

MỞ ĐẦU

Trong xã hội ngày nay, ngành kinh tế và viễn thông – công nghệ thông tin này càng phát triển nhu cầu của con người về trao đổi thông tin ngày càng lớn, từ đó dẫn đến những đòi hỏi về mạng lưới viễn thông phải có tốc độ cao, dung lượng lớn, nhu cầu kết nối và chia sẻ thông tin trong phạm vi rộng lớn ngày tăng. Trong nhiều năm gần đây chúng ta đã nghe quen thuộc thuật ngữ mạng MEN cũng như các lợi ích nó mang lại, thực ra mạng MEN (Metro Ethernet Network) không có gì xa lạ nó cũng chính là mạng MAN (Metro Area Network) mạng đô thị diện rộng kết nối nhiều mạng LAN khác nhau ở nhiều vị trí khác nhau tạo thành một mạng đô thị diện rộng trên mỗi trường truyền dẫn sợi quang.

Xu hướng phát triển mạng MAN hướng tới sự thay đổi lớn về kiến trúc và trở thành điểm hội tụ cho các kiến trúc đa dịch vụ. Do vậy các kiến trúc MAN phát triển theo hướng liên kết nhiều vòng ring sợi quang gom lưu lượng truy nhập trong cấu hình sao hoặc lưới thông qua một mạng khu vực lớn hơn. Mạng vòng ring khu vực có thể trải rộng tới hàng trăm km và kết nối nhiều các nút trung tâm truy nhập. Gần đây, công nghệ ghép kênh theo bước sóng (WDM) đã được đưa vào sử dụng trong các MAN. Điều này sẽ dẫn đến một sự thay đổi về cấu trúc nút mạng quang vùng đô thị khi thực hiện việc xen/rẽ các kênh bước sóng một cách linh hoạt hơn. Trong khi khoảng cách truyền dẫn được mở rộng và tốc độ của các kênh bước sóng được nâng lên, một trong những yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng tín hiệu quang khi truyền trên mạng là sự xuyên nhiễu giữa các kênh bước sóng.

Ảnh hưởng nhiễu xuyên kênh giữa các kênh bước sóng phụ thuộc vào nhiều yếu tố từ đáp ứng bộ lọc quang, định dạng điều chế đến nhiễu phi tuyến.. Luận văn gồm các nội dung được tổ chức như sau:

Chương 1: Tổng quan về mạng đô thị diện rộng – Metronet

Chương 2: Kiến trúc nút mạng quang đô thị và các yếu tố ảnh hưởng

Chương 3: Khảo sát ảnh hưởng nhiễu xuyên kênh trên mạng quang đô thị

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MẠNG ĐÔ THỊ ĐIỆN RỘNG- METRONET

1.1 Giới thiệu chương

Các mạng viễn thông thường được phân chia theo một cấu trúc hệ thống phân cấp, thông thường gồm ba tầng: Tầng truy cập; đô thị và đường dài. Mạng lưới đường dài kéo dài khoảng cách giữa các khu vực phạm vi toàn cầu (1000 km trở lên) và được tối ưu hóa cho truyền dẫn đường dài và các chi phí liên quan. Nằm ở giữa là các mạng đô thị (Metronet), khoảng cách trung bình từ 10 - 100 km và kết nối mạng truy cập và mạng lưới đường dài.

Các mạng Metro ngày nay thường dựa trên kiến trúc mạng vòng phân cấp kỹ thuật số đồng bộ (SDH) / mạng quang đồng bộ (SONET). Nhìn chung, SONET/SDH đã rất thành công trong việc cung cấp các dịch vụ kết nối người dùng.

Các mạng đường dài đã cảm thấy nhu cầu lưu lượng Internet trước tiên và đã trải qua các mở rộng quy mô lớn bằng cách sử dụng công nghệ ghép kênh phân chia bước sóng quang (WDM). WDM mang lại sự bù trừ chi phí / dung lượng mạng lõi tốt nhất và nhiều mạng đường trục hiện có khả năng truyền tải đến tốc độ hàng Terabit. Trong khi đó, các mạng truy cập cũng đã thấy sự chia sẻ tiến bộ của họ. Nói chung, các tốc độ truy cập tăng lên này đang làm mờ ranh giới truy cập truyền thống và bắt đầu tìm kiếm kiến trúc đô thị định hướng dịch vụ thoại ("voicecentric"). Nhiều vòng SONET/SDH đang gặp phải tình trạng cạn kiệt dung lượng với tốc độ thậm chí STM-256. Rõ ràng, các giải pháp đô thị mới được yêu cầu để cung cấp các lựa chọn thay thế về giá / hiệu năng vượt trội cho việc mở rộng SONET/SDH cũ, và từ những điều trên, có thể có được một loạt các tính năng cần thiết. Công nghệ WDM đáp ứng nhiều yêu cầu này và đang được triển khai ngày càng nhiều trong miền đô thị. Các công nghệ thành phần WDM (như bộ khuếch đại, chuyển mạch, bộ lọc, laser, sợi) đang cho phép định tuyến và bảo vệ bước sóng ở cấp độ mạng đối với các cấu trúc liên kết sợi, như vòng hoặc mắt lưới. Những khả năng này, cùng với các kiến trúc điều khiển thông minh, sẽ cho phép các nhà khai thác cung cấp các dung lượng lớn với mức độ định nghĩa / phân biệt dịch vụ được nâng cao. Do đó, các node mạng metro yêu cầu các giải pháp quang điện tử thông minh tích hợp để thực hiện tổng hợp / gom lưu lượng đa giao thức lên các nhánh WDM lớn hơn, đặc biệt tập trung vào hiệu quả giao thức dữ liệu.

1.2 Khái niệm về mạng Metronet

MetroNet – Metropolitan Area Network – là dịch vụ của mạng đô thị bằng rộng với đường truyền tốc độ siêu cao, sử dụng đường truyền cáp quang kéo trực tiếp tới các node, các địa chỉ của khách hàng và có khả năng cung cấp nhiều loại dịch vụ giá trị gia tăng cùng lúc trên cùng một đường truyền kết nối các khu công nghiệp, khu thương mại lớn, công viên phần mềm, khu công nghệ cao, khu đô thị mới và khu cao ốc văn phòng... với các điểm tập trung lưu lượng truyền số liệu.

1.3 Mô hình tổng quát mạng Metronet

Kết nối giữa các phần tử của mạng Metro hiện nay hoàn toàn bằng cáp quang. Giao diện kết nối có thể đạt tốc độ hàng 100Gbps, TBbps và có thể lên tới PBbps. Hiện nay chuẩn tốc độ cao nhất được phát hành là 10G/100G/1Tbps, cũng theo đó, môi trường truyền dẫn cáp quang cũng ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng dịch vụ. Sử dụng truyền dẫn bằng cáp quang và tốc độ truyền dẫn cao là yếu tố quan trọng để xây dựng các mạng dung lượng lớn, chất lượng cao đáp ứng nhu cầu ngày càng lớn của khách hàng. MAN-E được xây dựng để kết nối các mạng cục bộ của các tổ chức và cá nhân với một mạng diện rộng WAN hay với Internet sử dụng các chuẩn Ethernet. MAN-E cung cấp dịch vụ truyền tải khung Ethernet và cung cấp các giao diện kết nối Ethernet tới khách hàng.

