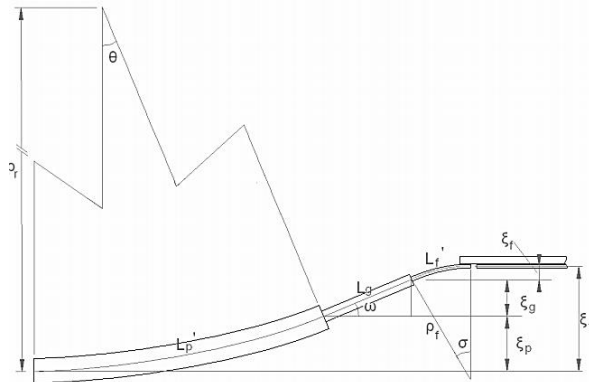
**Hình 4.** Cấu trúc rãnh hình chữ “V” (rãnh V)

Để kiểm soát độ cong của sợi quang đầu vào ta gắn kết một que than chì mỏng như hình 5. Trong đó:  $L_p$  là chiều dài của ống áp điện,  $L_g$  là chiều dài của một phần của sợi đầu vào mà các thanh chì được phủ trên bề mặt của nó và  $L_f$  là chiều dài của sợi quang đầu vào trần.



**Hình 5.** Sơ đồ thiết lập sợi đầu vào

Khi thay đổi điện áp đặt trên 2 điện cực của ống áp điện thì sợi đầu vào dịch chuyển.



**Hình 6.** Sự dịch chuyển sợi quang

$L_p$  và  $L_f$  tương ứng, như thể hiện trong hình 6, các đường cong  $L_p$  có bán kính cong  $\rho_f$  và góc  $\theta$ . Các sợi đầu vào trên tạo thành một đường cong  $L_f$ , với bán kính cong  $\rho_f$  và một góc  $\sigma$ . Khi góc  $\theta$  bằng góc  $\sigma$  thì lệch về góc bằng 0. Khi thanh chì được kích thích bởi những ống áp điện, nó tạo thành một góc  $\omega$ .

Tổng kích thước dịch chuyển của sợi quang là:

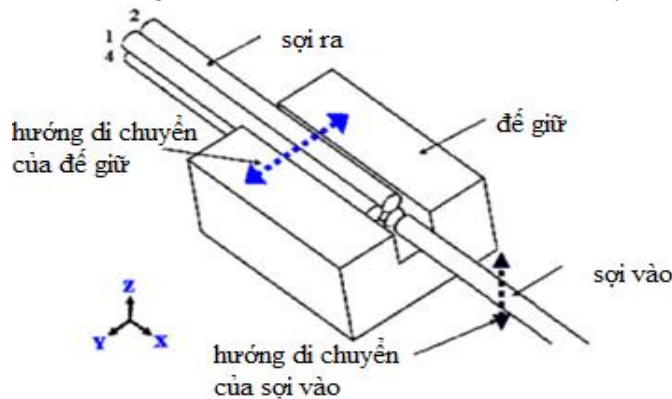
$$\xi_t = \xi_p + \xi_g + \xi_f = \xi_p + L_g \cdot \sin\left(\frac{2\xi_p}{L_p}\right) + \frac{L_f}{L_p} \cdot \xi_p$$

❖ Chuyển mạch 1x4:

Để xây dựng một cấu trúc chuyển mạch 1x4 ta có thể sử dụng nhiều phương pháp:

- Sử dụng 3 chuyển mạch 1x2 để thiết kế chuyển mạch 1x4 bởi cấu hình kết nối hàng loạt.
- Sử dụng ống kính nhỏ để phân xạ tín hiệu cho 4 đầu ra.
- Sử dụng những thành phần rất nhỏ để thiết kế chuyển mạch 1x4 bởi công nghệ MEMS.

