

ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH MẠNG QUANG WDM VỚI CHUYỂN MẠCH BẢO VỆ TỰ ĐỘNG SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ MEMS TẠI THÀNH PHỐ HUẾ

Hồ Đức Tâm Linh*, Hoàng Thị Vân, Trần Thị Kiều, Vương Quang Phước

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

*Email: hdtlinh@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 5/5/2017; ngày hoàn thành phần biện: 31/8/2017; ngày duyệt đăng: 27/10/2017

TÓM TẮT

Chúng tôi chọn thành phố Huế để khảo sát và đề xuất thiết kế tuyến cáp quang tốc độ cao, khả năng hoạt động ổn định, xuyên suốt khi có sự cố xảy ra. Dựa trên kiến trúc vật lý đã đề xuất, chúng tôi sử dụng phần mềm Optisystem để mô phỏng tuyến, và kết quả đạt được với tỷ lệ lỗi bit rất khả quan là $BER = 10^{-12}$. Ngoài ra, chúng tôi cũng đặt ra các tình huống có thể xảy ra lỗi trong quá trình hoạt động và từ đó đề xuất hướng giải quyết.

Từ khóa: SDH, WDM, RING, MEMS.

1. GIỚI THIỆU

Thành phố Huế là trung tâm tỉnh Thừa Thiên Huế, có diện tích 71.68km² với dân số 350.345 người [1]. Đây là nơi đông dân, tập trung nhiều trụ sở hành chính, nhiều trường đại học, cao đẳng với số lượng sinh viên đông. Đồng thời tốc độ phổ biến của điện thoại cùng các loại hình dịch vụ viễn thông mới như mua sắm trực tuyến, facebook, zalo, truyền hình hội nghị... làm cho dung lượng mạng truyền tải tăng lên. Điều này làm cho mạng có thể rơi vào tình trạng quá tải do các công nghệ cũ không đảm bảo dung lượng mạng hiện nay. Công nghệ ghép kênh quang theo bước sóng WDM (Wavelength Division Multiplexing) ra đời đã giải quyết được bài toán về dung lượng [5, 6], ngoài ra ứng dụng công nghệ MEMS (Microelectromechanical Systems) vào chế tạo chuyển mạch quang tự động đang là xu thế phát triển trên thế giới [2, 4], sự kết hợp này tạo ra khả năng phục hồi tuyệt vời các lỗi có thể xảy ra trên hệ thống như: đứt cáp quang theo 1 tuyến, cả 2 tuyến hay hỏng nút để đảm bảo thông tin luôn xuyên suốt trong quá trình hoạt động.

1.1. Cơ sở thiết kế tuyến truyền dẫn quang

- *Thiết kế hệ thống theo quỹ công suất:*

Phương trình cân bằng quỹ công suất [3]:

Đề xuất mô hình mạng quang WDM với chuyển mạch bảo vệ tự động sử dụng công nghệ MEMS ...

$$10\log(P_s \cdot \eta) - MDF = (\alpha + \alpha_{cap})L + n\alpha_c + m\alpha_s + \alpha_d + \alpha_{device} \quad (1)$$

Trong đó:

P_s : công suất phát [mW].

n, m : Số connector và số mối hàn.

η : hiệu suất ghép quang [%].

α_d : Suy hao ghép sợi quang - bộ thu [dB].

MDP: độ nhạy máy thu.

α_{device} : Suy hao dự phòng thiết bị [dB].

α, α_{cap} : hệ số suy hao cáp và dự phòng cho cáp.

L : khoảng cách giữa phía phát và phía thu [Km].

α_c, α_s : Suy hao connector và suy hao mối hàn [dB].