Gần đây, khái niệm "vòng gói" đã được đề xuất, nhằm mục đích kết hợp các tính năng nổi bật của "TDM" với các ưu điểm của chuyển mạch gói (ghép kênh thống kê và QoS tốt hơn

Các thiết kế RPR có thể cung cấp các khả năng bỏ qua gói "lớp hai" riêng biệt ở mức độ chi tiết thô hơn và điều này sẽ làm giảm tải gói ở cấp định tuyến IP (lớp thứ ba) và cải thiện việc cung cấp QoS. Ngoài ra, các vòng gói cũng có thể cung cấp giao thức báo hiệu bảo vệ "lớp hai" nhanh chóng, được thiết kế để phù hợp với thời gian chuyển mạch bảo vệ 50ms của SONET/SDH.

Khung RPR hiện tại tập trung vào hai "vòng" đối lập (tức là kép), có thể mang cả lưu lượng làm việc, tức là không có băng thông bảo vệ dành riêng cho hiệu quả băng thông. Ngoài ra, phân cấp (lớp hai) được thực hiện cho các luồng unicast không giống như các vòng FDDI phân cấp nguồn trước đó, do đó cho phép tái sử dụng băng thông theo không gian (tuy nhiên lưu ý rằng phát đa hướng và phát sóng vẫn yêu cầu cấp nguồn).

1.4 Quản lý và điều khiển mạng quang metro

Với một nền tảng truyền tải linh hoạt, việc thiết lập và giám sát các kênh đầu cuối – đầu cuối có thể là một nhiệm vụ không hề nhỏ. Điều này đặc biệt đúng nếu các ràng buộc về thiết bị, bước sóng và lớp vật lý cần phải được tính đến. Với giao diện đồ họa người dùng, trình hướng dẫn và mẫu, một người quản lý dịch vụ có thể giúp quản lý kho lưu trữ mạng không chỉ để hiển thị mà còn tạo, sửa đổi và kết cuối dịch vụ mạng. Trong các mạng lớn, người quản lý dịch vụ có thể được bổ sung bởi mặt phẳng điều khiển GMPLS và cung cấp hỗ trợ trực quan cho nó.

Một mặt phẳng điều khiển GMPLS có thể đơn giản hóa rất nhiều hoạt động của mạng và tăng tính linh hoạt trong khả năng cung cấp dịch vụ, bảo vệ và phục hồi.

1.5 Ưu điểm/nhược điểm của mạng Metro-Optical

1.5.1 Ưu điểm:

- Độ ổn định, độ tin cậy cao, thời gian hội tụ nhỏ, khả năng phục hồi nhanh
- Khả năng mở rộng linh hoạt, phạm vi hoạt động, cự ly hoạt động lớn
- Tốc độ cao, băng thông không giới hạn

1.5.2 Nhược điểm

- Chi Phí đầu tư cơ sở hạ tầng ban đầu khá lớn
- Khảo sát thiết kế tính toán phức tạp

1.6 Các mô hình dịch vụ trong mạng Metronet

MetroNet là dịch vụ cho thuê dựa trên mạng đô thị băng thông rộng đa dịch vụ (MAN), chủ yếu sử dụng đường truyền cáp quang. MetroNet được thiết kế mạng lõi theo dạng mạch vòng và được cáp quang hóa nên có tốc độ cao có thể lên tới hàng Gbps, cho chất lượng đường truyền tốt với tốc độ ổn định và tính bảo mật cao, đáp ứng được mọi nhu cầu về tốc độ cũng như các ứng dụng cao cấp.

Nhờ ứng dụng công nghệ tiên tiến nhất kết hợp với hệ thống cáp quang đến tận nhà, MetroNet cung cấp cho khách hàng khả năng sử dụng đồng thời 3 loại dịch vụ là thoại (voice), dữ liệu (data) và hình ảnh (video) gồm

1.6.1 Dịch vụ E-Line

E-Line là dịch vụ Ethernet cơ bản dựa trên kết nối Ethernet ảo điểm - điểm

E-Line có thể cung cấp băng thông đối xứng cho truyền dữ liệu hai hướng không có cam kết về hiệu năng. E-Line có thể cung cấp dịch vụ kết nối giữa hai UNI có tốc độ khác nhau và có thể kèm theo cam kết về hiệu năng như trễ, biến động trễ, suy hao... Như vậy, một dịch vụ E-Line có thể được sử dụng để xây dựng các dịch vụ tương tự như Frame Relay hoặc kênh thuê riêng. Tuy nhiên băng thông và khả năng lựa chọn kết nối của Ethernet là tốt hơn nhiều.

1.6.2 Dịch vụ E-LAN

Dịch vụ E-LAN là dịch vụ dựa trên kết nối đa điểm–đa điểm

Cũng tương tự như E-Line, E-LAN có thể cung cấp dịch vụ nỗ lực tối đa không có cam kết về hiệu năng hoặc có thể cung cấp dịch vụ phức tạp giữa các UNI có tốc độ khác nhau và hỗ trợ chất lượng dịch vụ.

Ghép dịch vụ có thể có hoặc không tại các UNI của EVC đa điểm – đa điểm. Như vậy dịch vụ E-LAN có thể kết nối giữa nhiều phái khách hàng với độ phức tạp ít hơn cấu hình mesh và Hub and Spoke sử dụng công nghệ điểm – điểm như Frame Relay và ATM.

1.6.3 Dịch vụ E-Tree

E-Tree là dịch vụ dựa trên kết nối EVC Rooted-Multipoint. EVC Rooted-Multipoint cũng là một EVC đa điểm tuy nhiên có khác với EVC đa điểm – đa điểm.

Ở dạng đơn giản, kiểu dịch vụ E-Tree có thể cung cấp một UNI “gốc” cho nhiều UNI “lá”. Trong kiểu phức tạp hơn, dịch vụ E-Tree có thể hỗ trợ hai hoặc nhiều UNI “gốc”.

1.7 Tổng kết chương

Chương này đã trình bày một cách tổng quan về Metronet với các đặc điểm ưu việt của MAN-E so với công nghệ TDM cũng như xu hướng phát triển của công nghệ này hiện tại và trong tương lai. Cũng trong chương này chúng ta đã tìm hiểu một số dịch vụ cơ bản của MAN-E. Hiện nay có nhiều công nghệ có thể áp dụng để xây dựng mạng MAN-E, mỗi công nghệ có những ưu nhược điểm khác nhau. Công nghệ sử dụng trong MAN-E phải đáp ứng được các yêu cầu về khả năng phục hồi nhanh, chuyển mạch tốc độ cao, có độ tin cậy cao và hỗ trợ tốt các chức năng OAM. Với các tiêu chí đó MPLS đang là công nghệ chiếm ưu thế và đang được sử dụng nhiều trên thế giới.

