

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN QUANG XUÂN

**ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG HỆ THỐNG GHÉP KÊNH
QUANG THEO BƯỚC SÓNG ĐA TỐC ĐỘ ĐƯỜNG**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật viễn thông
Mã số: 8.52.02.08**

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ

HÀ NỘI - 2019

Luận văn được hoàn thành tại

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học: TS. Vũ Tuấn Lâm

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ tại
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Vào lúc: giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

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

MỞ ĐẦU

Hiện nay, hệ thống thông tin quang trở thành xương sống, cốt lõi của hạ tầng viễn thông. Nhất là công nghệ WDM đang được ứng dụng giúp tối ưu hóa hạ tầng đường trục đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về chất lượng và độ phủ rộng khắp thì việc triển khai hệ thống thông tin quang càng trở nên cấp thiết và không thể thiếu. Vì vậy việc sử dụng công nghệ WDM đa tốc độ đường đang trở thành xu hướng phát triển của công nghệ WDM trong tương lai. Công nghệ WDM cho phép tối ưu hạ tầng và sử dụng tối đa tài nguyên hệ thống.

Trong mạng quang đa tốc độ đường trong suốt, truyền dữ liệu được thực hiện trên các bước sóng khác nhau ở tỷ lệ tần số khác nhau trong cùng một sợi. Mạng quang đa tốc độ đường có tốc độ 10/40/100 Gb / s trên các kênh bước sóng khác nhau là một điều mới trong mô hình mạng trong suốt. Công nghệ WDM cũng cho thấy cải thiện tốc độ dữ liệu và chất lượng truyền tải. Từ đó tối ưu được tài nguyên truyền dẫn và tiết kiệm chi phí vận hành sử dụng và bảo dưỡng hệ thống sau này. Đây cũng là hướng đi mới mà nhiều nhà cung cấp trên thế giới chọn để triển khai phát triển và tối ưu hệ thống.

Nội dung luận văn này đã trình bày tổng quát về lịch sử truyền dẫn thông tin quang, sự phát triển của công nghệ WDM, hệ thống WDM đa tốc độ đường, đánh giá được hiệu năng của hệ thống WDM đa tốc độ đường có được những ưu điểm nhược điểm cũng như tiềm năng mà hệ thống WDM đa tốc độ đường mang lại.

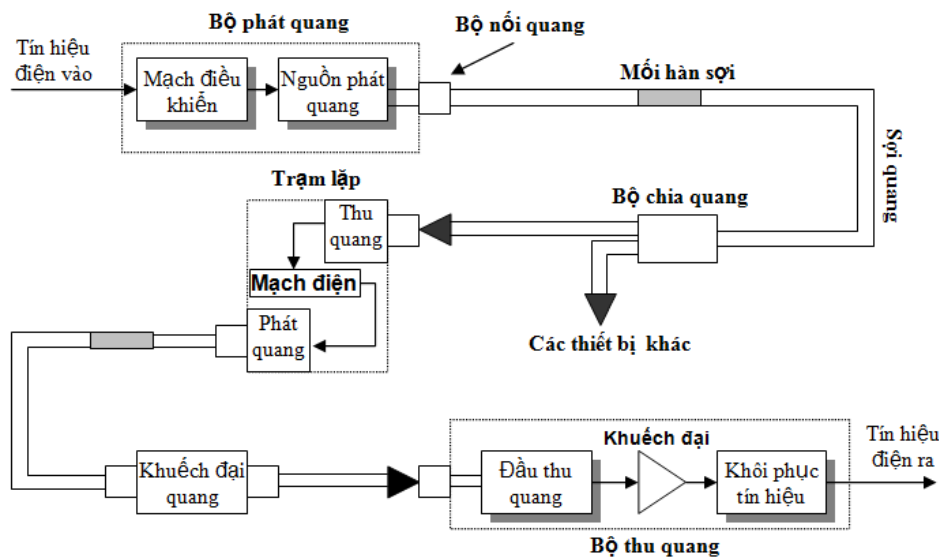
Bố cục luận văn được chia thành 3 chương. Chương 1 là tổng quan công nghệ WDM, giới thiệu về lịch sử phát triển công nghệ quang, công nghệ WDM. Chương 2 là hệ thống WDM đa tốc độ đường, nói về kiến trúc, thành phần hệ thống, các phương pháp điều chế và giải điều chế, các yếu tố ảnh hưởng đến hệ thống WDM đa tốc độ đường. Chương 3 là mô hình mô phỏng hệ thống sử dụng công cụ hỗ trợ optisystem và đánh giá hiệu năng hệ thống WDM đa tốc độ đường.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ WDM

1.1 Sự phát triển của công nghệ truyền tải quang

Ngay từ xa xưa để thông tin cho nhau, con người đã biết sử dụng ánh sáng để báo hiệu. Qua thời gian dài của lịch sử phát triển nhân loại, các hình thức thông tin phong phú dần và ngày càng được phát triển thành những hệ thống thông tin hiện đại như ngày nay, tạo cho mọi nơi trên thế giới có thể liên lạc với nhau một cách thuận lợi và nhanh chóng.

Chính bởi các lý do trên mà hệ thống thông tin quang đã có sức hấp dẫn mạnh mẽ các nhà khai thác viễn thông. Các hệ thống thông tin quang không những chỉ phù hợp với các tuyến thông tin xuyên lục địa, tuyến đường trục, và tuyến trung kế mà còn có tiềm năng to lớn trong việc thực hiện các chức năng của mạng nội hạt với cấu trúc tin cậy và đáp ứng mọi loại hình dịch vụ hiện tại và tương lai. Mô hình chung của một tuyến thông tin quang được mô tả như hình 1.1.



Hình 1.1 Các thành phần chính của tuyến truyền dẫn cáp sợi quang

1.1.1 Lịch sử phát triển công nghệ truyền tải quang

Với khởi đầu là sự phát triển thành công công nghệ laser và được tiếp nối bằng những tiến bộ trong công nghệ vật liệu và xử lý quang học, truyền tải quang

trong mạng viễn thông đã sớm trở thành hiện thực từ những năm 1980. Trong hơn ba mươi năm vừa qua, công nghệ truyền tải quang đã được phát triển nhanh chóng, dung lượng truyền tải tăng lên hơn 10 ngàn lần. Quá trình phát triển của công nghệ truyền tải quang được chia thành ba thời kỳ (thế hệ) tương ứng với ba xu hướng tiên bộ công nghệ chính bao gồm:

- Thế hệ thứ nhất - Công nghệ ghép kênh theo thời gian TDM: được dựa trên kỹ thuật ghép kênh trong miền điện.

- Thế hệ thứ hai - Công nghệ khuếch đại quang kết hợp với công nghệ ghép kênh theo bước sóng quang WDM: đang được ứng dụng rộng khắp trong các mạng truyền tải

- Thế hệ thứ ba - Công nghệ coherent số: là công nghệ hiện mới trong quá trình nghiên cứu phát triển. Thế hệ truyền dẫn quang thứ nhất bắt đầu từ năm 1980 đến những năm đầu của thập kỷ 90. Trong giai đoạn này, ghép kênh theo thời gian TDM là công nghệ truyền tải chính trong các hệ thống truyền dẫn sợi quang. Các hệ thống này, các thiết bị điện và quang tốc độ cao cũng như các bộ khuếch đại quang là chìa khóa để hiện thực các hệ thống truyền dẫn quang đường trục tốc độ cao. Các hệ thống này thực hiện ghép kênh TDM lên một bước sóng quang và có khả năng hỗ trợ truyền tải với dung lượng 10 Gbps.

1.1.2 Sợi quang

a. Suy hao trên sợi quang

Suy hao trong sợi quang cũng được biểu diễn là (dB/km), tức là suy hao trung bình trong sợi quang dài 1 kilomet. Công suất quang trong các hệ thống sợi quang thường được biểu diễn là dBm, đó là do decibel được quy vào 1mW. Với công suất quang được biểu diễn là dBm, công suất lỗi ra mọi nơi trong hệ thống có thể được xác định đơn giản bởi biểu diễn công suất lỗi vào là dBm và trừ đi các thành phần suy hao riêng lẻ cũng được biểu diễn là dBm.

Các nguyên nhân chính gây ra suy hao trong sợi quang là: Do hấp thụ bởi vật liệu hay tạp chất cấu tạo nên sợi quang, tán xạ tuyến tính và do bị uốn cong.

b. Cấu tạo cơ bản của sợi quang



Hình 1.2. Cấu trúc cơ bản của sợi quang

Ứng dụng hiện tượng vật lý phản xạ toàn phần, sợi quang được chế tạo cơ bản gồm có 2 lớp như sau: Cấu trúc tổng quát được minh họa trong hình 1.4.

