

- CHƯƠNG III -

TRUYỀN TẢI IP/WDM

3.1- GIỚI THIỆU CHUNG VỀ IP

3.1.1- Khái niệm

Giao thức IP (Internet Protocol) là một giao thức hướng dữ liệu được sử dụng bởi các máy chủ nguồn và đích để truyền dữ liệu trong một liên mạng chuyển mạch gói.

Dữ liệu trong một liên mạng IP được gửi theo các gói (packet hoặc datagram). Cụ thể, IP không cần thiết lập các đường truyền trước khi một máy chủ gửi các gói tin cho một máy khác mà trước đó nó chưa từng liên lạc đến.

Giao thức IP cung cấp một dịch vụ gửi dữ liệu không đảm bảo (còn gọi là cố gắng cao nhất), nghĩa là nó hầu như không đảm bảo gì về gói dữ liệu. Gói dữ liệu có thể đến nơi mà không còn nguyên vẹn, nó có thể đến không theo thứ tự (so với các gói khác được gửi giữa hai máy nguồn và đích đó), nó có thể bị trùng lặp hoặc bị mất hoàn toàn. Nếu một phần mềm ứng dụng cần được bảo đảm, nó có thể được cung cấp từ nơi khác, thường từ các giao thức giao vận nằm phía trên IP.

Các thiết bị định tuyến liên mạng chuyển tiếp các gói tin IP qua các mạng tầng liên kết dữ liệu được kết nối với nhau. Việc không có đảm bảo về gửi dữ liệu có nghĩa rằng các chuyển mạch gói có thiết kế đơn giản hơn. (Lưu ý rằng nếu mạng bỏ gói tin, làm đổi thứ tự hoặc làm hỏng nhiều gói tin, người dùng sẽ thấy hoạt động mạng trở nên kém đi. Hầu hết các thành phần của mạng đều cố gắng tránh để xảy ra tình trạng đó. Đó là lý do giao thức này còn được gọi là cố gắng cao nhất. Tuy nhiên, khi lỗi xảy ra không thường xuyên sẽ không đến mức người dùng nhận thấy được.)

3.1.2- Phân loại

Cho đến nay đã có hai phiên bản của giao thức IP đó là: IP Version 4 (IPv4) và IP Version 6 (IPv6). Tuy vậy, chúng vẫn thực hiện những chức năng chính sau:

- IP định nghĩa đơn vị dữ liệu mà có thể gửi qua Internet, nghĩa là IP qui định định dạng của gói dữ liệu (datagram) được gửi đi.
- Phần mềm IP thực hiện chức năng định tuyến dựa trên địa chỉ IP.
- IP gồm một tập hợp các nguyên tắc cho việc xử lý gói dữ liệu tại các bộ định tuyến và thiết bị dịch vụ như thế nào và khi nào và bao giờ bản tin lỗi cần được tạo ra, và khi nào cần hủy bỏ dữ liệu.

Sự phát triển mạnh mẽ của IPv6 chủ yếu bắt nguồn từ việc thiếu không gian địa chỉ của phiên bản tiền nhiệm trước nó (IPv4). Yêu cầu phát triển đòi hỏi phải định nghĩa lại phần mào đầu nhằm cải thiện hiệu quả định tuyến, đó cũng là một động lực quan trọng khác của IPv6. Trong nội dung tiếp theo sẽ đề cập đến các đặc tính chính của từng giao thức trên.

3.1.2.1. IPv4

IPv4 tổ chức thiết bị/người sử dụng theo kiến trúc địa chỉ 2 lớp đơn giản, bao gồm địa chỉ mạng và địa chỉ trạm chủ. Nhằm thích ứng cho kích thước mạng khác nhau, độ dài địa chỉ 32 bit được chia thành 3 lớp cho các ứng dụng quảng bá: lớp A, B và C tương ứng với các kích thước mạng lớn, vừa và nhỏ. Việc đánh địa chỉ hàng triệu triệu máy tính trên toàn thế giới chỉ sử dụng kiến trúc 2 lớp như định nghĩa trong IPv4 sẽ tạo ra những bảng định tuyến khổng lồ. Mặt khác, đối với các bộ định tuyến nội bộ kết quả này tạo nên mào đầu kích thước lớn. Từ năm 1992 các vấn đề về cơ chế địa chỉ của IPv4 đã bộc lộ những yếu kém (số lượng địa chỉ đã tiến gần đến giới hạn) do thiếu địa chỉ lớp B và kích thước của các bảng định tuyến. Một giải pháp tạm thời là sát nhập các mạng (tên chuẩn tắc là Định tuyến liên vùng không phân lớp – CIDR) theo cách chia các địa chỉ lớp C còn lại thành các khối có kích thước thay đổi. Tiếp đến, định nghĩa 4 vùng địa lý để làm cơ sở gán một phần không gian địa chỉ lớp C đó. Đặc biệt việc gán địa chỉ lớp C cho các vùng trên sẽ giúp giảm kích thước các bảng định tuyến một cách đáng kể.