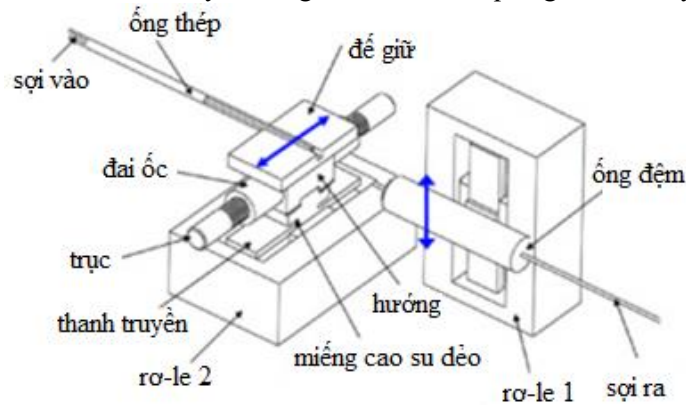
Tuy nhiên, các phương pháp trên đều có nhược điểm kích thước lớn và giá thành cao. Để khắc phục ta có thể sử dụng cấu hình fiber-to-fiber để thiết kế chuyển mạch 1x4 [5].



**Hình 7.** Cấu trúc chuyển mạch 1x4

Chuyển mạch 1x4 có 1 đầu vào và 4 đầu ra. Bốn sợi đầu vào được đặt trong đế giữ nhằm cố định chúng. Sợi đầu vào đặt trong ống đệm.

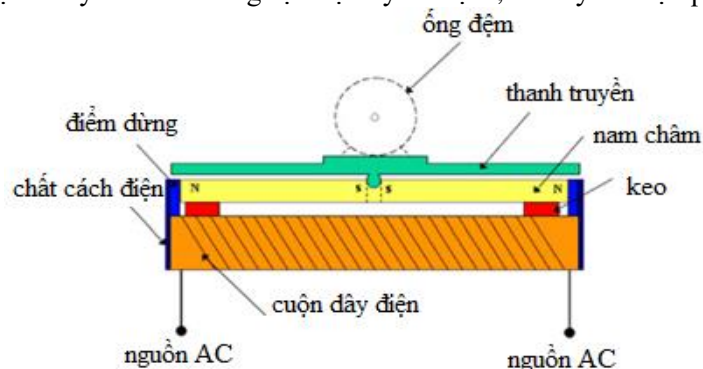
Để dịch chuyển hướng từ sợi quang đầu vào đến sợi quang đầu ra phù hợp ta dựa vào nguyên lý của rơ-le 1 và rơ-le 2. Để điều khiển hướng của sợi đầu vào ta đặt sợi quang đầu vào ống đệm. Ống đệm gắn vào rơ-le 1. Khi rơ-le 1 chuyển động làm cho sợi quang đầu vào cũng thay đổi vị trí. Để điều khiển sợi quang đầu ra phù hợp, 4 sợi quang đầu ra đặt trong đế giữ. Đế giữ gắn vào rơ-le 2. Khi rơ-le 2 chuyển động làm cho 4 sợi quang đầu ra thay đổi vị trí.



Hình 8. Sự chuyển mạch cơ khí của chuyển mạch quang 1x4

Cấu tạo chung của 2 rơ-le: gồm có 1 ống đệm, 1 thanh truyền, 2 nam châm vĩnh cửu, 2 điểm dừng, chất cách điện, cuộn dây điện được bố trí như hình 9.

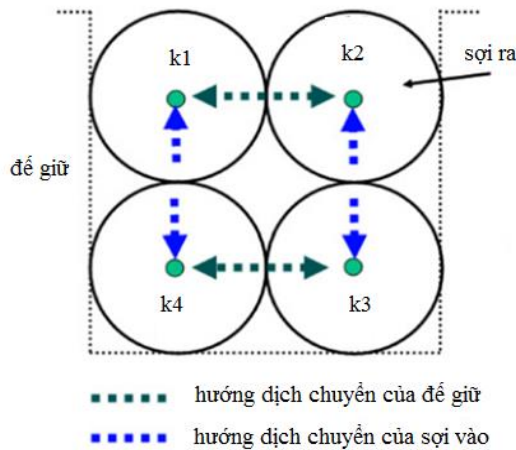
Nguyên lý dịch chuyển chung của rơ-le như sau: khi cấp nguồn xoay chiều cho hai đầu của cuộn dây điện quấn quanh lõi sắt non trở thành nam châm điện, có cực thay đổi liên tục. Bố trí hai nam châm vĩnh cửu như hình 9 nên nam châm điện có một cực trùng với một cực của một nam châm, còn cực còn lại thì bị ngược chiều với cực của nam châm vĩnh cửu kia. Như vậy gây ra sự đẩy và hút của nam châm điện đối với hai nam châm vĩnh cửu làm thanh truyền dịch chuyển dẫn đến ống đệm bị thay đổi vị trí, lúc này làm sợi quang bị dịch chuyển.