- Lớp trong cùng (lớp lõi) có dạng hình trụ tròn, có đường kính $d = 2a$, làm bằng thủy tinh có chiết suất n_1 được gọi là lõi sợi (core)
- Lớp thứ 2 cũng có dạng hình trụ bao quanh lõi nên được gọi là lớp vỏ bọc (cladding) có đường kính $D = 2b$, làm bằng thủy tinh hoặc nhựa plastic, có chiết suất $n_2 < n_1$.

c. Các loại sợi quang

Có 3 loại cáp sợi quang cơ bản được sử dụng trong hệ thống thông tin quang:

✓ **Sợi đa mode chiết suất bậc:** Sợi đa mode chiết suất bậc có chiết suất khúc xạ biến đổi từ thấp - cao - thấp khi được tính từ lớp vỏ (cladding) – lõi (core) – vỏ (cladding). Thuật ngữ “đa mode” nói lên thực tế rằng có nhiều mode làm việc trong sợi quang. Sợi đa mode chiết suất bậc được sử dụng trong các ứng dụng yêu cầu tốc độ bit thấp và băng rộng ($< 1\text{GHz}$) trên khoảng cách ngắn ($< 3\text{ km}$) như là mạng nội bộ (LAN) hoặc 1 mạng đường trục cỡ nhỏ.

✓ **Sợi đơn mode chiết suất bậc:** Sợi đơn mode chiết suất bậc cho phép chỉ một đường, hoặc mode cho ánh sáng đi qua sợi quang, được minh họa trong hình 1.7. Trong sợi đa mode chiết suất bậc, số mode M_n truyền có thể được tính xấp xỉ là:

$$M_n = \frac{V^2}{2} \quad (1.3)$$

Ở đây V được hiểu là tần số, hay V-number, liên quan đến kích thước sợi quang, chỉ số khúc xạ, và bước sóng. V-number được cho bởi phương trình sau:

$$V = \left[\frac{2\pi a}{\lambda} \right] x N.a; \quad (1.4)$$

$$N.A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_1 \sqrt{2\Delta}; \quad (1.5)$$

✓ **Sợi chiết suất giảm dần:** Sợi chiết suất giảm dần là một sự ràng buộc giữa thông số độ rộng lõi và khẩu độ số N.A của sợi đa mode và băng rộng cao hơn của sợi đơn mode. Với sự tạo thành của lõi mà chiết suất khúc xạ giảm xuống theo hình parabol từ trung tâm lõi đến vỏ, ánh sáng truyền qua trung tâm của sợi có chỉ số chiết suất cao hơn ánh sáng truyền trong các mode cao. Điều này nghĩa là các mode cao truyền nhanh hơn các mode thấp hơn, nó cho phép “rượt theo” tới các mode thấp, vì thế làm giảm số lượng của sự tán sắc mode, tức là làm tăng băng thông của sợi quang

d. Sự tán sắc

Trong quang học, sự tán sắc là hiện tượng mà vận tốc pha của sóng ánh sáng phụ thuộc vào tần số của nó hoặc là khi vận tốc nhóm phụ thuộc vào tần số. Phương tiện truyền thông tin có một thuộc tính là thông số tán sắc, và gây ra nhiều ảnh hưởng khác nhau. Sự tán sắc đôi khi được gọi là sự tán sắc màu để nhấn mạnh tính chất phụ thuộc bước sóng của nó hoặc sự tán sắc vận tốc nhóm của nó để ám chỉ quy luật vận tốc nhóm.

e. Các loại tán sắc

Sự tán sắc được chia thành 2 loại: tán sắc mode và tán sắc màu

✓ **Tán sắc mode:** Tán sắc mode được định nghĩa là khi xung trải rộng ra do thời gian trễ giữa các mode bậc thấp hơn và các mode cao hơn. Tán sắc mode khó khắc phục trong sợi quang đa mode, là nguyên nhân băng thông bị giới hạn nhưng nó không phải là vấn đề trong sợi quang đơn mode ở đó chỉ một mode cho phép truyền đi.

✓ **Tán sắc màu:** Tán sắc màu là xung bị trải rộng ra do thực tế các bước sóng khác nhau của ánh sáng truyền ở các vận tốc ánh sáng khác nhau qua sợi quang. Tất cả các nguồn sáng, laser có độ rộng tia hạn chế. Bởi vì chiết suất khúc xạ của sợi thủy tinh phụ thuộc vào bước sóng, các bước sóng khác nhau truyền ở vận tốc khác nhau.

Tán sắc màu gồm có 2 phần: tán sắc vật liệu và tán sắc ống dẫn.

1.2. Hệ thống truyền thông quang WDM

Công nghệ ghép kênh quang đã trải qua 3 giai đoạn phát triển:

- Ghép kênh phân chia theo không gian (SDM)
- Ghép kênh phân chia theo thời gian (TDM)
- Ghép kênh phân chia theo bước sóng (WDM)

Công nghệ SDM có thiết kế đơn giản và đặc tính thực tiễn, nhưng SDM yêu cầu số lượng sợi truyền dẫn cần phải phù hợp với số lượng tín hiệu ghép kênh, điều này gây khó khăn trong việc nâng cấp hệ thống và ích lợi đầu tư thấp. Công nghệ TDM được ứng dụng rộng rãi, đây là công nghệ ghép kênh cơ bản của hệ thống truyền thông PDH, SDH, ATM và IP, nhưng khả năng sử dụng đường truyền quang của công nghệ này vẫn còn rất thấp, chưa khai thác được hết tài nguyên băng rộng của sợi quang.

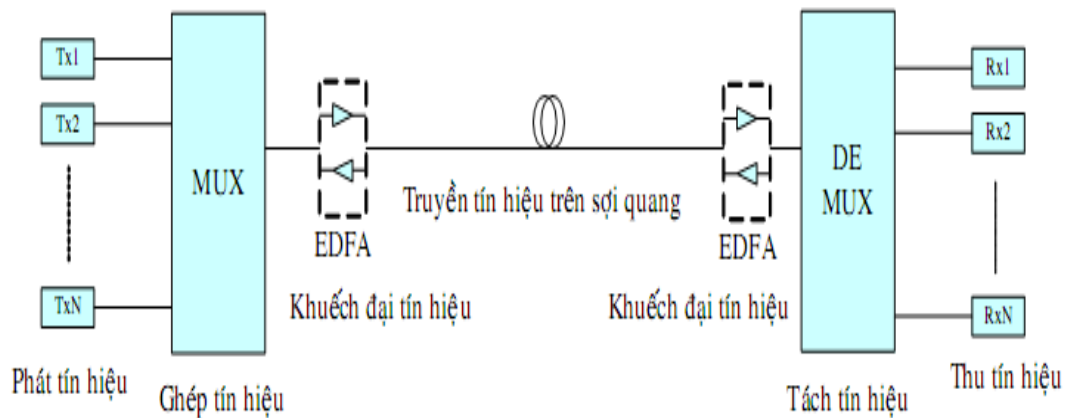
1.2.1. Tổng quan hệ thống WDM

a. Giới thiệu nguyên lý ghép kênh quang theo bước sóng

✓ **Truyền dẫn ghép phân chia theo bước sóng (WDM):** Ghép thêm nhiều bước sóng để có thể truyền trên một sợi quang, không cần tăng tốc độ truyền dẫn trên một bước sóng. Công nghệ WDM có thể mang đến giải pháp hoàn thiện nhất trong điều kiện công nghệ hiện tại

✓ **Đặc điểm của hệ thống WDM:** Công nghệ ghép kênh quang theo bước sóng có những ưu điểm vượt trội như tăng số lần băng thông truyền trên sợi quang tương ứng với bước sóng ghép vào để truyền trên sợi quang, tính trong suốt của công nghệ WDM nên nó có thể hỗ trợ các định dạng số liệu và thoại như: ATM, Gigabit Ethernet, ESCON, chuyển mạch kênh, IP

a. Mô hình hệ thống WDM



Hình 1.1 Sơ đồ hệ thống WDM

✓ **Phát tín hiệu:** hệ thống WDM sử dụng nguồn phát quang là laser. Hiện nay, đã có một số loại nguồn phát như: laser điều chỉnh được bước sóng (tunable laser), laser đa bước sóng (multiwavelength laser)... Yêu cầu đối với nguồn phát laser là phải có độ rộng phổ hẹp, bước sóng phát ổn định, mức công suất phát đỉnh, bước sóng trung tâm, độ rộng phổ, độ rộng chirp phải nằm trong giới hạn cho phép.