CHƯƠNG 2: KIẾN TRÚC NÚT MẠNG QUANG ĐÔ THỊ VÀ CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG

2.1 Giới thiệu

Mạng quang vùng đô thị trải qua những thay đổi nhanh chóng trong thập kỷ qua. Các hệ thống mạng đô thị xây dựng có mục đích để mở rộng cả về dung lượng/khoảng cách cho các dịch vụ ghép kênh phân chia thời gian (TDM), dữ liệu và lưu trữ, các hệ thống này đang phát triển để sử dụng các nền tảng truyền tải quang dạng module với khả năng chuyển mạch quang và điện tích hợp. Sự phát triển mạng quang đô thị bằng các công nghệ mới mang lại những đặc điểm quan trọng. Vì sự gia tăng mạnh lưu lượng truy cập ổn định trong các mạng truy cập và doanh nghiệp, nên công nghệ ghép kênh phân chia bước sóng thô (CWDM) hiện đang được đưa vào các mạng truy cập. Các công nghệ ghép kênh phân chia bước sóng mật độ cao (DWDM) với khoảng cách kênh xuống tới 50 GHz có thể bắt đầu được sử dụng trong các mạng vùng đô thị.

Hệ thống phân cấp truyền tải quang (OTH) cung cấp công nghệ ghép kênh và đóng khung kỹ thuật số độc lập với tải trọng. Hệ thống này chuẩn hóa chuyển mạch lớp 1 (L1) ở cấp tốc độ kênh bước sóng (1, 2.5, 10, 40, 100 Gb / s) và làm khả năng vận hành trong môi trường đa nhà khai thác/đa nhà cung cấp dịch vụ một cách dễ dàng. Ethernet mở rộng từ công nghệ mạng cục bộ (LAN) sang các phân đoạn mạng đô thị/mạng diện rộng (MAN/WAN).

Kiến trúc nền tảng dạng module giúp tối ưu hóa linh hoạt một phần tử mạng cho một ứng dụng cụ thể. Với các tùy chọn về dung lượng, chuyển mạch và khoảng cách khác nhau, kiến trúc này mang lại chi phí lắp đặt lần đầu thấp trong khi vẫn giữ được khoảng dự trữ để nâng cấp dung lượng trong tương lai.

Mặt phẳng điều khiển chuyển mạch nhãn đa giao thức tổng quát (GMPLS) cung cấp chức năng phát hiện mạng, tính toán đường dẫn và báo hiệu.

2.2 Mô hình phân lớp mạng trong mạng Metronet Optic:

Mạng Metronet Optic được phân cấp thành 3 lớp cơ bản (có thể phân cấp 4 lớp tùy theo cấu trúc)

- Lớp điều khiển, giao tiếp (control layer): chịu trách nhiệm điều khiển toàn bộ kết nối và cung cấp dịch vụ cho mạng trực.

- Lớp chuyển mạch truyền dẫn mạng trục (Core layer): thực hiện chức năng chuyển mạch, định tuyến các kết nối

- Lớp truy nhập (Access): cung cấp các điểm truy nhập cho các đơn vị hoặc các nhóm làm việc thông qua các phương tiện truy nhập khác nhau.

Các mạng metro thường xuyên phân tách thành một phần mạng lõi metro và một phần mạng truy cập/backhaul của metro.

2.3 Cấu trúc các nút mạng OADM

2.3.1 Thiết bị xen /rẽ quang OADM (Optical Add/Drop Multiplexer)

Bộ xen/rẽ quang được sử dụng trong các hệ thống WDM khi hệ thống đó cần tách ra hoặc ghép vào một hoặc nhiều kênh bước sóng mà vẫn phải bảo toàn tính nguyên vẹn của các kênh khác.

Bộ OADM có nhiều kiến trúc được đề xuất để xây dựng, trong đó kỹ thuật đơn giản nhất là sử dụng một hoặc nhiều bộ lọc, bộ MUX/DEMUX, nhưng có các cấu trúc cơ bản ở phần sau.

2.3.2 Cấu trúc song song

Trong cấu trúc song song, tất cả các kênh tín hiệu đều được tách/ghép kênh, sau đó, một số kênh tùy ý được tách, những kênh còn lại được cấu hình đi qua một cách thích . Có thể tách một tập các kênh tùy ý, vì vậy, không có sự ràng buộc trên các kênh được xen và tách. Tuy nhiên, cấu hình này lại không hiệu quả về mặt kinh tế trong việc điều khiển một số nhỏ các kênh được tách, vì mỗi khi cần tách một bước sóng thì toàn bộ các bước sóng khác cần được tách và ghép lại với nhau. Nhưng cấu hình này lại có hiệu quả hơn khi có một số lượng lớn các kênh được tách và linh hoạt trong việc thêm vào hoặc lấy ra bất cứ kênh nào.

2.3.3 Cấu trúc nối tiếp

Trong cấu trúc nối tiếp, từng kênh được xen/tách lần lượt từ một kênh chính và có thể gọi theo tên khác là bộ xen tách đơn kênh SC-OADM (Single Channel OADM). Để xen/tách nhiều kênh, các SC-OADM được nối liên tiếp nhau

Cấu trúc này về nhiều mặt thì tương phản với cấu trúc song song. Việc xen/tách các kênh ảnh hưởng đến các kênh đang tồn tại. Ngoài ra, nó còn làm tăng suy hao khi có nhiều

kênh cần xen/tách nên cần thêm bộ khuếch đại, do đó, sẽ làm tăng thêm chi phí của hệ thống. Sự gia tăng suy hao với số kênh được xen/tách đóng một vai trò quan trọng đối với hệ thống OADM nối tiếp

Để tận dụng những ưu điểm của cấu trúc song song và cấu trúc nối tiếp, còn có thêm một cấu trúc kết hợp

Trong cấu trúc này, một nhóm kênh cố định được xen/tách từ kênh truyền chính. Nhóm này sẽ được đưa qua tầng xen/tách tiếp theo để chia thành những kênh riêng biệt. Các kênh thêm vào thường được kết hợp với các bộ ghép đơn giản và cộng vào các kênh xuyên qua. Cấu trúc kết hợp dung hòa giữa cấu trúc song song và cấu trúc nối tiếp. Số kênh lớn nhất có thể tách được xác định bởi bộ lọc thông dải được sử dụng. Trong vòng nhóm các kênh này thì việc xen/tách các kênh thêm vào không làm ảnh hưởng đến các đường truyền khác trong mạng. Tuy nhiên, nó có cấu trúc phức tạp và đưa ra nhiều ràng buộc trong việc gán bước sóng vì chỉ một số lượng cố định được tách ở mỗi vị trí.