Hình 9. Cấu tạo rơ-le

Với sự dịch chuyển của hai rơ-le thì ta có hướng truyền cụ thể như sau:

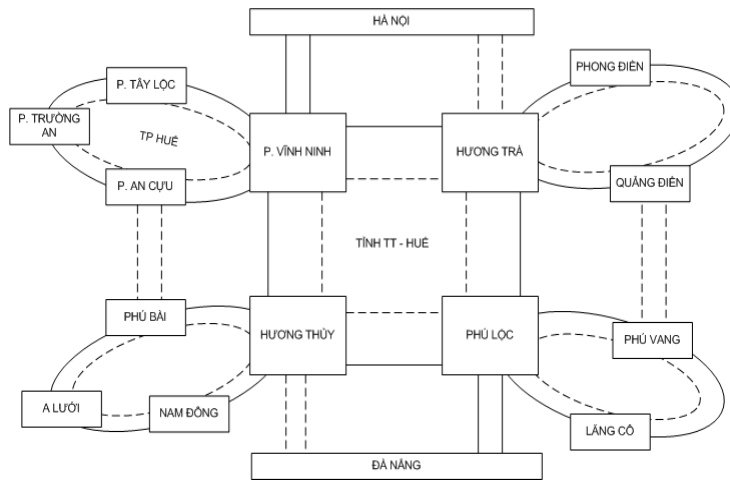
- Sự dịch chuyển của rơ-le 1: k1 – k4, k2 – k3
- Sự dịch chuyển của rơ-le 2: k1 – k2, k3 – k4



Hình 10. Hướng dịch chuyển của chuyển mạch quang 1x4

### 3. ĐỀ XUẤT CẤU HÌNH MẠNG VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG

Một kiến trúc vật lý của mạng truy nhập hình RING có cơ chế bảo vệ và tự phục hồi được đề xuất cho tuyến cáp quang tỉnh Thừa Thiên Huế, được thiết kế như ở hình 11.



Hình 11. Đề xuất kiến trúc vật lý mạng cáp quang Tỉnh Thừa Thiên Huế

Cấu trúc vật lý mạng quang gồm một vòng Ring trung tâm và bốn vòng Ring nhỏ có một nút chung với vòng Ring trung tâm. Đối với vòng Ring trung tâm, kênh hoạt động và kênh dự phòng được định tuyến khác nhau (sợi hoạt động và sợi dự phòng nằm trên hai sợi cáp khác nhau). Đối với bốn vòng Ring còn lại, kênh hoạt động và kênh dự phòng sẽ được định tuyến giống nhau (sợi hoạt động và sợi dự phòng nằm trên một sợi cáp vì khu vực này chủ yếu là đồi núi nên sẽ tiết kiệm chi phí cho việc thi công), nhưng sẽ được bổ sung thêm một kênh dự phòng nối từ vòng ring đồng cấp liền kề.

Các sợi quang đơn mode (SMF: Single-Mode Fiber) được sử dụng theo tiêu chuẩn

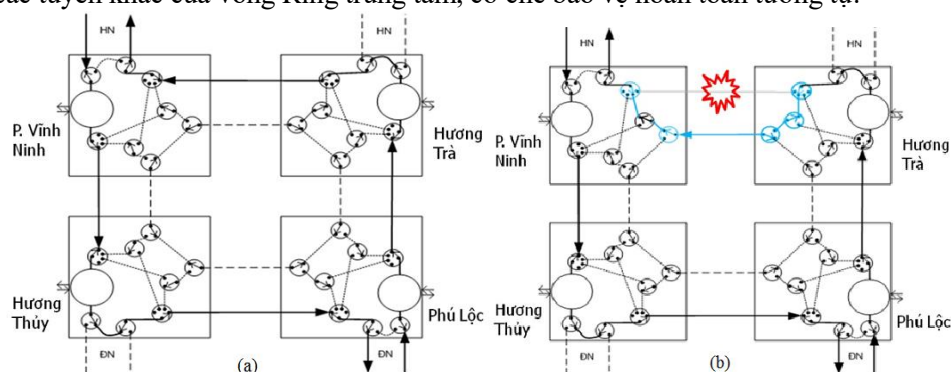
G.655 có chiều dài khác nhau được nối từ HUB Đà Nẵng đến các điểm truy cập (AN) Phú Lộc, Hương Trà và P. Vĩnh Ninh (Tp. Huế) đến HUB Hà Nội, từ HUB Hà Nội đến các điểm truy cập P. Vĩnh Ninh, Hương Thủy và Phú Lộc đến HUB Đà Nẵng. Xuất phát từ HUB Đà Nẵng là luồng tín hiệu chứa các bước sóng lẻ  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \lambda_7, \lambda_9$  được truyền đến các điểm truy cập theo hướng ngược chiều kim đồng hồ (CCW) và xuất phát từ HUB Hà Nội là luồng tín hiệu mang các bước sóng chẵn  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \lambda_8, \lambda_{10}$  được truyền theo hướng ngược chiều kim đồng hồ (CCW), đến các điểm truy cập tại tỉnh Thừa Thiên Huế.