✓ **Ghép/tách tín hiệu:** ghép tín hiệu WDM là sự kết hợp một số nguồn sáng khác nhau thành một luồng tín hiệu ánh sáng tổng hợp để truyền dẫn qua sợi quang.

✓ **Truyền dẫn tín hiệu:** quá trình truyền dẫn tín hiệu trong sợi quang chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố: suy hao sợi quang, tán sắc, các hiệu ứng phi tuyến, các vấn đề liên quan đến khuếch đại tín hiệu... Mỗi vấn đề kể trên đều phụ thuộc rất nhiều vào các đặc tính của sợi quang (loại sợi quang, chất lượng sợi...).

✓ **Khuếch đại tín hiệu:** Hệ thống WDM hiện tại chủ yếu sử dụng bộ khuếch đại quang sợi EDFA. Có 3 chế độ khuếch đại: khuếch đại công suất, khuếch đại đường và tiền khuếch đại.

✓ **Thu tín hiệu:** để thu tín hiệu, các hệ thống WDM cũng sử dụng các loại bộ tách sóng quang như trong hệ thống thông tin quang thông thường: PIN, APD.

b. Phân loại hệ thống truyền dẫn trong hệ thống WDM

✓ **Hệ thống ghép bước sóng một hướng:** Hệ thống WDM truyền dẫn 2 chiều trên hai sợi là: tất cả kênh quang cùng trên một sợi quang truyền dẫn theo cùng một chiều (như hình 1.4), ở đầu phát các tín hiệu có cùng các bước sóng quang tín hiệu

khác nhau và đã được điều chế $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ thông qua bộ ghép kênh tổ hợp lại với nhau, và truyền dẫn một chiều trên một sợi quang.

✓ **Hệ thống ghép bước sóng hai hướng:** Nếu hệ thống sợi quang đang sử dụng là sợi DSF theo chuẩn G.653 thì rất khó triển khai WDM vì xuất hiện hiện tượng trộn bốn bước sóng khá gay gắt. Hệ thống WDM truyền dẫn hai chiều trên một sợi là: ở hướng đi, các kênh quang tương ứng với các bước sóng $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ qua bộ ghép/tách kênh được tổ hợp lại với nhau truyền dẫn trên một sợi. Cũng sợi quang đó, ở hướng về các bước sóng $\lambda_{n+1}, \lambda_{n+2}, \dots, \lambda_{2n}$ được truyền dẫn theo chiều ngược lại.

c. Các yêu cầu của hệ thống WDM

✓ **Phần phát:** Trong hệ thống WDM, nguồn phát đóng một vai trò quan trọng. Khác với hệ thống thông thường, hệ thống WDM sử dụng các nguồn phát từ các laser khác nhau hoặc từ một laser chủ.

✓ **Môi trường truyền:** Trong hệ thống WDM, để đảm bảo nhu cầu truyền khoảng cách lớn, ta phải sử dụng các bộ khuếch đại quang trên đường truyền, khoảng cách càng lớn thì các EDFA càng nhiều.

✓ **Phần thu:** Cũng như phần phát, phần thu có bộ giải ghép kênh quang. Một trong những loại đang được sử dụng rộng rãi là bộ ghép kênh quang thụ động ghép sợi do tính đơn giản và hiệu quả của nó.

d. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng của hệ thống WDM

Các yếu tố ảnh hưởng đến hệ thống WDM có thể kể đến như: Suy hao, tán sắc và hiện tượng phi tuyến xảy ra trong sợi quang. Để là rõ vấn đề này luận văn sẽ tìm hiểu thêm các yếu tố sau:

✓ **Tán xạ do kích thích Brillouin:** Trong trường hợp SBS, các phonon liên quan đến sự tác động tán xạ là các phonon âm học và sự tương tác này xảy ra trên dải tần hẹp $\Delta f = 20$ MHz ở bước sóng 1550 nm.

✓ **Tán xạ do kích thích Raman:** Nếu đưa vào trong sợi quang hai hay nhiều tín hiệu có bước sóng khác nhau thì SRS gây ra sự chuyển năng lượng từ các kênh có bước sóng thấp sang các kênh có bước sóng cao hơn Sự chuyển năng lượng từ kênh

tín hiệu có bước sóng thấp sang kênh tín hiệu có bước sóng cao là một hiệu ứng cơ bản làm cơ sở cho khuếch đại quang và laser.

✓ **Hiệu ứng tự điều pha (SPM):** Trong tán sắc màu, các bước sóng khác nhau (các tần số) lan truyền theo tốc độ khác nhau. Như vậy xung mang các tần số khác nhau khi lan truyền sẽ giốn ra.

✓ **Hiệu ứng điều chế xuyên pha:** SPM là giới hạn phi tuyến chủ yếu trong hệ thống đơn kênh.

✓ **Hiệu ứng trộn bốn bước sóng:** Trong hệ thống WDM sử dụng các tần số $\omega_1, \dots, \omega_n$, sự phụ thuộc của chiết suất vào cường độ (công suất) không chỉ gây ra sự dịch pha trong mỗi kênh mà còn sinh ra tần số mới như là $2\omega_i - \omega_j$ và $\omega_i + \omega_j - \omega_k$. Hiện tượng này gọi là hiện tượng trộn bốn bước sóng (FWM_Four-wave Mixing).

1.2.2 Công nghệ DWDM và CWDM

✓ **Công nghệ DWDM:** Tương tự như ghép kênh quang WDM thì công nghệ DWDM là công nghệ ghép kênh theo bước sóng với số bước sóng lớn trong một băng tần hạn chế.

✓ **Công nghệ CWDM:** Ngược lại với hệ thống DWDM là ghép kênh với mật độ cao thì công nghệ CWDM là công nghệ ghép bước sóng thô hay là ghép thưa bước sóng.

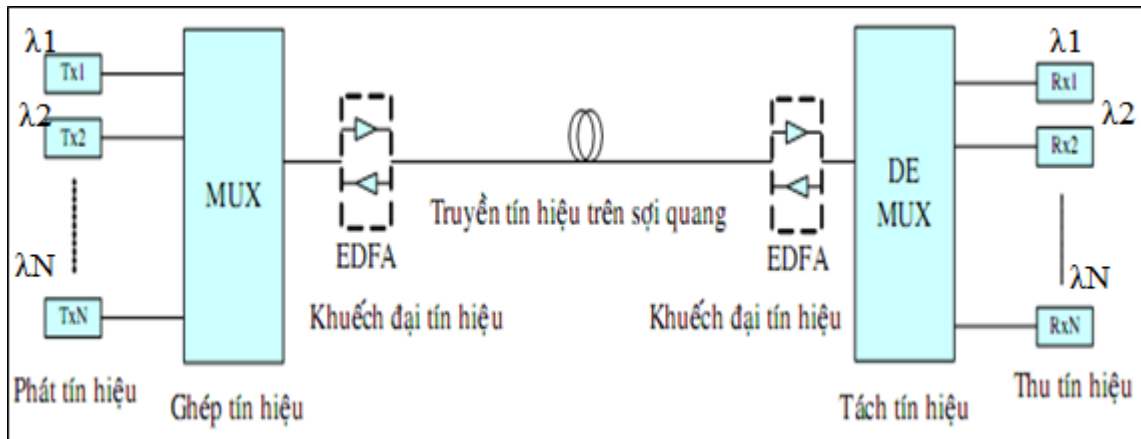
1.3 Kết luận

Chương 1 luận văn đã tìm hiểu về sự phát triển của công nghệ truyền tải quang, thấy được lịch sử hình thành và tiềm năng của hệ thống thông tin quang. Và tìm hiểu về sợi quang, yếu tố chủ yếu hình thành các công nghệ truyền trên sợi quang. Bên cạnh đó cũng đã khái quát được hệ thống truyền thông quang WDM và các công nghệ WDM.

CHƯƠNG 2 HỆ THỐNG WDM ĐA TỐC ĐỘ ĐƯỜNG

2.1. Kiến trúc hệ thống WDM đa tốc độ đường

Mô hình hệ thống WDM đa tốc độ đường giống hệt với mô hình của hệ thống WDM thông thường chỉ có điều là các thiết bị đầu cuối phải đồng bộ với nhau để có thể làm việc trong cùng nhiều tốc độ khác nhau.