2.3.4 Cấu trúc OADM cấu hình lại (ROADM)

Khả năng cấu hình lại rất cần thiết cho bộ OADM. Nó cho phép lựa chọn các bước sóng để xen/tách, mà không cần phải lên kế hoạch và triển khai thiết bị sao cho phù hợp. Điều này cho phép nhà cung cấp dịch vụ linh hoạt khi lập kế hoạch trong mạng và cho phép các đường quang được thiết lập và kết thúc theo yêu cầu của người sử dụng trong mạng.

2.3.5 Cấu trúc node thế hệ mới

Khi tính linh hoạt của bước sóng được đưa vào mạng, tuyến quang của một kênh không nhất thiết bị giới hạn ở các cấu hình tuyến tính hoặc vòng. Thay vào đó, một bước sóng có thể đến bất kỳ nút lân cận nào trong mạng thông qua chức năng chuyển mạch miễn là khoảng cách truyền dẫn không phải là vấn đề. Do đó, với tính năng mới này mạng giống như kiểu lưới hơn, ít nhất là ở mức bước sóng. Với mạng dạng lưới (mesh), mỗi nút trong mạng hoạt động giống như một điểm kết nối hơn là điểm kết cuối trên đường truyền.

Sau khi đưa vào triển khai ROADM đa cấp độ cơ bản, công nghệ đã tiếp tục phát triển để cải thiện sự linh hoạt của bước sóng và đáp ứng các thách thức trong các mạng tương lai.

Một chuyển mạch quang tử cũng là một khối xây dựng hữu ích cho các thiết kế ROADM. Chuyển mạch quang tử cung cấp định tuyến tín hiệu quang thuần túy mà không cần chuyển đổi tín hiệu sang miền điện.

2.4 Các yếu tố ảnh hưởng đến mạng quang vùng đô thị

2.4.1 Các ảnh hưởng liên quan đến EDFA

Bộ khuếch đại quang sợi pha tạp Erbium (EDFA) tạo ra nhiễu phát xạ tự phát khuếch đại (ASE). Ngoài ra, do sự biến đổi của hàm truyền và hệ số phát xạ tự phát của EDFA như là một hàm của bước sóng, các tín hiệu WDM biểu hiện sự khác biệt về công suất quang và tỷ lệ nhiễu tín hiệu quang (OSNR). Cuối cùng, các EDFA biểu hiện các chuyển tiếp quá độ công suất quang trong trường hợp cấu hình lại mạng, đứt sợi quang, mất điện hoặc hỏng thiết bị.

2.4.2 Ảnh hưởng của chirp tần

Sự suy giảm hiệu năng do tán sắc màu từ các MUX / DMUX quang và sợi quang được tính toán cho tuyến quang xấu nhất trong mạng. Đối với các mức công suất và khoảng cách được sử dụng trong mạng metro, các hiệu ứng phi tuyến sợi quang thường có thể bị bỏ qua và sợi quang có thể được mô hình hóa như một bộ lọc toàn thông với pha bậc hai. Mức bù công suất do chirp gây ra có thể được ước tính một cách định tính bằng cách tính toán mức độ suy giảm mẫu mất ở đầu ra bộ lọc thông thấp của bộ thu, hoặc chính xác hơn, bằng cách đánh giá xác suất lỗi cho các loại bộ thu khác nhau.

Độ lệch tần số góc tức thời của laser DFB điều chế trực tiếp được liên hệ gần đúng đến công suất quang đầu ra của nó thông qua biểu thức:

$$\phi(t) \cong \frac{\alpha}{2} \left[\frac{1}{P(t)} \frac{dP(t)}{dt} + \kappa P(t) \right] \quad (0.1)$$

Trong đó α là hệ số tăng cường độ rộng phổ nguồn quang và κ là hệ số chirp đoạn nhiệt. Trong biểu thức (1), số hạng đầu tiên được gọi là chirp tần của chuyển tiếp, và số hạng thứ hai được gọi là chirp tần đoạn nhiệt. Giả định rằng công suất đầu ra được điều chế hình sin như sau

$$P(t) = P_0 (1 + 2m \cos \omega_m t) \quad (0.2)$$

Trong đó P_0 là công suất phát trung bình, m là chỉ số điều chế cường độ (IM) và $f_m = \omega_m / (2\pi)$ là tần số điều chế. Dạng sóng tương tự này có thể được coi là trường hợp đặc biệt của dạng sóng kỹ thuật số bao gồm các bit 0 và 1 xen kẽ, với tốc độ bit bằng R_b

= 2fm. Có thể được chỉ ra rằng mức bù đóng mẫu mất đối với các chỉ số IM nhỏ là gần đúng bậc một với giá trị bằng[]

$$P_{eye}^{CD} = \left\{ \left[\cos \Phi(\omega_m) - \alpha \sin \Phi(\omega_m) \right]^2 + h^2 \sin^2 \Phi(\omega_m) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (0.3)$$

Trong biểu thức (3), $\Phi(\omega_m)$ là tham số không đơn vị được xác định như

$$\Phi(\omega_m = \pi R_b) = \frac{\pi \lambda^2 R_b^2 D L}{4c} \quad (0.4)$$

Trong đó λ là bước sóng mang quang, D là tham số tán sắc sợi, L là chiều dài sợi và c là vận tốc ánh sáng trong chân không. Trong (3), h là chỉ số điều chế tần số (FM) được xác định là

$$h = \frac{\kappa \alpha P_0}{\omega_m} \quad (0.5)$$

Biểu thức (3) cho thấy rằng trong trường hợp giả định không có chirp tần ($\alpha = 0$, các xung bị giới hạn khai triển), chỉ có số hạng đầu tiên đóng góp vào đóng mẫu mất. Trong trường hợp này, đối với $\Phi(\omega_m)$ nhỏ, (3) trở thành

$$P_{eye}^{CD} \cong (1 - \gamma L^2)^{-1} \quad (0.6)$$

Trong đó:

$$\gamma = \frac{\pi \lambda^2 R_b^2 D}{4c} \quad (0.7)$$

Trong trường hợp không có chirp tần, luôn có mức bù công suất độc lập với dấu của tham số tán sắc. Với sự có mặt của chirp tần ($\alpha \neq 0$), sự đóng góp chính cho mức bù là do chirp chuyển tiếp (số hạng thứ hai, tỷ lệ thuận với tham số alpha). Nếu tham số alpha α và tham số tán sắc có dấu ngược nhau, tác động của chirp tần chuyển tiếp có lợi trong một độ dài nhất định (do có nén xung) và sau đó lại gây tác động xấu. Mức bù do chirp đoạn nhiệt gây ra là do số hạng thứ ba. Nó có lợi trong một độ dài nhất định không phụ thuộc vào dấu của tham số tán sắc.

2.4.3 Ảnh hưởng kết chuỗi MUX/DMUX quang

Việc ghép chuỗi MUX / DMUX quang gây ra suy giảm và méo tín hiệu (hay giao thoa liên ký hiệu, ISI) và cuối cùng giới hạn số lượng tối đa các phần tử mạng quang có thể được kết nối tầng.