Công suất quang tới P_d [dB]:

$$P_d = 10\log[P_s \cdot \eta] - [(\alpha + \alpha_{cap})L + n\alpha_c + m\alpha_s + \alpha_d + \alpha_{device}] \quad (2)$$

- Thiết kế theo hệ thống thời gian nâng [3]:

Ở đây ta sử dụng sợi đơn mode nên băng thông của hệ thống được xác định như sau:

+ Bước 1: Tìm tán sắc.

$$Tán\ sắc = Hệ\ số\ tán\ sắc \times độ\ rộng\ phổ\ nguồn \times chiều\ dài\ sợi$$

+Bước 2: Tìm băng thông của sợi.

$$Băng\ thông\ của\ sợi = \frac{0,44}{chỉ\ số\ tán\ sắc} \quad (3)$$

+Bước 3: Tìm thời gian nâng của sợi

$$t_{r_{fiber}} = \frac{0,35}{băng\ thông\ của\ sợi} \quad (4)$$

+Bước 4: Tìm thời gian nâng của bộ phát và bộ thu từ danh mục kỹ thuật của nhà sản xuất (có sẵn).

+Bước 5: Tìm thời gian nâng của hệ thống và băng thông của hệ thống.

Thời gian nâng của hệ thống:

$$t_{r_{sys}} = \sqrt{t_{r_{RX}}^2 + t_{r_{TX}}^2 + t_{r_{fiber}}^2} \quad (5)$$

Trong đó:

$t_{r_{sys}}$: Thời gian nâng của hệ thống.

$t_{r_{RX}}$: Thời gian nâng của bộ thu.

$t_{r_{TX}}$: Thời gian nâng của bộ phát.

$t_{r_{fiber}}$: Thời gian nâng của sợi quang.

Băng thông của hệ thống:

$$B = \frac{0,35}{t_{r_{sys}}} \quad (6)$$

Trong đó :

B : Băng thông của hệ thống.

$t_{r_{sys}}$: Thời gian nâng của hệ thống.

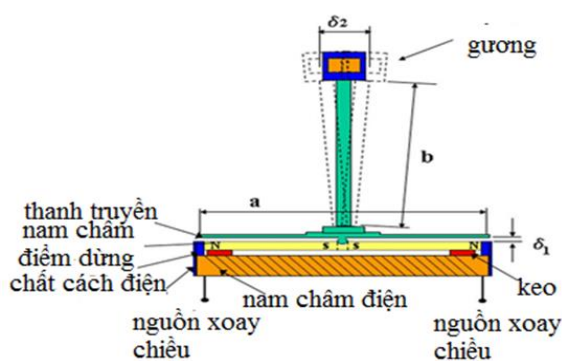
1.2. Chuyển mạch bảo vệ tự động dựa trên công nghệ MEMS.

1.2.1. Chuyển mạch MEMS 1x2

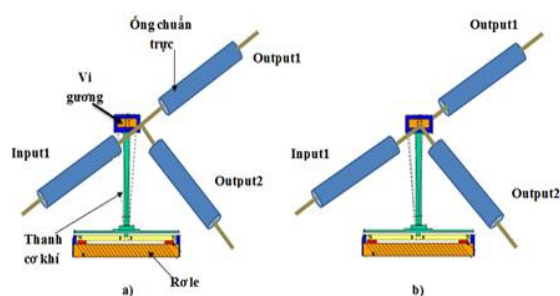
Chuyển mạch 1x2 [2] được gọi là chuyển mạch chuyển tiếp, có cấu tạo như sau:

- 01 ngõ tín hiệu vào và 02 ngõ tín hiệu ra.
- 03 ống chuẩn trực.
- 01 vi gương được lắp ráp động kích hoạt bởi một Ro-le dịch chuyển vi gương từ vị trí OFF sang ON.
- 01 thanh cơ khí, một đầu của thanh cơ khí được kết nối với bộ Role, kết thúc của thanh cơ khí được kết nối với vi gương siêu mỏng phản xạ 1 mặt.

Mỗi ngõ ra được bố trí thẳng hàng với một vi gương. Chùm ánh sáng đi vào ngõ vào bị phản xạ đến ngõ ra khi vi gương tương ứng được kích hoạt ở chế độ mở (ON) và được truyền khi vi gương ở chế độ đóng (OFF).