Hình 2.2 Sơ đồ hệ thống WDM

✓ **Phát tín hiệu:** Hệ thống WDM đa tốc độ đường sử dụng nguồn phát quang là laser. Hiện nay, đã có một số loại nguồn phát như: laser điều chỉnh được bước sóng (tunable laser), laser đa bước sóng (multiwavelength laser)...

✓ **Ghép/tách tín hiệu:** Ghép tín hiệu WDM đa tốc độ đường là sự kết hợp một số nguồn sáng khác nhau thành một luồng tín hiệu ánh sáng tổng hợp để truyền dẫn qua sợi quang. Tách tín hiệu WDM là sự phân chia luồng ánh sáng tổng hợp đó thành các tín hiệu ánh sáng riêng lẻ tại mỗi cổng đầu ra của bộ tách.

✓ **Truyền dẫn tín hiệu:** Quá trình truyền dẫn tín hiệu trong sợi quang chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố: suy hao sợi quang, tán sắc, các hiệu ứng phi tuyến, các vấn đề liên quan đến khuếch đại tín hiệu

✓ **Khuếch đại tín hiệu:** Hệ thống WDM đa tốc độ đường hiện tại chủ yếu sử dụng bộ khuếch đại quang sợi EDFA. Có 3 chế độ khuếch đại: khuếch đại công suất, khuếch đại đường và tiền khuếch đại

✓ **Thu tín hiệu:** Để thu tín hiệu, các hệ thống WDM đa tốc độ đường cũng sử dụng các loại bộ tách sóng quang như trong hệ thống thông tin quang thông thường: PIN, APD.

2.2. Các thành phần hệ thống

Đối với thành phần hệ thống WDM đa tốc độ đường gồm các cặp thu phát, tách ghép đồng bộ với nhau và được thiết kế riêng cho hệ thống WDM đa tốc độ đường. Về nguyên lý các thành phần này tương tự như các thành phần trong hệ thống WDM truyền thống nhưng được điều chỉnh để phù hợp với hệ thống WDM đa tốc độ đường. Như thành phần vẫn có bộ phát, bộ thu được thiết kế đồng bộ với nhau. Bộ ghép kênh quang và bộ tách kênh quang cũng đồng bộ với nhau. Các bộ khuếch đại quang thì khác vì nó khuếch đại các tín hiệu có tốc độ khác nhau. Bộ tách và ghép kênh phân chia theo bước sóng quang

2.3. Kỹ thuật điều chế trong hệ thống WDM đa tốc độ đường

a. Kỹ thuật điều chế PSK

Tất cả dữ liệu truyền đạt bởi thay đổi một vài khía cạnh của tín hiệu gốc, sóng mang (thường là sóng hình sin) hưởng ứng tín hiệu dữ liệu. Trong trường hợp của PSK, pha được thay đổi đặc trưng cho tín hiệu dữ liệu. Các điểm này biểu diễn trên mặt phẳng phức hợp, các trục thực và ảo được gọi là pha và trục vuông góc tương ứng với khoảng cách 90° của chúng. Biểu diễn như vậy trên trục vuông góc của nó để thực hiện dễ dàng. Biên độ của mỗi điểm đến trục pha được sử dụng cho điều chế sóng hình cosin (hoặc là sin) và biên độ về phía trục vuông góc để điều chế sóng hình sin (hoặc cosin),

b. Điều chế BPSK

BPSK là dạng đơn giản nhất của điều chế khóa dịch pha (PSK). Nó sử dụng 2 pha lệch nhau 180° và cũng có thể được gọi là dạng 2-PSK. Nó không quan trọng phải đặc biệt chính xác vị trí xác định các điểm chòm sao, và trong sơ đồ hình sao chúng thể hiện trên trục thực ở 0° và 180°

c. Điều chế QPSK

Đôi khi QPSK được hiểu là PSK 4 phần, PSK 4 chiều, 4-PSK hoặc 4-QAM. (mặc dù các khái niệm gốc về QPSK và 4-QAM là khác nhau, kết quả điều chế các sóng âm thành là chính xác như nhau). QPSK sử dụng 4 điểm trên sơ đồ chòm sao được đặt ở các vị trí bằng nhau trên một vòng tròn. Với 4 pha, QPSK có thể giải mã 2 bit trên một ký tự, biểu diễn trong sơ đồ với mã hóa Gray là tỷ lệ lỗi bit (BER) tối thiểu.

d. Điều chế NRZ và RZ

Điều chế NRZ là sơ đồ mã hóa đơn cực trong đó điện áp dương xác định bit 1 và điện áp 0 xác định bit 0. Tín hiệu không trở về 0 ở giữa bit do đó được gọi là NRZ. Ví dụ: Dữ liệu = 10110.

Điều chế RZ là một giải pháp cho vấn đề NRZ, sử dụng ba giá trị dương, âm và 0. Trong sơ đồ này, tín hiệu đi về 0 ở giữa mỗi bit. Lưu ý - Logic chúng tôi đang sử dụng ở đây để biểu thị dữ liệu là cho bit 1 một nửa tín hiệu được biểu thị bằng +V và một nửa bằng điện áp bằng 0 và cho bit 0 một nửa tín hiệu được biểu thị bằng -V và một nửa bằng điện áp 0. Ví dụ: Dữ liệu = 01001.

2.4. Các yếu tố ảnh hưởng hiệu năng hệ thống WDM đa tốc độ đường

a. Suy hao quỹ công suất của hệ thống WDM

Trong bất kỳ hệ thống số nào thì vấn đề quan trọng là phải đảm bảo được tỷ số tín hiệu trên tạp âm (S/N) sao cho đầu thu có thể thu được tín hiệu với một mức BER cho phép.

b. Xuyên nhiễu giữa các kênh tín hiệu quang

Xuyên nhiễu giữa các kênh trong sợi quang ảnh hưởng tới độ nhạy của máy thu, chính vì vậy có ảnh hưởng lớn đến chất lượng của hệ thống WDM. Có thể chia ra làm hai loại xuyên nhiễu chính như: Xuyên nhiễu tuyến tính, do đặc tính không lý tưởng của các thiết bị tách kênh, mức xuyên nhiễu này chủ yếu phụ thuộc vào kiểu thiết bị tách kênh được sử dụng cũng như khoảng cách giữa các kênh.

c. Bù tán sắc

Sau khi sử dụng EDFA trên tuyến thì vấn đề suy hao đã được giải quyết, cự ly truyền dẫn được nâng lên rõ rệt, nhưng tổng tán sắc cũng tăng lên. Do đó, lại yêu

cầu phải giải quyết vấn đề tán sắc, nếu không, không thể thực hiện được việc truyền thông tin tốc độ cao và truyền dẫn cự ly dài.

Ảnh hưởng hiệu ứng phi tuyến:

- *Hiệu ứng SRS*
- *Hiệu ứng SBS*
- *Hiệu ứng SPM*
- *Hiệu ứng XPM*
- *Hiệu ứng FWM*

2.6 Kết luận

Chương 2 luận văn đã tìm hiểu về kiến trúc hệ thống WDM đa tốc độ đường, các thành phần hệ thống, các phương pháp điều chế giải điều chế, các yếu tố ảnh hưởng hiệu năng hệ thống cũng như các hiệu ứng phi tuyến ảnh hưởng tới quá trình truyền dẫn. Trong các yếu tố ảnh hưởng đã kể ra được các yếu tố ảnh hưởng chính đến hệ thống, kênh truyền như hiệu ứng Raman, hiệu ứng SBS, hiệu ứng SPM, hiệu ứng méo xuyên pha, hiệu ứng trộn bốn bước sóng. Chương 2 còn nói đến các thành phần cơ bản của hệ thống WDM đa tốc độ đường như các bộ khuếch đại, bộ phát, bộ tách ghép quang, các bộ giám sát đường truyền... và các phương pháp điều chế sử dụng trong hệ thống WDM đa tốc độ đường.

CHƯƠNG 3 ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG HỆ THỐNG WDM ĐA TỐC ĐỘ ĐƯỜNG

3.1 Hệ thống WDM đa tốc độ đường

Để thực hiện đánh giá được hiệu năng hệ thống WDM đa tốc độ đường luận văn tiến hành khảo sát hệ thống WDM đa tốc độ đường 4 kênh như sơ đồ hệ thống hình 3.1. Mỗi khối tương ứng sẽ ứng với các thiết bị mô phỏng để mô phỏng tiến tới gần với thực tế. Và độ kiểm chứng kết quả sẽ gần với thực tế hơn. **Bộ phát:** Gồm Laser diode, bộ tạo tốc độ được điều chế với các phương thức điều chế khác nhau như PSK, RZ, NRZ, OOK, DPSK... Được kết hợp với nhau qua bộ Mach-Zender.