Việc cắt phổ tín hiệu do sự kết nối nối tiếp các MUX / DMUX quang gây ra sự tổn hao trội, làm thay đổi điểm hoạt động của các bộ suy hao điều khiển bằng servo và EDFA trong các phần tử mạng.

2.4.4 Xuyên nhiều kênh quang

Trong các mạng metro hiện nay, tác động của nhiều xuyên kênh quang được dự đoán là nhỏ. Tuy nhiên, có thể đánh giá ảnh hưởng của nó bằng cách sử dụng một số mô hình với các mức độ chính xác khác nhau tùy thuộc vào loại máy thu.

Nhiều xuyên kênh quang có thể được phân biệt như là kênh chung và kênh liên kề. Nhiều xuyên kênh quang kênh chung sinh ra từ sự giao thoa của các tín hiệu quang có cùng bước sóng danh định (cùng băng), trong khi nhiều xuyên kênh kênh liên kề sinh ra từ sự giao thoa của các tín hiệu quang có bước sóng danh định khác nhau (liên kênh).

2.4.5 Các ảnh hưởng khác

Các hiệu ứng phi tuyến sợi quang cũng có thể là một nguồn ảnh hưởng, Tán sắc mode phân cực (PMD) nói chung là rất thấp đối với các sợi mới được sử dụng cho mạng metro.

2.4 Tổng kết chương

Khi các mạng truyền tải quang dịch chuyển hướng tới các cấu trúc liên kết dựa trên lưới động, kiến trúc nút quang linh hoạt là chìa khóa để tối ưu hóa các thiết kế mạng. Các ROADMs đa cấp độ để hỗ trợ các cấu trúc liên kết lưới và các cấu trúc xen/rẽ không màu, không định hướng và không tranh chấp sẽ cung cấp sự linh hoạt cần thiết theo yêu cầu. Khi nhu cầu dung lượng tiếp tục tăng, băng thông kênh linh hoạt sẽ cần thiết để tối ưu hóa phạm vi truyền dẫn cho các kênh có tốc độ dữ liệu vượt quá 100 Gb/s. Đặc tính hóa tuyến quang sẽ xác nhận các tham số mạng để đảm bảo hiệu năng của kênh trong mạng dạng lưới được duy trì. Chương 2 đã cung cấp những nội dung cơ bản về kiến trúc của nút mạng truyền tải quang nói chung và mạng metro nói riêng.

CHƯƠNG 3: KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG NHIỀU XUYÊN KÊNH TRÊN MẠNG QUANG ĐÔ THỊ

3.1 Giới thiệu chương

Nhiều xuyên kênh quang là một suy yếu lớp vật lý của các mạng quang, chẳng hạn như các hiệu ứng tuyến tính và phi tuyến sợi quang. Trong các mạng quang, nguyên nhân của các tín hiệu nhiễu xuyên kênh này chủ yếu là do sự cô lập hữu hạn của các thành phần quang học bên trong các nút ROADMs. Tính chất cách ly không hoàn hảo của các thành phần này, như các chuyển mạch quang, tạo ra sự rò công suất tín hiệu cái có thể tích lũy qua mạng quang và gây suy giảm tín hiệu quang tại máy thu quang.

Có hai loại tín hiệu nhiễu xuyên kênh: trong băng tần và ngoài băng tần. Nhiễu xuyên kênh ngoài băng hoặc heterodyne trong mạng quang xuất hiện khi các tín hiệu gây nhiễu có bước sóng khác với tín hiệu được chọn. Loại nhiễu xuyên kênh này phụ thuộc nhiều vào đặc tính bộ lọc quang sử dụng tại nút mạng.

Nhiều xuyên kênh trong dải hoặc homodyne xảy ra khi các tín hiệu gây nhiễu có bước sóng tương tự hoặc bằng với tín hiệu (chính) đã chọn và nó có nguồn gốc từ một nguồn khác với nguồn phát ra tín hiệu được chọn. Nhiễu xuyên kênh trong băng tần tạo ra nhiễu không thể loại bỏ tại máy thu và nhiễu này tích lũy dọc theo đường tín hiệu trong khi tín hiệu quang đi qua nhiều nút ROADM. Loại nhiễu xuyên kênh này là một trong những nguyên nhân gây ra sự suy giảm tín hiệu quang.

Trong nội dung chương này, nhiễu xuyên kênh giữa các kênh bước sóng do tính chất không hoàn hảo của thành phần chuyển mạch quang thực hiện chức năng xen/rẽ trong mạng metro sẽ được khảo sát.

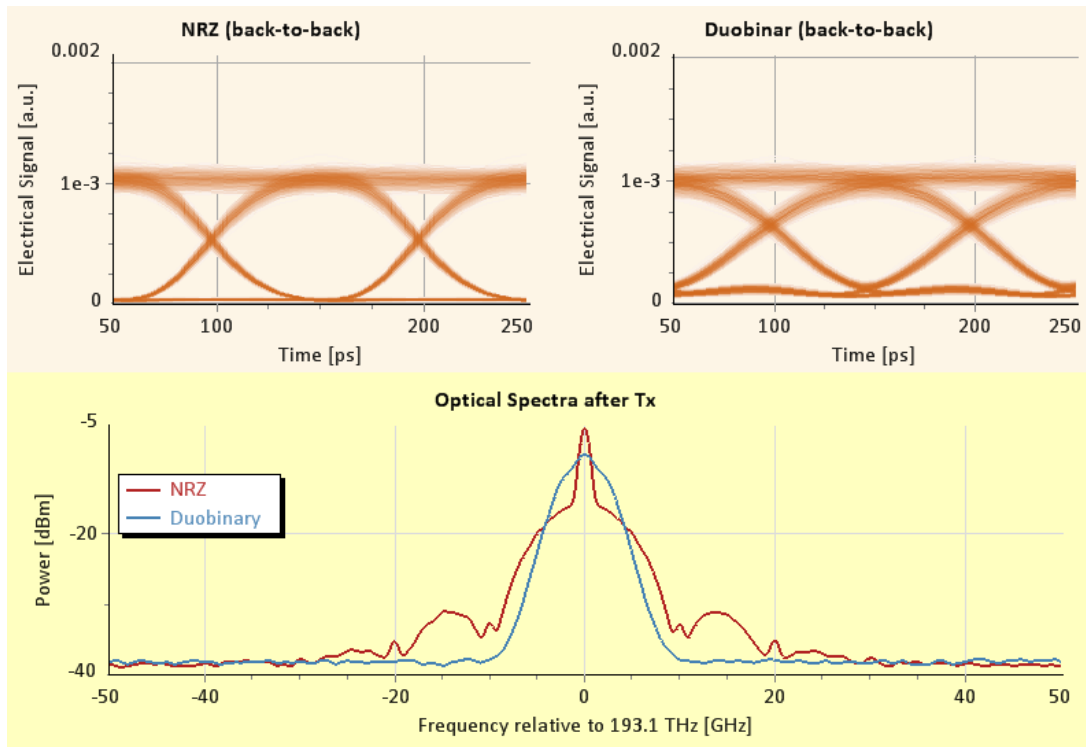
3.2 Mô hình khảo sát ảnh hưởng xuyên nhiễu

3.2.1 Xây dựng mô hình

Một mô hình mạng metro được xây dựng để khảo sát ảnh hưởng của nhiễu xuyên kênh. Trong mô hình này, chúng tôi sẽ khảo sát ảnh hưởng của việc xuyên nhiễu giữa các kênh tại nút xen/rẽ OADM trong mạng vòng. Mạng metro này chứa 4 nút giao tiếp qua hai kênh ở tần số 193 THz và 193.1 THz, tại tốc độ bit là 10 Gb/s. Hiệu ứng tán sắc và phi tuyến của sợi quang bị vô hiệu hóa để cô lập hiệu ứng nhiễu xuyên kênh.