Hình 1. Sơ đồ cấu tạo của Ro-le.



Hình 2. Nguyên lý hoạt động của chuyển mạch 1x2.

(a) Chuyển mạch 1x2 ở trạng thái truyền (gương ở vị trí OFF).

(b) Chuyển mạch 1x2 ở trạng thái phản xạ (gương ở vị trí ON).

Nguyên lý hoạt động của chuyển mạch MEMS 1x2 dựa trên sự dịch chuyển của Ro-le để dịch chuyển gương di động từ vị trí OFF đến ON mà ánh sáng được truyền hay bị phản xạ đến một trong hai đầu ra tương ứng.

- Khi gương ở vị trí OFF, lúc này vi gương đang ở vị trí truyền, vị trí mà gương không làm ảnh hưởng đến hướng ánh sáng thì ánh sáng từ ngõ vào được truyền đến ngõ ra Output1.
- Khi gương ở vị trí ON, ánh sáng tới trên gương bị phản xạ đến ngõ ra Output2.

Cấu tạo chung của Ro-le: gồm có 01 thanh truyền, 02 nam châm vĩnh cửu, 02 điểm dừng, chất cách điện, cuộn dây điện được bố trí như hình.

Đề xuất mô hình mạng quang WDM với chuyển mạch bảo vệ tự động sử dụng công nghệ MEMS ...

Nguyên lý dịch chuyển của Ro-le như sau: khi cấp nguồn xoay chiều cho hai đầu của cuộn dây điện. Lúc này 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 nên nam châm điện có một cực trùng với một cực của nam châm, còn cực còn lại thì bị ngược 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 thiết bị gương thay đổi vị trí.

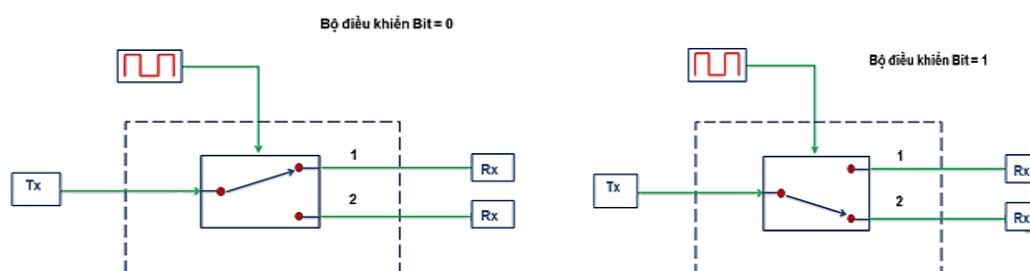
Trong chuyển mạch MEMS 1x2 [2]:

- Thời gian chuyển mạch là thời gian dịch chuyển của Ro-le từ vị trí OFF sang ON, khoảng 4ns.
- Suy hao do chèn, mất do chèn dưới 1dB.
- Nhiễu xuyên âm thấp, khoảng -50dB.

1.2.2. Chuyển mạch 1x2 trong phần mềm Optisystem

Trong phần mềm Optisystem, chuyển mạch 1x2 hoạt động như sau

- Khi bit điều khiển = 0: Tín hiệu từ đầu vào sẽ truyền đến đầu ra 1.
- Khi bit điều khiển = 1: Tín hiệu từ đầu vào sẽ truyền đến đầu ra 2.

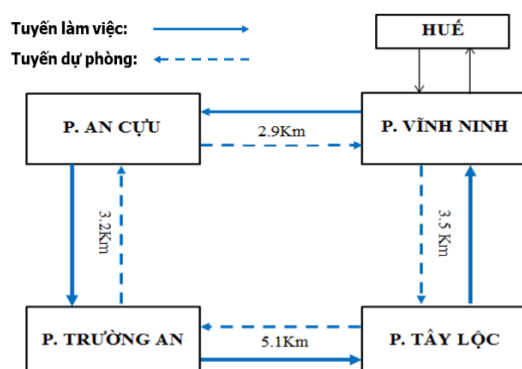


Hình 3. Sơ đồ mô phỏng chuyển mạch 1x2 trong OptiSystem.