✓ **Bộ ghép và tách quang:** Sử dụng bộ ghép quang 4 kênh MUX 4x1 và bộ tách quang DEMUX 1x4. Để ghép và tách 4 bước sóng khác nhau.

✓ **Tuyến truyền dẫn quang:** Sử dụng sợi G652 cho độ suy hao thấp và ổn định, thích hợp cho truyền đường trực.

✓ **Bộ khuếch đại:** Sử dụng bộ khuếch đại quang EDFA, giúp giảm các ảnh hưởng không mong muốn và tăng tính trong suốt của hệ thống, đảm bảo tốc độ đường truyền, giảm trễ.

✓ **Bộ thu:** Sử dụng bộ thu quang PIN hoặc APD, qua bộ lọc thông thấp để lấy tín hiệu rồi qua bộ tái tạo tín hiệu 3R để lấy tín hiệu cần xem.

3.2 Mô hình hóa hệ thống WDM đa tốc độ đường 4 kênh

3.2.1 Công cụ mô phỏng Optisystem [7.0]

OptiSystem là phần mềm mô phỏng hệ thống thông tin quang. Phần mềm này có khả năng thiết kế, đo kiểm tra và thực hiện tối ưu hóa rất nhiều loại tuyến thông tin quang, dựa trên khả năng mô hình hóa các hệ thống thông tin quang trong thực tế.

3.2.2 Các thành phần hệ thống WDM đa tốc độ đường

✓ **Bộ phát:** Khối phát gồm các thành phần bộ phát laser và bộ ghép tín hiệu Mach-Zehnder.

✓ **Bộ thu:** Bộ thu gồm photodetector APD, bộ lọc thông thấp, máy tạo tín hiệu 3R và máy phân tích tín hiệu.

✓ **Tuyến truyền dẫn quang:** Tuyến truyền dẫn quang gồm các thành phần như mô tả trong hình 3.4. Tuyến truyền gồm sợi quang SMF, bộ khuếch đại quang EDFA, vòng lặp quang Loop.

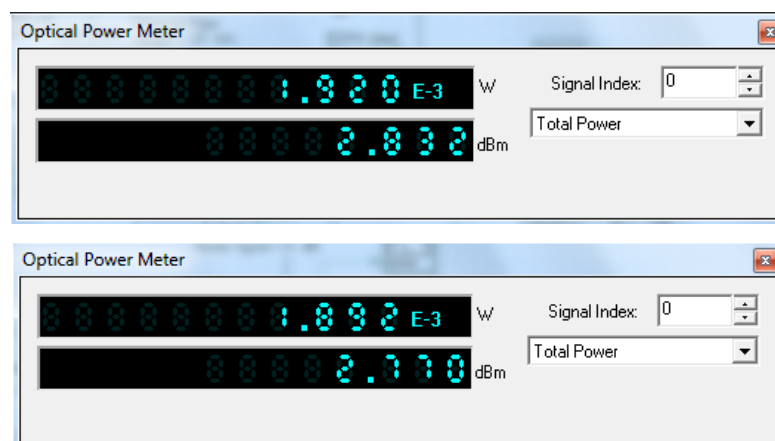
✓ **Tách và ghép bước song:** Bộ tách ghép quang sử dụng là MUX và DEMUX, hệ thống dùng 4 kênh nên bộ tách và ghép quang sử dụng là bộ MUX 4x1 và bộ DEMUX 1x4

✓ **Thiết bị đo và hiển thị tín hiệu:** Đây là các thiết bị, công cụ hỗ trợ mô phỏng đo đạc, hiển thị dạng sóng tín hiệu, phổ và cường độ tín hiệu.

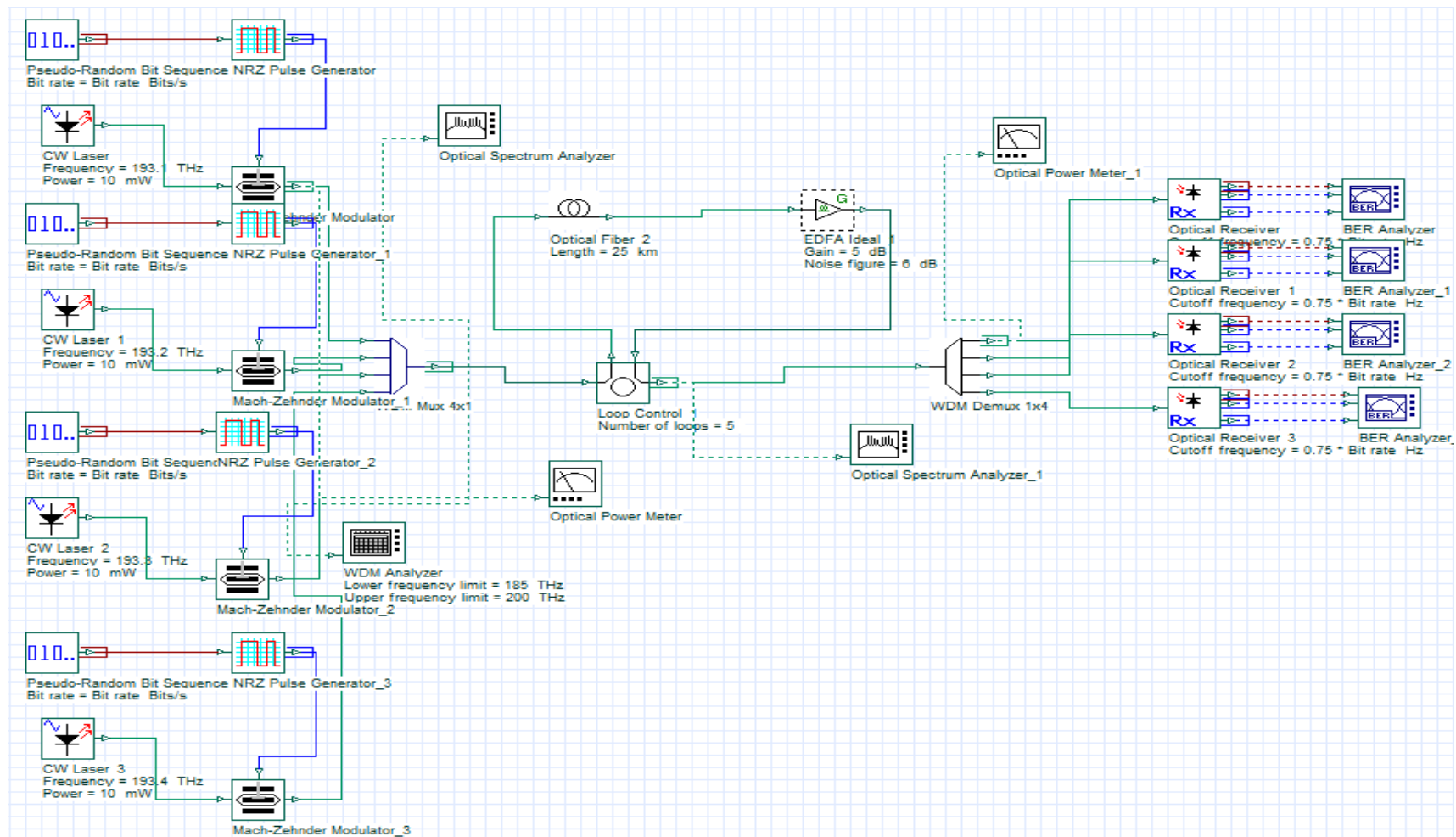
3.3.1 Kênh cùng tốc độ

a. Kênh cùng loại điều chế

Đánh giá hệ thống ghép kênh quang theo bước sóng đa tốc độ đường luận văn sẽ xét hệ thống WDM truyền thông tốc độ 10Gbps cùng phương thức điều chế để thấy được sự khác biệt giữa 2 hệ thống. Sơ đồ hệ thống WDM đa tốc độ đường mô phỏng bằng công cụ optisystem được thể hiện trong hình 3.7.