#### 4. CÁC SỰ CỐ CÓ THỂ XẢY RA VÀ CÁCH KHẮC PHỤC

Khi có sự cố xảy ra, các chuyển mạch tương ứng sẽ thay đổi trạng thái để chuyển lưu lượng hoạt động sang tuyến dự phòng để thiết lập vòng Ring kín, đảm bảo duy trì hoạt động của mạng. Sau đây là một vài trường hợp lỗi có thể xảy ra và quá trình chuyển mạch bảo vệ của thiết kế.

♦ **Trường hợp sự cố xảy ra trên tuyến nối từ nút Phường Vĩnh Ninh đến nút Hương Trà:**

Đối với vòng Ring trung tâm tuyến hoạt động và tuyến bảo vệ được định tuyến khác nhau nên khi sự cố xảy ra trên tuyến hoạt động thì tuyến bảo vệ không bị ảnh hưởng. Do đó, trong trường hợp này, các chuyển mạch bảo vệ sẽ thay đổi trạng thái để chuyển lưu lượng trên tuyến hoạt động sang tuyến bảo vệ như hình 12, đảm bảo duy trì hoạt động của hệ thống. Nếu sự cố xảy ra trên các tuyến khác của vòng Ring trung tâm, cơ chế bảo vệ hoàn toàn tương tự.



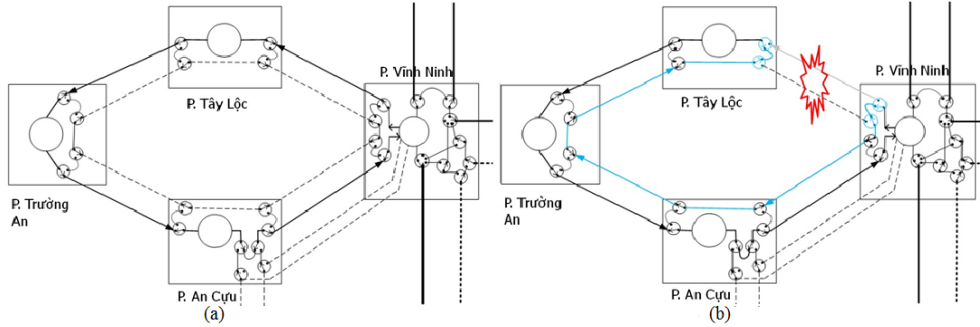
**Hình 12.** Xử lý sự cố xảy ra trên tuyến của vòng Ring trung tâm

- a) Trạng thái các chuyển mạch và hướng truyền tín hiệu khi không có sự cố
- b) Trạng thái các chuyển mạch và hướng truyền tín hiệu khi có sự cố trên tuyến

♦ **Trường hợp sự cố xảy ra trên tuyến vòng Ring Thành Phố Huế:**

Giả sử sự cố xảy ra trên tuyến của vòng Ring R1. Đối với vòng Ring R1 tuyến hoạt động và tuyến bảo vệ của vòng Ring R1 được định tuyến giống nhau nên khi gặp sự cố tuyến thì tuyến hoạt động và tuyến bảo vệ của nó sẽ gặp sự cố đồng thời. Do đó, khi gặp sự cố trên tuyến

của vòng Ring R1, các chuyển mạch tương ứng sẽ thay đổi trạng thái như hình 13b để đưa lưu lượng trên tuyến gặp sự cố đi vòng qua các nút lân cận trong cùng một vòng Ring đến nút đích. Trường hợp sự cố xảy ra trên các đoạn khác, trên các vòng Ring R2, R3, R4, cơ chế bảo vệ hoàn toàn tương tự.