2. ĐỀ XUẤT CẤU TRÚC VÀ CƠ CHẾ BẢO VỆ MẠNG QUANG THÀNH PHỐ HUẾ

2.1. Đề xuất cấu trúc và cơ chế bảo vệ

Trong hệ thống WDM, cơ chế bảo vệ tự động trên lớp quang thường có 2 tuyến: tuyến làm việc (hướng mũi tên nét liền) và tuyến dự phòng (hướng mũi tên nét đứt).



Hình 4. Kiến trúc vật lý tuyến cáp quang nội thành phố Huế.

Kiến trúc vật lý cho tuyến cáp quang nội thành phố Huế có 04 nút truy cập được nối với nhau theo dạng Ring, mỗi nút đặt tại trung tâm viễn thông của mỗi phường lần lượt là An Cựu, Vĩnh Ninh, Tây Lộc và Trường An.

Tín hiệu từ Hà Nội sẽ được truyền đến nút thành phố Huế, nút truy cập chính sẽ được đặt tại Bưu điện tỉnh Thừa Thiên Huế (P. Vĩnh Ninh, Tp Huế). Sau đó, từ nút P. Vĩnh Ninh các bước sóng sẽ được phân bổ đến các nút còn lại trong thành phố (nút P. Tây Lộc, P. Trường An, P. An Cựu) tạo thành 1 vòng Ring.

Theo dự báo về nhu cầu dung lượng vào năm 2025 tại địa bàn Tỉnh Thừa Thiên Huế là 100Gbps và Thành phố Huế sẽ đạt 40Gbps [1]. Do đó, để có tuyến quang dung lượng lớn, đáp ứng nhu cầu trên thì ta có phương án thiết kế tuyến cáp quang thành phố Huế như sau: Trên toàn bộ mạng sử dụng kỹ thuật WDM với 4 bước sóng, mỗi bước sóng được điều chế cùng tốc độ 10Gbps, thành dung lượng 40Gbps.

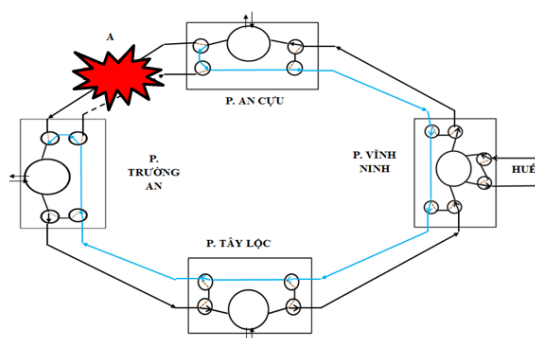
Bảng 1. Phân bổ bước sóng cho từng khu vực

Kí hiệu	Bước sóng (nm)	Tần số (THz)	Vùng phục vụ	Dung lượng (Gbps)
λ_1	1553,6	193,1	P. Vĩnh Ninh	10
λ_2	1552,8	193,2	P. An Cựu	10
λ_3	1552,0	193,3	P. Trường An	10
λ_4	1551,2	193,4	P. Tây Lộc	10

2.2. Một số sự cố có thể gặp trong hệ thống

2.2.1. Sự cố xảy ra trên tuyến P. Vĩnh Ninh đến P. Trường An

Xét một kết nối từ nút P. Vĩnh Ninh đến nút P. Trường An, kết nối từ P. Vĩnh Ninh đến P. Trường An có thể được định tuyến theo 2 đường: P. Vĩnh Ninh \rightarrow P. An Cựu \rightarrow P. Trường An (tổng chiều dài khoảng 6.1 km đường bộ); P. Vĩnh Ninh \rightarrow P. Tây Lộc \rightarrow P. Trường An (8,6km đường bộ).