Trong mô hình khảo sát, thành phần xen/rẽ là thành phần gây ra nhiễu xuyên kênh sẽ được mô hình hóa bằng hàm truyền của một bộ lọc quang. Tuy nhiên, các loại bộ lọc khác nhau sẽ dẫn đến các hiệu ứng khác nhau đối với các tín hiệu. Điều này có thể được giải thích từ các hàm truyền biên độ và pha, như cho thấy trong hình 3.3. Từ hình 3.3 có thể thấy rằng bộ lọc Fabry-Perot (F-P) có phổ hàm truyền phẳng nhất và nó cũng có vùng tuyến tính pha lớn. Kết hợp hai yếu tố này có thể biết rằng bộ lọc F-P ít ảnh hưởng đến tín hiệu trong điều kiện riêng. Tuy nhiên, do bộ lọc F-P có vùng trên cùng phẳng nhỏ nhất trong phổ truyền, nên nó quyết định rằng băng thông hiệu dụng sẽ giảm nghiêm trọng khi tăng số tầng. Kích thước của vùng trên cùng phẳng của bộ lọc Bessel lớn hơn một chút so với bộ lọc F-P và nó cũng có vùng tuyến tính pha lớn như bộ lọc F-P. Do đó, có thể nhận thấy rằng băng thông hiệu quả của các bộ lọc Bessel xếp tầng lớn hơn băng thông F-P. Do đó, có thể suy ra rằng băng thông hiệu quả của các bộ lọc Bessel xếp tầng lớn hơn băng thông của FP trong cùng điều kiện, như trong hình 3.3. Ngoài ra, chúng ta cũng có thể rút ra rằng hiệu suất của các bộ lọc Bessel ghép xếp tầng tốt hơn của bộ lọc FP. Hình 3.3 cũng cho thấy bộ lọc Butterworth và FBG có vùng trên cùng phẳng rộng. Điều này làm cho băng thông hiệu quả giảm chậm khi số lượng bộ lọc xếp tầng tăng. Tuy nhiên, so với bộ lọc Bessel và F-P, vùng tuyến tính pha của bộ lọc Butterworth và FBG hẹp hơn. Vùng tuyến tính hiệu quả sẽ thu hẹp hơn nữa khi các bộ lọc được xếp tầng, dẫn đến chất lượng tín hiệu ngày càng trầm trọng hơn. Do đó, có thể suy ra rằng băng thông hiệu quả của các bộ lọc Bessel xếp tầng lớn hơn băng thông của FP trong cùng điều kiện. Ngoài ra, chúng ta cũng có thể rút ra rằng hiệu suất của các bộ lọc B ghép xếp tầng tốt hơn của bộ lọc F-P. Điều này làm cho băng thông hiệu quả giảm chậm khi số lượng bộ lọc xếp tầng tăng. Tuy nhiên, so với bộ lọc Bessel và F-P, vùng tuyến tính pha của bộ lọc Butterworth và FBG hẹp hơn. Vùng tuyến tính hiệu quả sẽ thu hẹp hơn nữa khi các bộ lọc được xếp tầng, dẫn đến chất lượng tín hiệu ngày càng trầm trọng hơn.

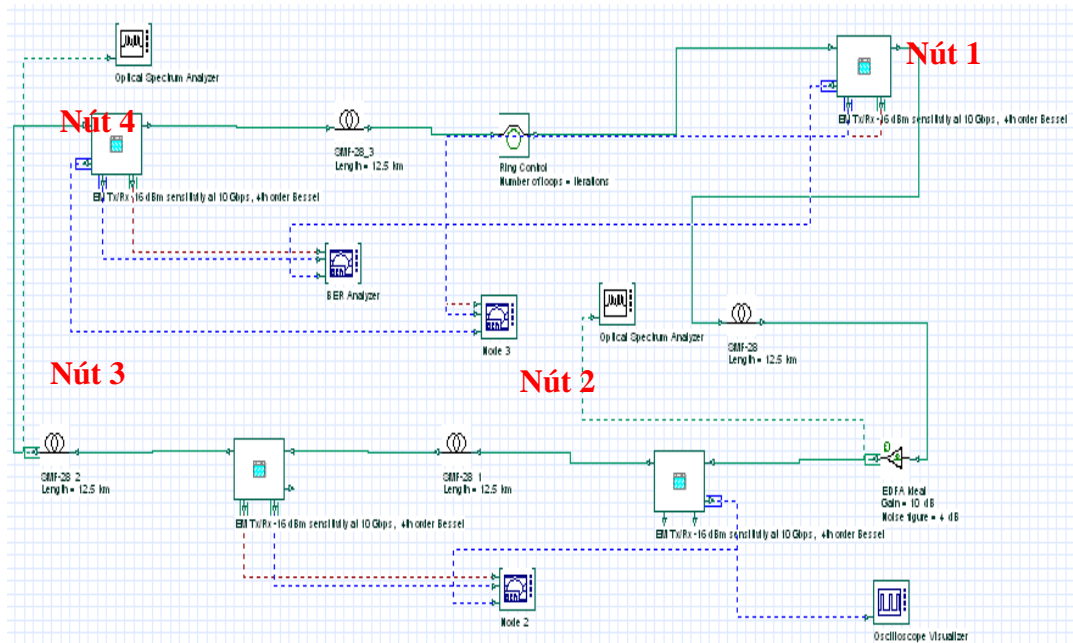
Bên cạnh đó, định dạng điều chế tín hiệu quang cũng có thể tác động đến mức nhiễu xuyên kênh và ảnh hưởng đến hiệu năng của tín hiệu xen/rẽ. Do vậy, trong mô hình khảo sát xây dựng hai định dạng điều chế gồm định dạng NRZ và định dạng duobinary sẽ được xem xét. Sự khác biệt về đặc tính phổ của hai định dạng điều chế như cho thấy trong hình 3.4 sẽ ảnh hưởng đến mức nhiễu xuyên kênh giữa các kênh.



Hình 3.4 Mẫu mắt và đặc tính phổ của hai định dạng điều chế tín hiệu quang.