**Hình 13.** Sự cố xảy ra trên tuyến vòng Ring R1

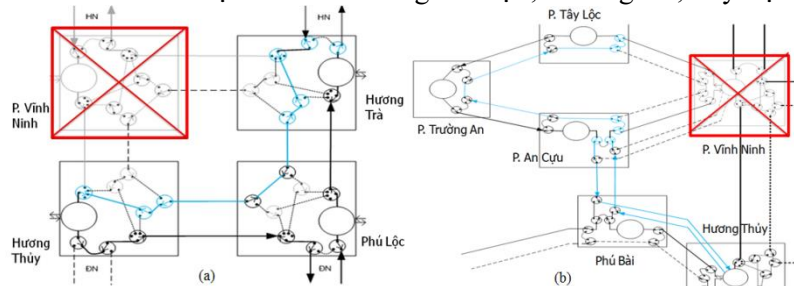
- a) Trạng thái các chuyển mạch và hướng truyền tín hiệu khi không có sự cố
- b) Trạng thái các chuyển mạch và hướng truyền tín hiệu khi có sự cố trên tuyến

♦ **Trường hợp sự cố xảy ra tại nút Phường Vĩnh Ninh - Huế:**

Giả sử sự cố xảy ra trên nút Phường Vĩnh Ninh, do nút này là nút chung của vòng Ring trung tâm với vòng Ring R1 đồng thời là nút đầu tiên của Tỉnh nhận tín hiệu từ HUB Hà Nội nên nếu có sự cố xảy ra tại nút Phường Vĩnh Ninh sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến vòng Ring trung tâm, vòng Ring R1 và nút Hương Thủy. Do đó, khi có sự cố xảy ra trên nút này tuyến bảo vệ từ Hà Nội đến Hương Trà, các tuyến bảo vệ cho vòng Ring trung tâm và vòng Ring R1 đều tham gia bảo vệ cho mạng. Khi đó, các chuyển mạch tương ứng sẽ thay đổi trạng thái để bảo vệ cho tuyến Hà Nội – Huế, vòng Ring trung tâm và vòng Ring R1. Cụ thể là:

Tín hiệu từ Hà Nội sẽ được truyền theo tuyến bảo vệ đến nút Hương Trà, đi vòng qua nút Phú Lộc để đến nút Hương Thủy, sau đó, trở về nút Phú Lộc và đến Đà Nẵng như hình 14a.

Các nút không gặp sự cố của vòng Ring R1 sẽ nhận tín hiệu từ nút Hương Thủy, đi vòng qua nút Phú Bài đến lần lượt các nút Phường An Cựu, Trường An, Tây Lộc như hình 14b.



**Hình 14.** Xử lý sự cố nút Phường Vĩnh Ninh

- a) Trạng thái các chuyển mạch và hướng truyền tín hiệu tại vòng Ring trung tâm
- b) Trạng thái các chuyển mạch và hướng truyền tín hiệu tại vòng Ring R1

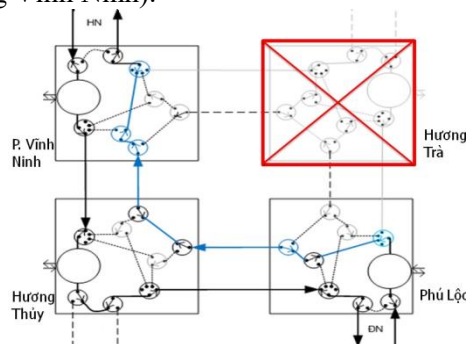


♦ Trường hợp sự cố xảy ra tại nút Hương Trà:

Giả sử sự cố xảy ra trên nút Hương Trà, do nút này là nút chung của vòng Ring trung tâm và vòng Ring R2 nên sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến hai tuyến này. Do đó, khi xảy ra sự cố tại nút Hương Trà thì các chuyên mạch sẽ thay đổi trạng thái để chuyển tín hiệu lên tuyến dự phòng đối với vòng Ring trung tâm, và chuyển tín hiệu từ vòng Ring R3 lên các nút còn lại của vòng Ring R2. Cụ thể là:

Tín hiệu từ Đà Nẵng đến Phú Lộc, đi vòng qua nút Hương Thủy, đến nút Phường Vĩnh Ninh như hình 15.