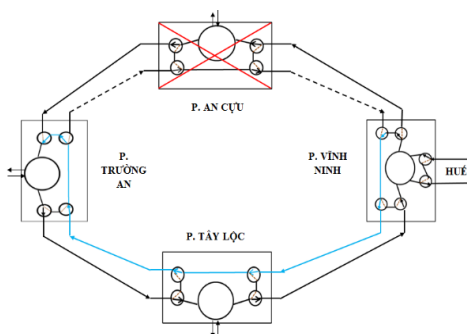


Hình 5. Trạng thái các chuyển mạch và hướng truyền tín hiệu khi có sự cố trên tuyến.

Giả sử, có sự cố xảy ra tại điểm A (hướng truyền từ P.An Cựu → P.Trường An), các thiết bị nhận sẽ nhận được thông tin cần báo, lúc đó thiết bị điều khiển chuyển mạch sẽ lập tức chuyển mạch, chuyển kết nối từ tuyến làm việc sang tuyến bảo vệ theo hướng ngược lại (từ P. Vĩnh Ninh → P. Tây Lộc → P. Trường An). Như vậy, thông tin liên lạc vẫn đảm bảo cho dù đang có sự cố đứt cáp quang xảy ra.

2.2.2. Sự cố xảy ra trên tuyến P. Vĩnh Ninh đến P. Trường An (đứt nút P. An Cựu)

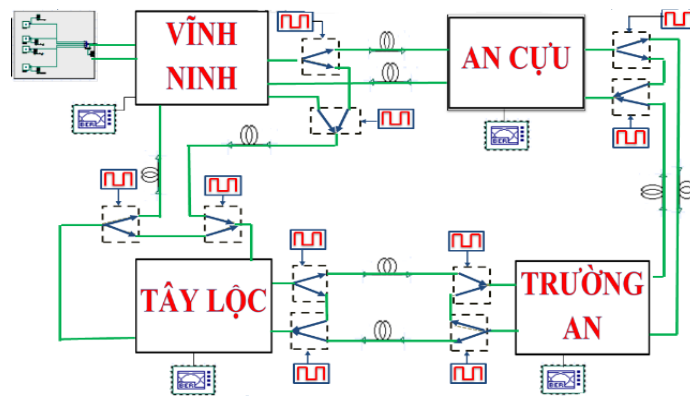
Tương tự, xét kết nối từ nút P.Vĩnh Ninh đến nút P. An Cựu, kết nối từ P. Vĩnh Ninh đến P. An Cựu có thể được định tuyến theo 2 đường: P. Vĩnh Ninh → P. An Cựu (tổng chiều dài khoảng 2,9 km đường bộ); P. Vĩnh Ninh → P. Tây Lộc → P. Trường An → P. An Cựu (khoảng 11,8 km đường bộ), kết nối sẽ đi theo tuyến làm việc từ P. Vĩnh Ninh → P. An Cựu. Nếu có sự cố xảy ra tại AN P. An Cựu thì tại AN P. Vĩnh Ninh, các bộ chuyển mạch sẽ làm nhiệm vụ định tuyến lại thông tin theo hướng ngược lại (P. Vĩnh Ninh → P. Tây Lộc → P. Trường An → P. An Cựu). Do vậy, đảm bảo thông tin luôn thông suốt khi có sự cố xảy ra.



Hình 6. Trạng thái các chuyển mạch và hướng truyền tín hiệu khi có sự cố trên tuyến.

3. CÁC KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

Trong mô hình thiết kế, sử dụng 4 bước sóng, các bước sóng này được ghép lại và truyền đi phục vụ lần lượt cho 4 phường: Vĩnh Ninh, An Cựu, Trường An, Tây Lộc.



Hình 7. Mô hình hệ thống tuyến dẫn quang nội Thành phố Huế.

3.1. Tính toán suy hao của tuyến quang thiết kế dựa trên thiết bị đã chọn

3.1.1. Sợi hoạt động: Đi từ P. Vĩnh Ninh đến P. An Cựu

Sử dụng sợi quang SMF theo chuẩn G.655, có chiều dài 3km.