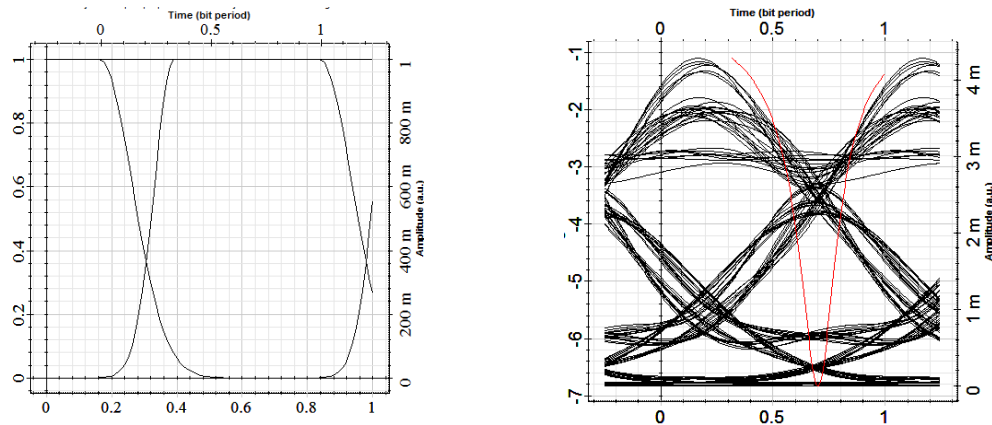


Hình 3.8 Công suất tại nguồn phát và nguồn thu kênh 1 của hệ thống WDM tốc độ 10Gbps



Hình 3.7 Sơ đồ hệ thống WDM 4 kênh tốc độ 10Gbps, cùng phương thức điều chế

Ngoài ra, để khảo sát đồ thị mắt từng kênh tương ứng với đầu vào và ra của tín hiệu truyền trên từng kênh từ đó đánh giá được kênh truyền và chất lượng từng kênh tương ứng. Với 4 kênh đầu vào ta có 4 kết quả đầu ra tương ứng, kết quả cho thấy chất lượng hiển thị tốt ở đầu ra giúp kênh truyền đạt hiệu quả tốt. Kết quả trong hình.



(a) Đầu vào

(b) Đầu ra

Hình 3.9 Đồ thị mắt đầu vào – ra cho kênh 1

Ở trong hình 3.9 ta thấy được đồ thị mắt của đầu vào kênh 1 và đầu ra ở phía thu, hình ảnh đồ thị mắt thu được có độ mở to, rõ ràng cho thấy chất lượng kênh truyền rất tốt. Tiếp đó là các đồ thị mắt các kênh còn 3.10-3.12 các kết quả đồ thị này có sai khác nhau, do đặc tính kênh truyền, bước sóng từng kênh khác nhau nên ảnh hưởng nhiều từng kênh là khác nhau. Nhưng tất cả giá trị thu được tại các kênh truyền đều đạt giá trị tốt và kênh hoạt động tốt.

Analysis	
Max. Q Factor	5.12329
Min. BER	1.4999e-007
Eye Height	0.000932018
Threshold	0.00146021
Decision Inst.	0.699219

(a) Kênh 1

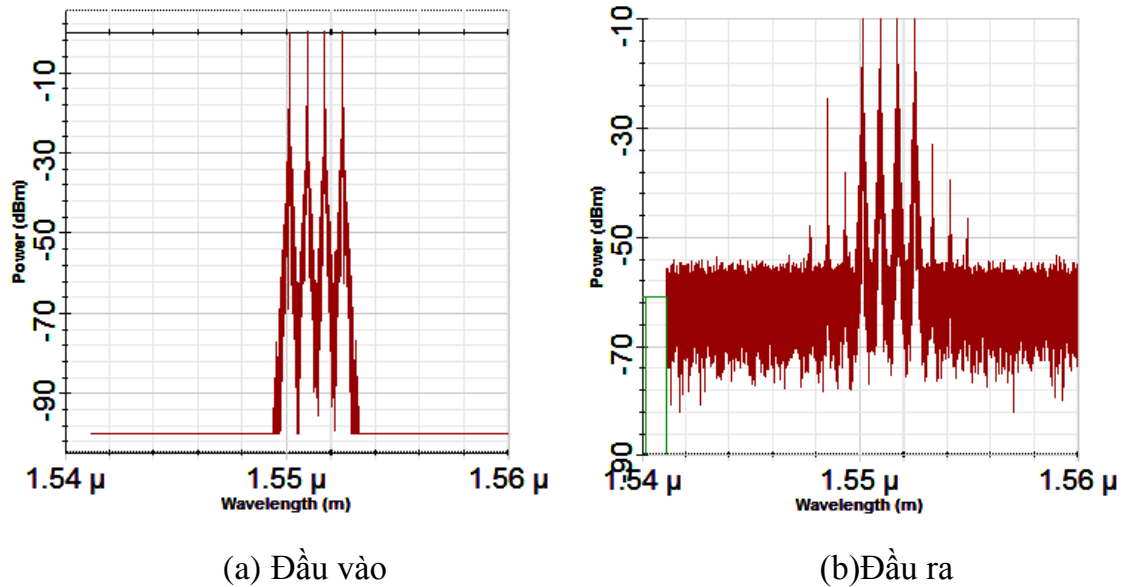
Analysis	
Max. Q Factor	5.40133
Min. BER	3.30717e-008
Eye Height	0.00109801
Threshold	0.00153522
Decision Inst.	0.695313

(b) Kênh 2

Hình 3.13 Đo BER của kênh trong hệ thống WDM tốc độ 10Gbps

Không những thế để đánh giá thêm hiệu năng của kênh, luận văn đã đánh giá BER của từng kênh để đo chất lượng của từng kênh. Như hình 3.13 là BER của 4

kênh tung ứng với a,b,c,d trong hình 3.13. Kết quả cho thấy BER nằm trong dải và kênh hoạt động tốt.



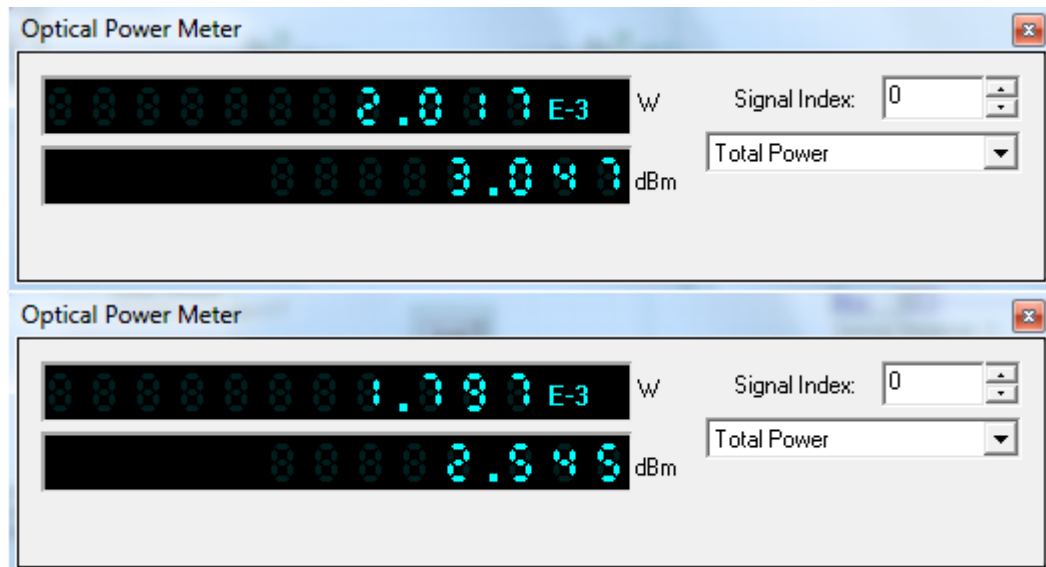
Hình 3.14 Đồ thị phổ đầu vào – ra cho kênh 4 (a) và (b)

Hình 3.14 là kết quả đo của máy hiện phổ với phổ đầu vào của 4 kênh và đầu ra của 1 kênh tín hiệu.

b. Kênh khác loại điều chế

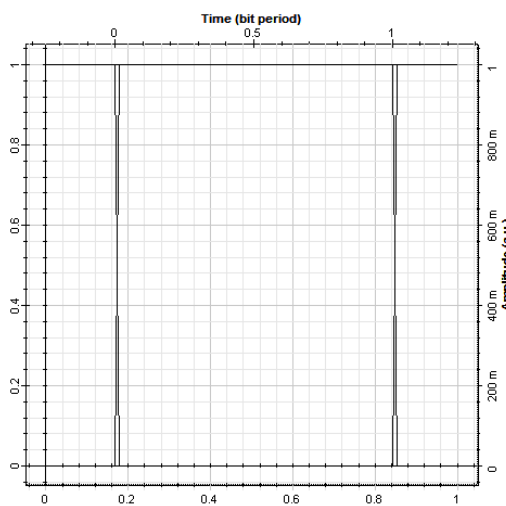
Đầu tiên, để khảo sát sự ảnh hưởng của các phương pháp điều chế đến công nghệ ghép kênh quang theo bước sóng. Luận văn đã khảo sát hệ thống ghép kênh quang theo 4 bước sóng sử dụng 4 phương pháp điều chế khác nhau: DPSK, BPSK, NRZ, RZ. Do sử dụng 4 phương pháp điều chế ở bộ phát nên sẽ có 4 bộ giải điều chế ở phía thu tương ứng. Như trong hình 3.17 là sơ đồ hệ thống WDM đa tốc độ đường đa phương thức điều chế. Với các thông số hệ thống có chi tiết trong bảng 3.3 ở bảng dưới.