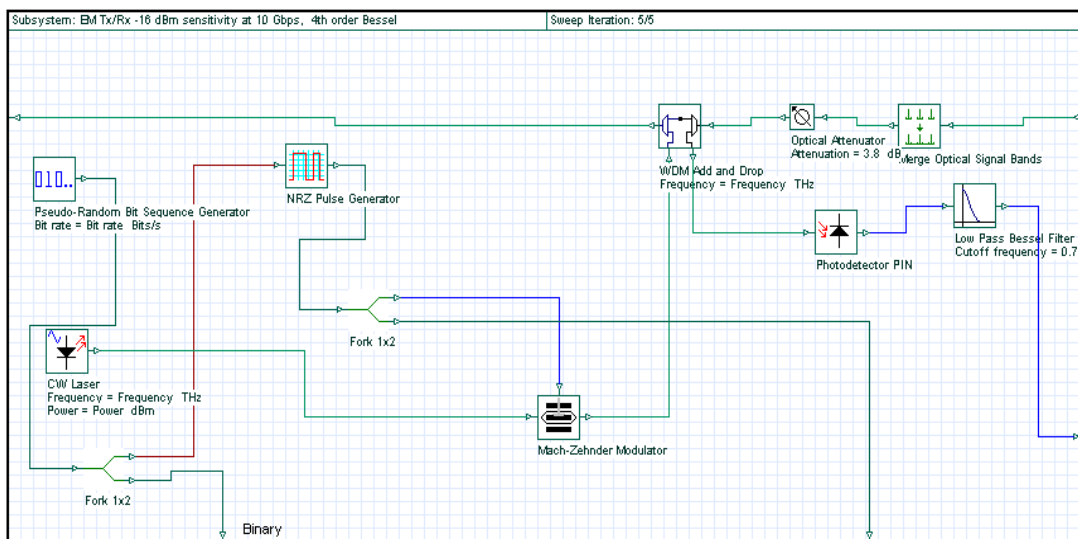
3.2.2 Mô hình mô phỏng

Mô hình mô phỏng được xây dựng dựa trên phần mềm mô phỏng Optisystem 7.0. Sơ đồ mô hình toàn bộ hệ thống mạng metro mô phỏng được cho thấy ở hình 3.5. Mạng vòng được kết thúc bằng một thành phần điều khiển vòng có thể lưu chuyển các tín hiệu chạy quanh vòng trong một số lần nhất định. Khoảng cách giữa các nút là 12,5 km và một bộ khuếch đại lý tưởng được thêm vào ngay trước nút 2 để bù cho tổng lượng suy hao sợi trong vòng.



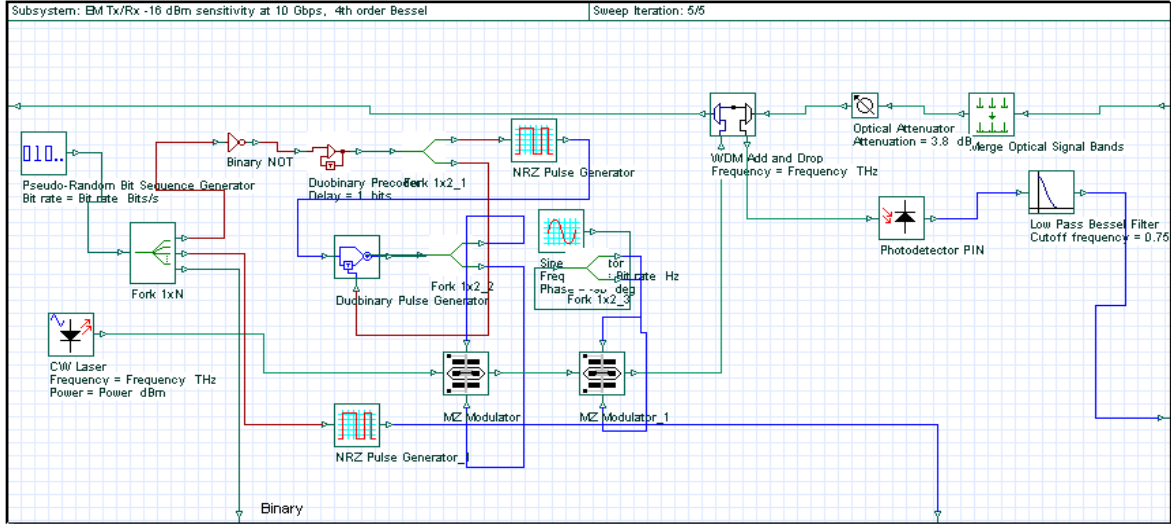
Hình 3.5 Mô hình mô phỏng mạng vòng metro gồm 4 nút OADM

Các OADM tại mỗi nút được mô hình hóa bằng cách sử dụng các thành phần xen/rẽ WDM. Các thành phần xen/rẽ WDM được tạo ra bằng cách sử dụng các bộ lọc quang Bessel bậc 4. Cấu trúc bên trong mỗi nút xen/rẽ trên mạng được cho thấy chi tiết trong hình 3.4. Tín hiệu được rẽ (Drop) được đưa vào bộ thu quang để chuyển đổi thành tín hiệu điện đưa ra ngoài để đánh giá chất lượng. Một tín hiệu từ bộ phát quang tại cùng tần số hay bước sóng được tách ra sẽ được xen vào tín hiệu trên mạng. Trong hình 3.4 bộ phát quang sử dụng định dạng điều chế NRZ và bộ thu quang trực tiếp được sử dụng.



Hình 3.6 Sơ đồ mô hình mô phỏng bên trong mỗi nút OADM

Ngoài định dạng điều chế NRZ, một mô hình khảo sát tương tự sử dụng định dạng điều chế duobinary cũng được xây dựng. Cấu trúc bên trong mỗi nút xen/rẽ sử dụng định dạng điều chế duobinary được cho thấy chi tiết trong hình 3.5.



Hình 3.7 Sơ đồ mô hình mô phỏng bên trong mỗi nút OADM sử dụng điều chế duobinary

3.2.3 Kết quả mô phỏng và nhận xét

Để xác định tác động của chi nhiễu xuyên kênh do hoạt động lọc tại chuyển mạch quang, các ảnh hưởng khác như tán sắc và hiệu ứng phi tuyến được vô hiệu hóa trong khảo sát. Mức độ nhiễu xuyên kênh do hoạt động lọc có thể được ước tính thông qua mẫu mắt của tín hiệu thu như được mô tả trong hình 3.10.