Bảng 2. Bảng giá trị suy hao trên tuyến Vĩnh Ninh đi An Cựu

Loại suy hao		Số lượng	Đơn vị	Suy hao
Suy hao do dự phòng tương lai				1,73dB
1	Dự phòng cho sợi trên tuyến Vĩnh Ninh – An Cựu	3Km	0,01dB/Km	0,03dB
2	Dự phòng cho 2 nút (NA) tại Vĩnh Ninh – An Cựu	2 trạm	0,1dB/Km	0,2dB
3	Sửa chữa			0,5dB
4	Tuổi thọ			1dB
Bộ connector		6	0,05dB/bộ	0,3dB
Mỗi hàn		1	0,04dB/m.hàn	0,04dB
Suy hao sợi quang		3Km	0,2dB/Km	0,6dB
Tổng suy hao				2,67dB

Ta có $P_{TI} = P_T - P_1 = -0,875 - 2,67 = -3,545\text{dB}$. Đảm bảo độ nhạy máy thu nên không cần bộ khuếch đại.

Giá trị bộ suy hao là: $P_1 - P_{\text{suy hao sợi}} = 2,67 - 0,2 = 2,47\text{dB}$.

3.1.2. Sợi hoạt động: Đi từ P. An Cựu đến P. Trường An

Sử dụng sợi quang SMF theo chuẩn G.655, có chiều dài 3,5km.

Bảng 3. Bảng giá trị suy hao từ An Cựu đến Trường An

Loại suy hao		Số lượng	Đơn vị	Suy hao
Suy hao do dự phòng tương lai				1,837dB
1	Dự phòng cho sợi trên tuyến An Cựu – Trường An	3,5Km	0,01dB/Km	0,035dB

Đề xuất mô hình mạng quang WDM với chuyển mạch bảo vệ tự động sử dụng công nghệ MEMS ...

2	Dự phòng cho 2 nút (NA) tại An Cựu – Trường An	3 trạm	0,1dB/Km	0,3dB
3	Sửa chữa			0,5dB
4	Tuổi thọ			1dB
Bộ connector		5	0,05dB/bộ	0,25dB
Mối hàn		1	0,04dB/m.hàn	0,04dB
Suy hao sợi quang		3,5Km	0,2dB/Km	0,7dB
Tổng suy hao			2,825dB	

Ta có $P_{T2} = P_{T1} - P_2 = -3,545 - 2,825 = -6,37\text{dB}$. Đảm bảo độ nhạy máy thu nên không cần bộ khuếch đại.

Giá trị bộ suy hao là: $P_2 - P_{\text{suy hao sợi}} = 2,825 - 0,2 = 2,625\text{dB}$.

3.1.3. Sợi hoạt động: Đi từ P. Trương An đến P. Tây Lộc

Sử dụng sợi quang SMF theo chuẩn G.655, có chiều dài 5,2km.

Bảng 4. Bảng giá trị suy hao từ Trường An đến Tây Lộc

Loại suy hao		Số lượng	Đơn vị	Suy hao
Suy hao do dự phòng tương lai				1,592dB
1	Dự phòng cho sợi trên tuyến Trường An – Tây Lộc	5,2Km	0,01dB/Km	0,052 dB/Km
2	Dự phòng cho 2 nút (NA) tại Trương An – Tây Lộc	4 trạm	0,01dB/Km	0,04dB
3	Sửa chữa			0,5dB
4	Tuổi thọ			1dB
Bộ connector		6	0,05dB/bộ	0,3dB
Mối hàn		1	0,04dB/m.hàn	0,04dB
Suy hao sợi quang		5,2Km	0,2dB/Km	1,04dB
Tổng suy hao			2,972dB	

Ta có $P_{T3} = P_{T2} - P_3 = -6,37 - 2,972 = -9,342\text{dB}$. Đảm bảo độ nhạy máy thu nên không cần bộ khuếch đại.