Tiếp theo, triển khai mô phỏng hệ thống và sử dụng các thiết bị đo tương ứng, ta thu được các kết quả mô phỏng, chất lượng kênh truyền theo các tham số bao gồm công suất tín hiệu, biểu đồ mắt và tỉ lệ lỗi bit của mỗi kênh. Hình 3.18 thể hiện giá trị công suất tín hiệu quang tại phía phát và phía thu đã được bố thiết bị đo công suất Optical Power Metter và Optical Power Metter 1. Kết quả cho thấy suy hao tổng cộng kênh truyền là 0.502 dBm.

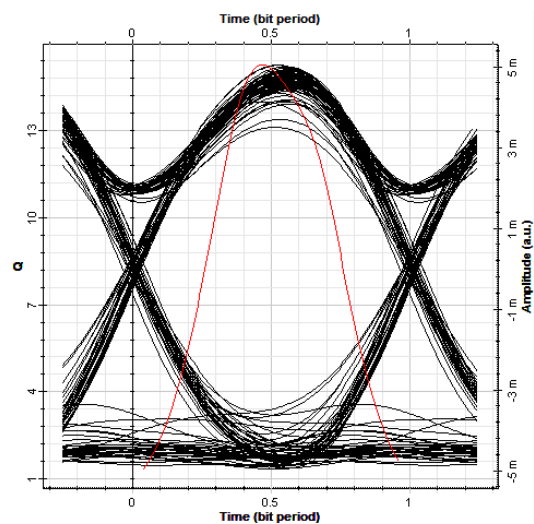


Hình 3.18 Công suất đầu ra tại bộ phát và đầu vào tại bộ thu kênh 1 của hệ thống WDM, đa phương thức điều chế

Tiếp nữa, khảo sát kết quả truyền của tín hiệu bằng đồ thị mắt bài viết thu được 4 kết quả tương ứng với 4 kênh bước sóng khác nhau. Ở hình 3.19 là kết quả hiển thị đồ thị mắt sử dụng công cụ máy phân tích BER đo điểm đầu vào và đầu ra của kênh 1. Mắt đồ thị ở hình (b) có độ rộng lớn, rõ ràng cho thấy chất lượng kênh truyền tốt. Còn các đồ thị mắt ở hình 3.20-3.22 cũng cho kết quả đồ thị mắt to, rõ ràng. Các đồ thị mắt này khác nhau do các bước sóng khác nhau sẽ ảnh hưởng tới chất lượng kênh truyền khác nhau.



(a) Đầu vào



(b) Đầu ra

Hình 3.19 Đồ thị mắt đầu vào – ra cho kênh 1

Max. Q Factor	15.245
Min. BER	9.03233e-013
Eye Height	0.00730057
Threshold	-9.41302e-005
Decision Inst.	0.328125

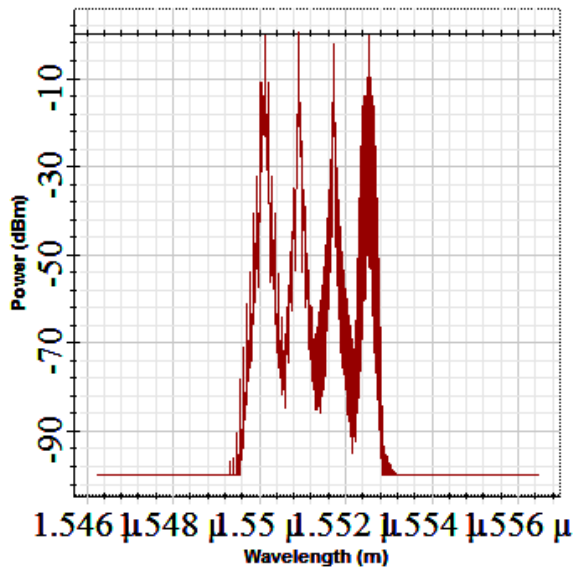
(a) Kênh 1

Max. Q Factor	2.91232
Min. BER	0.00163994
Eye Height	-5.04038e-005
Threshold	0.00176892
Decision Inst.	0.554688

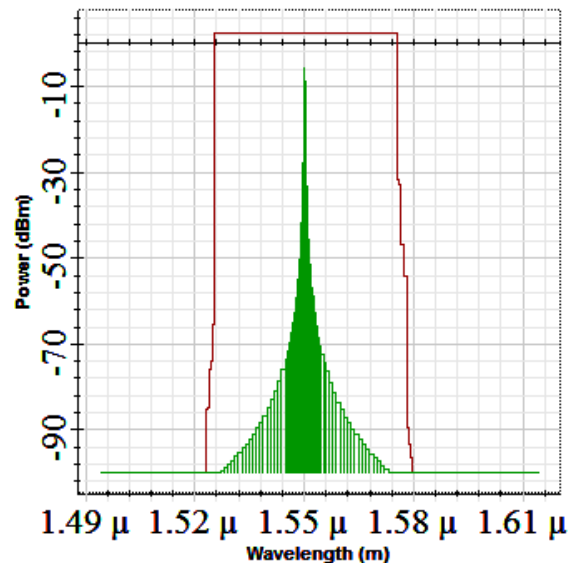
(b) Kênh 2

Hình 3.23 Đo BER của kênh trong hệ thống WDM đa phương thức điều chế

Để đánh giá thêm hiệu năng của kênh, luận văn đã đánh giá BER của từng kênh để đo chất lượng của từng kênh. Như hình 3.23 là BER của 4 kênh ứng với a,b,c,d trong hình 3.23. Kết quả cho thấy BER nằm trong dải và kênh hoạt động tốt.



(a) Đầu vào

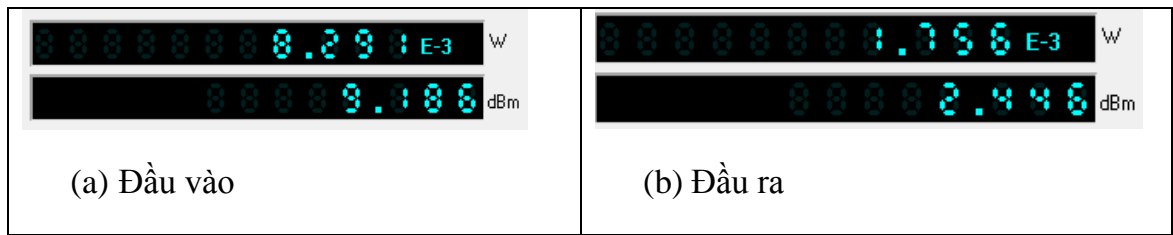


(b) Đầu ra

Hình 3.24 Đồ thị phổ đầu vào – ra cho kênh 4 (a) và (b)

Hình 3.24 là kết quả đo của máy hiện phổ với phổ đầu vào của 4 kênh và đầu ra của 1 kênh tín hiệu. Kênh khác tốc độ