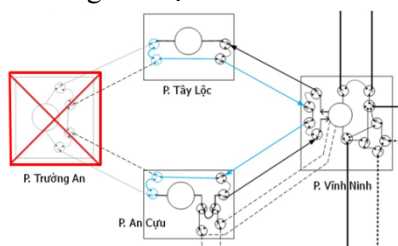
Các nút không gặp sự cố của vòng Ring R2 sẽ nhận tín hiệu từ nút Phú Lộc, đi vòng qua nút Phú Vang đến lần lượt các nút Quảng Điền, Phong Điền (tương tự như vòng Ring R1 trường hợp xảy ra sự cố tại Phường Vĩnh Ninh).



Hình 15. Trạng thái các chuyên mạch và hướng truyền tín hiệu trên vòng Ring trung tâm khi xảy ra sự cố tại nút Hương Trà

♦ Trường hợp sự cố xảy ra tại nút trên vòng Ring R1

Giả sử sự cố xảy ra trên nút Phường Trường An. Khi đó, các chuyên mạch tương ứng sẽ thay đổi trạng thái để chuyển tín hiệu tại nút Phường Tây Lộc đi vào tuyến dự phòng, vòng qua nút Phường Vĩnh Ninh, đến nút Phường An Cựu như hình 16.



Hình 16. Trạng thái các chuyên mạch và hướng truyền tín hiệu trên vòng Ring R1 khi xảy ra sự cố tại nút Phường Trường An

### 5. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu các chuyên mạch quang, cụ thể là chuyên mạch 1x2 và 1x4. Bài

báo cũng khảo sát địa bàn phục vụ và tự đề xuất thiết kế tuyến cáp quang trên địa bàn Tỉnh Thừa Thiên Huế. Đồng thời phân tích rõ hoạt động của các chuyển mạch quang và cách định tuyến tín hiệu khi xảy ra các sự cố đứt tuyến và hỏng nút, nhằm đảm bảo thông tin luôn được thông suốt trên mạng.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Cisco Visual Networking Index (2015). *The Zettabyte Era—Trends and Analysis 2014 – 2019*, Cisco.
- [2]. Cisco Visual Networking Index (2015). *Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2014 – 2019 White Paper*, Cisco.
- [3]. Cisco Visual Networking Index (2015). *Forecast and Methodology 2014–2019*.
- [4]. M. Leung, J. Yue, K. A. Razak, M. Hodgson, E. Haemmerle, W. Gao (2007). Development of a 1x2 Piezoelectric Optical Fiber Switch, *2007MEMS/MOEMS Technologies and Applications III*.
- [5]. Wu-Lang Lin, Kuang-Chao Fan, Li-Hung Chiang, Yao-Joe Yang, Wen-Cheng Kuo and Tien-Tung Chung (2006). A novel micro /nano 1x4 mechanical optical switch, *Received 3 November 2005, in final form 19 April 2006, published 1 June 2006, journal of micromechanics and microengineering*.

## **THE PHYSICAL STRUCTURE DESIGN OF WDM OPTICAL NETWORK COMBINES WITH THE AUTOMATIC PROTECTION SWITCHING IN THUA THIEN HUE PROVINCE**

**Dang Xuan Vinh\* , Ho Duc Tam Linh, Vuong Quang Phuoc, Tran Thi Kieu**

*Department of Electronics - Telecommunications, Hue University College of Sciences*

*\* Email: daxuvi@gmail.com*

### **ABSTRACT**

*In recent years, with the rapid development of Internet, mobile phone, along with the birth of various types of new media services such as online shopping, IPTV, conference television that has rapidly increased throughput in backbone networks.. Moreover, the optical transmission network has initially met the needs of clients in Thua Thien Hue province. However, in the development trend of, multimedia services (large bandwidth requirements), [1-3]it will be overloaded. Therefore, the optical wavelength multiplexing technology (WDM) is considered as the best solution to solve the problem of shortage of bandwidth And maintaining the network safety has to be assured. Thus, this article will analyze and design the physical structure and automatic protection switching (APS) of WDM optical network in the province of Thua Thien Hue.*

**Keywords:** WDM, APS.