Giá trị bộ suy hao là: $P_3 - P_{\text{suy hao sợi}} = 2,972 - 0,2 = 2,772\text{ dB}$.

3.1.4. Sợi hoạt động: Đi từ P. Tây Lộc đến P. Vĩnh Ninh

Sử dụng sợi quang SMF theo chuẩn G.655, có chiều dài 3,6km.

Bảng 5. Bảng giá trị suy hao từ Tây Lộc đến Vĩnh Ninh

Loại suy hao		Số lượng	Đơn vị	Suy hao
Suy hao do dự phòng tương lai				1,576dB

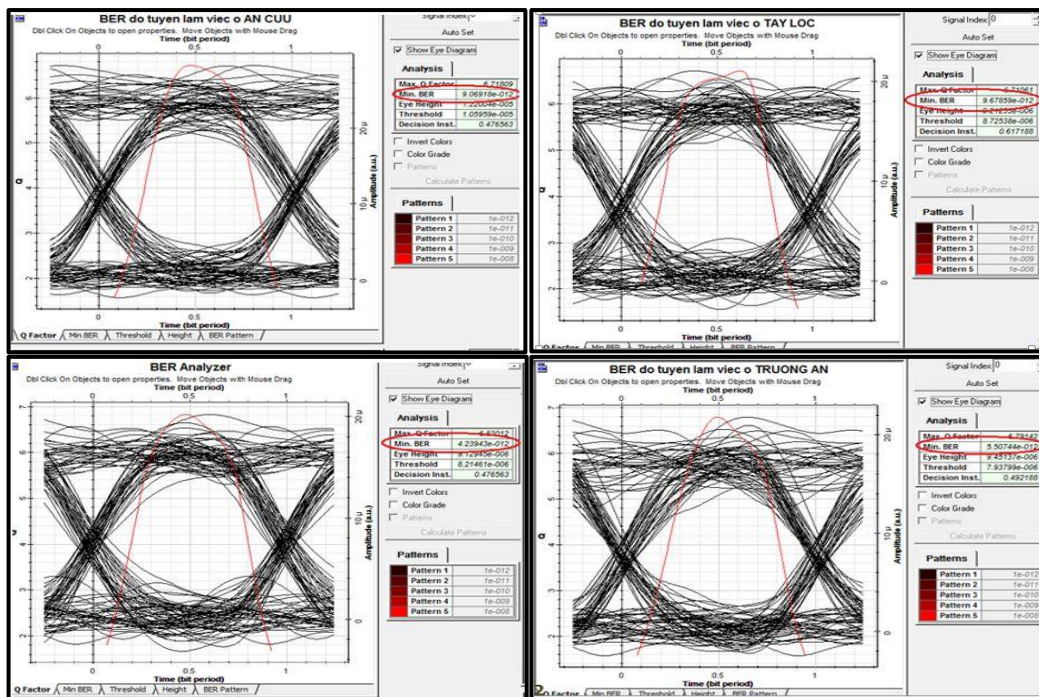
1	Dự phòng cho sợi trên tuyến Trường An – Tây Lộc	3,6Km	0,01dB/Km	0,036dB/Km
2	Dự phòng cho 2 nút (NA) tại Trường An – Tây Lộc	4 trạm	0,01dB/Km	0,04dB
3	Sửa chữa			0,5dB
4	Tuổi thọ			1dB
Bộ connecter		6	0,05dB/bộ	0,3dB
Mối hàn		1	0,04dB/m.hàn	0,04dB
Suy hao sợi quang		5,2Km	0,2dB/Km	1,04dB
Tổng suy hao			2,956dB	

Ta có $P_{T4} = P_{T3} - P_4 = -9,342 - 2,956 = -12,298\text{dB}$. Đảm bảo độ nhạy máy thu nên không cần bộ khuếch đại.

Giá trị bộ suy hao là: $P_4 - P_{\text{suy hao sợi}} = 2,956 - 0,2 = 2,756\text{ dB}$.