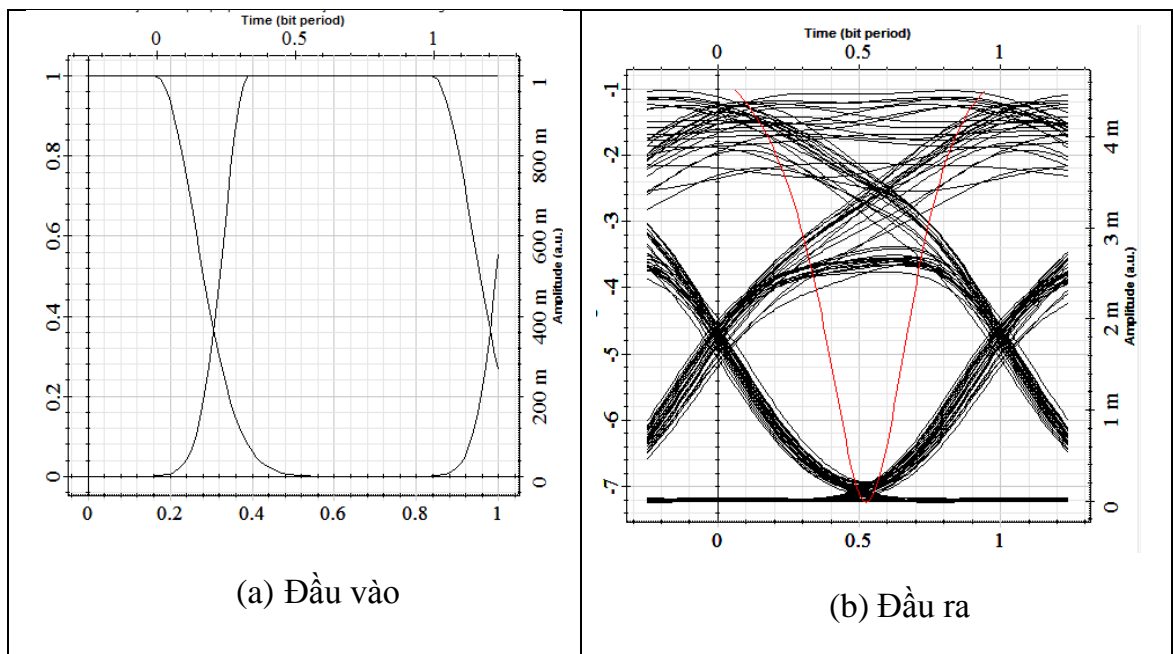
Để thấy được sự khác biệt của hệ thống ghép kênh theo bước sóng đa tốc độ đường thì luận văn sẽ đi khảo sát hệ thống ghép kênh theo bước sóng đa tốc độ với giả thiết 4 kênh có tốc độ từng kênh như sau: 2.5-2.5-10-10Gbps.



Hình 3.27 Công suất đầu vào và ra hệ thống WDM đa tốc đường

Hình 3.27 là công suất đầu vào sau bộ MUX nên nó có trị số cao gấp 5 lần so với công suất đầu ra tại kênh 1.

Để khảo sát kết quả truyền của tín hiệu ta khảo sát đồ thị mắt từng kênh tương ứng với đầu vào và ra của tín hiệu truyền trên từng kênh từ đó đánh giá được kênh truyền và chất lượng từng kênh tương ứng. Với 4 kênh đầu vào ta có 4 kết quả đầu ra tương ứng, kết quả cho thấy chất lượng hiển thị tốt ở đầu ra giúp kênh truyền đạt hiệu quả tốt. Kết quả trong hình 3.28, 3.29, 3.30, 3.31.

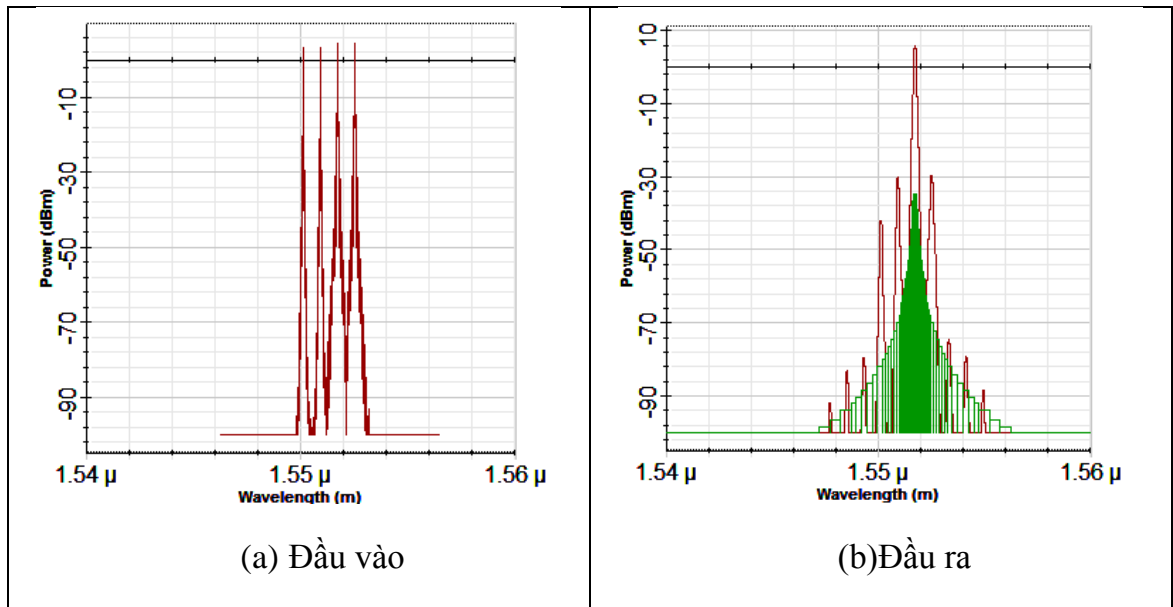


Hình 3.28 Đồ thị mắt đầu vào – ra cho kênh 1

Để đánh giá thêm hiệu năng của kênh, luận văn đã đánh giá BER của từng kênh để đo chất lượng của từng kênh. Như hình 3.32 là BER của 4 kênh tương ứng với a,b,c,d trong hình 3.32. Kết quả cho thấy BER nằm trong dải và kênh hoạt động tốt.

Max. Q Factor	5.2283	Max. Q Factor	5.52412
Min. BER	5.79995e-008	Min. BER	1.25952e-008
Eye Height	0.00138917	Eye Height	0.00142859
Threshold	0.000457079	Threshold	0.000593447
Decision Inst.	0.523438	Decision Inst.	0.515625
(a) Kênh 1		(b) Kênh 2	

Hình 3.32 Đo BER của kênh trong hệ thống WDM đa tốc độ đường (2.5-2.5-10-10Gbps)



Hình 3.33 Đồ thị phổ đầu vào – ra cho kênh 4(a) và 4(b)

Hình 3.33 là phổ đầu vào 4 kênh và phổ đầu ra tại 1 kênh của hệ thống WDM đa tốc độ đường.

KẾT LUẬN

Công nghệ WDM đang dần phổ biến hơn không chỉ sử dụng cho mạng đường trục mà còn các mạng nhỏ hơn do tính ưu việt của hệ thống WDM. Với sức ép của băng thông và hạ tầng mạng việc nghiên cứu công nghệ WDM để cải thiện và khắc phục các nhược điểm sẵn có thì thế giới đã nghiên cứu đến công nghệ WDM đa tốc độ đường (MLR). Công nghệ WDM MLR cho phép truyền cùng lúc nhiều tốc độ truyền khác nhau để đáp ứng các yêu cầu khác nhau của hệ thống. Đã có nhiều bài báo được đăng trên tạp chí IEEE để đánh giá một hoặc nhiều kênh sử dụng phương thức điều chế khác nhau và đánh giá qua công cụ Matlab để thấy được sự ưu việt của hệ thống WDM MLR.

Trong luận văn đã tìm hiểu về tổng quan công nghệ truyền dẫn quang, công nghệ ghép kênh quang theo bước sóng đa tốc độ đường, các phương pháp điều chế sử dụng trong hệ thống WDM, các yếu tố ảnh hưởng đến hệ thống WDM đa tốc độ đường, tìm hiểu về phần mềm Optisystem, mô phỏng lại hệ thống WDM đa tốc độ đường. Để chứng minh lý thuyết luận văn đã thực hiện lại mô phỏng lại các kết quả đo và tính toán các hệ thống WDM đa tốc độ đường để thấy được sự khác biệt khi sử dụng với hệ thống WDM truyền thống đang sử dụng. Kết quả cho thấy với các phương thức mã hóa khác nhau thì chất lượng đường truyền là khác nhau. Tốc độ truyền càng thấp thì chất lượng kênh truyền càng cao, nhưng dung lượng kênh truyền thì lại nhỏ.