Có thể thấy đối với định dạng điều chế NRZ, mức nhiễu xuyên kênh thay đổi mạnh trong khoảng độ rộng băng tần dưới 20 GHz. Tuy nhiên, mức độ tăng nhiễu xuyên kênh của định dạng điều chế duobinary nhỏ hơn so với định dạng điều chế NRZ. Tại cùng một độ rộng băng tần, mức nhiễu xuyên kênh của định dạng duobinary thấp hơn khoảng ít nhất 2 dB so với định dạng NRZ. Nhưng tại độ rộng băng tần nhỏ cỡ 10 GHz, mức nhiễu xuyên kênh của định dạng duobinary lớn hơn 2 dB so với định dạng NRZ. Phổ tín hiệu quang của định dạng NRZ cho thấy có nhiều sideband và trải rộng trong miền phổ hơn so với định dạng duobinary. Như vậy chính sự trải rộng của các sideband này gây ra mức nhiễu xuyên kênh của định dạng điều chế NRZ lớn hơn so với định dạng duobinary. Trong khi phổ tín hiệu quang của định dạng duobinary cho thấy gọn hơn, có mức độ tập trung năng lượng phổ cao hơn so với định dạng NRZ. Hiệu năng của tín hiệu xen/rẽ tại nút mạng cũng được đánh giá thông qua tỉ số lỗi bit (BER) xác định thông qua mẫu mắt. Kết quả từ hình 3.15 cho thấy ở cả hai định dạng điều chế, tỉ số lỗi bit của tín hiệu tách xen giảm khi tăng độ rộng băng tần

của bộ lọc xen/rẽ. Như vậy mặc dù mức nhiễu xuyên kênh tăng lên ở độ rộng băng tần bộ lọc lớn hơn, nhưng tỉ số lỗi bit lại nhỏ hơn. Từ mẫu mắt thu được có thể thấy tại độ rộng băng tần lớn hơn, độ mở mắt tăng lên mặc dù mức nhiễu xuyên kênh lớn hơn. Tỉ số lỗi bit đánh giá qua mẫu mắt tỉ lệ nghịch với độ mở mắt. Sự tăng độ mở mắt tại độ rộng băng tần lớn hơn cho thấy sự méo dạng sóng tín hiệu gây ra bởi sự giới hạn băng tần của bộ lọc là yếu tố chính ảnh hưởng đến độ mở mắt hay tỉ số lỗi bit. Do vậy, khi tăng độ rộng băng tần bộ lọc, mức độ méo dạng sóng giảm xuống làm mức độ phân biệt giữa các mức hay độ mở mắt tăng lên nhanh hơn so với tác động của nhiễu xuyên kênh. Tỉ số lỗi bit trong trường hợp sử dụng định dạng điều chế duobinary nhỏ hơn ít nhất cỡ hai bậc so với trường hợp sử dụng định dạng điều chế NRZ. Sự cải thiện hiệu năng của định dạng duobinary so với định dạng NRZ có thể có được nhờ sự đóng góp của mức nhiễu xuyên kênh nhỏ hơn.

3.2 Tổng kết chương

Chương 3 của luận văn đã khảo sát ảnh hưởng của nhiễu xuyên kênh trong mạng quang metro thông qua mô hình mô phỏng. Một mô hình mạng metro gồm 4 nút đã được xây dựng cho khảo sát. Có hai định dạng điều chế gồm định dạng NRZ và duobinary đã được sử dụng trong khảo sát. Các kết quả đánh giá ảnh hưởng của nhiễu xuyên kênh thông qua việc mô hình hóa thành phần chuyển mạch xen/rẽ kênh bước sóng dạng hàm truyền của bộ lọc quang Bessel bậc 4. Dựa vào các kết quả thu được ta có thể đánh giá mức độ ảnh hưởng của nhiễu xuyên kênh lên hoạt động xen/rẽ của mạng trên các định dạng điều chế khác nhau.

Đề xuất giải pháp khắc phục: Thiết kế các bộ lọc quang xen/rẽ có đáp ứng với định dạng điều chế của tín hiệu phù hợp với điều kiện thực tế về: Cự ly cáp, công suất phát laser, băng thông

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Mạng quang metro có vai trò quan trọng trong sự phát triển mạng truyền tải để đáp ứng nhu cầu tăng mạnh về lưu lượng của người dùng. Trong quá trình phát triển đã có nhiều công nghệ được áp dụng triển khai trên mạng quang đô thị. Các công nghệ quang và Ethernet mới biến các mạng metro tĩnh từ quá khứ thành các mạng nhanh của tương lai. Với một loạt các tùy chọn giao diện và chuyển đổi, rất khó để thiết kế thiết bị nút mạng chuyên dụng cho mọi ứng dụng riêng lẻ. Một nền tảng truyền tải dạng module với các tùy chọn cấu hình linh hoạt là điều cần thiết để giải quyết toàn bộ phạm vi ứng dụng và sử dụng tốt nhất các chức năng quang và điện tử. Các kiến trúc nút mạng được phát triển theo hướng giảm

thiếu quá trình chuyển đổi quang – điện, các kênh bước sóng được xen/rẽ hoặc chuyển tiếp một cách linh hoạt trên mạng. Một trong những yếu tố cần được quan tâm là ảnh hưởng nhiều xuyên kênh sinh ra từ hoạt động xen/rẽ tại nút mạng quang metro.

Luận văn đã xem xét tổng quan mạng quang đô thị và các vấn đề liên quan. Cơ sở cấu trúc các nút mạng quang cũng như một số yếu tố ảnh hưởng trên mạng cũng được trình bày trong chương 2 và làm tiền đề để xây dựng mô hình khảo sát ở chương 3 của luận văn. Bằng cách sử dụng phần mềm mô phỏng Optisystem để xây dựng hệ thống mô phỏng mạng metro quang gồm 4 nút mạng sử dụng 2 kênh bước sóng để thiết lập các tuyến liên lạc giữa các nút. Các thành phần sử dụng trong mô hình khảo sát được thiết lập tham số đúng với hệ thống mạng thực tế và phổ biến trên mạng. Mô hình hóa hoạt động xen/rẽ tại mỗi nút mạng được thực hiện bằng việc sử dụng mô hình bộ lọc quang Bessel bậc 4 tại các độ rộng băng tần khác nhau. Hai kiểu định dạng điều chế là NRZ và duobinary được sử dụng trong khảo sát. Các kết quả thu được đều cho thấy mức nhiễu xuyên kênh tăng lên khi tăng độ rộng băng tần của bộ lọc. Mức nhiễu xuyên kênh của định dạng duobinary thấp hơn so với định dạng NRZ nhờ đặc tính phổ có độ rộng hẹp và độ tập trung cao hơn. Tuy nhiên, kết quả khảo sát cũng cho thấy bên cạnh ảnh hưởng nhiễu xuyên kênh thì ảnh hưởng méo dạng sóng do giới hạn băng tần của bộ lọc có tác động mạnh đến hiệu năng của tín hiệu được tách xen. Do vậy, trong phạm vi mạng quang metro thì ảnh hưởng nhiễu xuyên kênh có thể coi không đáng kể so với ảnh hưởng méo dạng bị giới hạn băng tần.

Kiến nghị nghiên cứu tiếp theo: Nghiên cứu thêm về các nguồn ảnh hưởng khác gây ra nhiễu xuyên kênh như ảnh hưởng phi tuyến và tác động tích lũy trên các hệ thống mạng khoảng cách lớn.