3.2. Kết quả mô phỏng

Đồ thị mắt cho phép quan sát thấy được tín hiệu và phán đoán chất lượng tín hiệu hạn chế bởi các hiện tượng như nhiễu biên độ (Amplitude Noise), hỗn loạn trong miền thời gian (Timing Jitter) hay giao thoa giữa các bit (Intersymbol Interference). Độ rộng của mắt càng lớn thì chất lượng của tín hiệu càng tốt và ngược lại.



Hình 8. Giản đồ mắt lần lượt tại các AN An Cựu, Tây Lộc, Vĩnh Ninh, Trường An.

Đề xuất mô hình mạng quang WDM với chuyển mạch bảo vệ tự động sử dụng công nghệ MEMS ...

Kết quả từ mô phỏng cho thấy: tỷ lệ lỗi bit tại các trạm An Cựu, Tây Lộc, Vĩnh Ninh, Trường An lần lượt là $9,06.10^{-12}$, $9,67.10^{-12}$, $4,23.10^{-12}$ và $5,50.10^{-12}$. Tỷ lệ lỗi bit 10^{-12} là một tỷ lệ lỗi bit thấp, thể hiện hệ thống có chất lượng tín hiệu rất tốt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Số thông tin và truyền thông tỉnh Thừa Thiên Huế (2015). Dự báo nhu cầu lưu lượng trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên Huế đến năm 2025.
- [2]. Regis J. Bates (2001). Optical Switching Systems and Technologies, Optical Switching and Networking Handbook.
- [3]. John Crisp (2005). Introduction to Fiber Optics, 2nd Edition, Newnes, 20th October, ISBN: 9780080473161
- [4]. Xiaojun Fang, Rainer Iraschko and Rohit Sharma (1999). All-Optical Four-Fiber Bidirectional line-switched ring, vol.17, No.8.
- [5]. R. Wagner (1996). MONET: multiwavelength optical network, IEEE J. Lightwave Tech., vol. 14, no. 6, pp. 1349–55.
- [6]. G. Lehr (1998). Management of All-Optical WDM Networks — First Results of European Research Project MOON, Proc. NOMS, pp. 870–79.

AUTOMATIC PROTECTION MEMS SWITCHING IN HUE CITY

Ho Duc Tam Linh*, Hoang Thi Van, Tran Thi Kieu, Vuong Quang Phuoc

Faculty of Electronics and Telecommunications, University of Sciences, Hue University

*Email: hdtlinh@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

We chose Hue city to survey and propose the design of high-speed and stable optical fiber communication system. Based on the proposed physical architecture, we used Optisystem software to simulate this system, and the results achieved with good bit error rates are $BER = 10^{-12}$. In addition, we also set out situations in which errors may occur during the course of the activity and suggest solutions to overcome.

Keywords: SDH, WDM, RING, MEMS.



Hồ Đức Tâm Linh sinh ngày 03/02/1986 tại Thừa Thiên Huế. Năm 2009, ông tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành Điện tử viễn thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Năm 2014, ông nhận bằng thạc sĩ chuyên ngành Kỹ thuật Điện tử tại Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội. Hiện nay, ông đang công tác tại Khoa Điện tử Viễn Thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Thông tin quang, mạng máy tính.



Hoàng Thị Vân sinh ngày 02/01/1993 tại Quảng Trị. Năm 2016, bà tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành Điện tử viễn thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

Lĩnh vực nghiên cứu: Thông tin quang.



Trần Thị Kiều sinh ngày 29/02/1992 tại Quảng Nam. Năm 2015, bà tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành Điện tử viễn thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện nay, bà đang công tác tại Khoa Điện tử Viễn Thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Thông tin quang.



Vương Quang Phước sinh ngày 14/08/1990 tại Thừa Thiên Huế. Năm 2013, ông tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành Điện tử viễn thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện nay, ông đang công tác tại Khoa Điện tử Viễn thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Thông tin quang, mạng máy tính.