Do sự phát triển của IPv4 là từ những năm 70 nhưng đến nay công suất và kích thước bộ nhớ của các máy tính cùng với bản chất của các ứng dụng đã thay đổi đáng kể. Do sự phát triển của công nghệ và sự thành công của IP (như một giao thức chung), một số hạn chế khác ngoài vấn đề địa chỉ cũng đã nảy sinh trong IPv4, ví dụ như định tuyến thiếu hiệu quả và thiếu sự hỗ trợ cho dịch vụ đa phương tiện.

3.1.2.2. IPv6

IPv6 không tương hợp trực tiếp với IPv4. Cơ chế địa chỉ của IPv6 là hoàn toàn mới và dựa trên biểu diễn bằng đồ thị các mạng tiên tiến đang sử dụng nó. Không gian địa chỉ của IPv6 có độ dài 128 bit nên có khả năng tạo ra một lượng lớn địa chỉ IP. Đặc biệt, kích thước của địa chỉ không quan trọng bằng cấu trúc của nó: IPv6 có 3 kiểu địa chỉ quảng bá đơn, cung cấp một kiểu định dạng địa chỉ đa quảng bá và giới thiệu địa chỉ hoàn toàn quảng bá. Dạng địa chỉ đa quảng bá trong IPv6 cho phép tạo lập một lượng lớn mã nhóm (2¹¹⁹), mỗi nhóm xác định hai hoặc nhiều người tham gia. Địa chỉ quảng bá hoàn toàn là một giá trị được gán cho nhiều giao diện, cụ thể là cho các máy tính khác nhau. Một gói được gửi tới địa chỉ quảng bá hoàn toàn được định tuyến theo giao diện gần nhất có chứa địa chỉ này.

Một đặc tính mới của IPv6 so với IPv4 đó là khả năng hỗ trợ QoS tại lớp mạng. Tuy nhiên, điều này được thực hiện gián tiếp qua nhãn luồng và chỉ thị ưu tiên, và không có sự đảm bảo nào về QoS từ đầu đến cuối cũng như không thực hiện chức năng dành trước tài nguyên mạng. Dù sao khi các tính năng của IPv6 được sử dụng với các giao thức dành trước tài nguyên mạng như RSVP, chất lượng dịch vụ từ đầu đến cuối được đảm bảo.

Đặc tính bảo mật của IPv6 hỗ trợ cho tính hợp pháp và bí mật cá nhân. Chúng cũng cung cấp chức năng cơ bản cho việc tính cước dịch vụ và lưu lượng tương lai theo cước phí.

Nhằm cải thiện vấn đề định tuyến, định dạng mào đầu của IPv6 sẽ được cố định; điều này cho phép giảm thời gian xử lý ở phần mềm do phần cứng thực hiện nhanh hơn nên định tuyến cũng sẽ nhanh hơn. Nhiều thay đổi chủ yếu tập trung ở phần phân tách dữ liệu. Trong IPv6, phân tách dữ liệu được thực hiện tại phía nguồn và khác với IPv4, bộ định tuyến có dung lượng kích thước gói giới hạn. Kết hợp với những thay đổi này bộ định tuyến IPv6 phải hỗ trợ tối thiểu 576 byte so với 68 byte của bộ định tuyến IPv4. Tất cả thông tin về phân tách được chuyển từ mào đầu IP tới phần mào đầu mở rộng nhằm đơn giản hoá giao thức và nâng tốc độ xử lý dữ liệu IP trong bộ định tuyến.

Kiểm tra lỗi ở mức IP không được thực hiện trong IPv6 để giảm khối lượng xử lý và cải thiện định tuyến. Kiểm tra lỗi tiêu tốn nhiều thời gian, mất nhiều bit mào đầu và dư thừa khi cả lớp tuyến và lớp truyền tải đều có chức năng kiểm tra lỗi tin cậy.

3.1.2.3. Vấn đề lựa chọn IPv4 hay IPv6

Cho đến nay, chúng ta có thể khẳng định chắc một điều là IPv6 sẽ không thể thay thế IPv4 ngay được. Hai phiên bản IP này sẽ cùng tồn tại trong nhiều năm nữa. Về nguyên lý, có thể thực thi IPv6 bằng cách nâng cấp phần mềm thiết bị IPv4 hiện thời và đưa ra một giai đoạn chuyển đổi để giảm thiểu chi phí mua sắm thiết bị mới và bảo vệ vốn đầu tư quá khứ. Tuy nhiên, có một điều chưa chắc chắn đó là liệu tất cả các nhà khai thác Internet sẽ chuyển sang công nghệ IPv6 hay không? Điều này phụ thuộc rất lớn vào lợi ích mà nhà khai thác thu được khi chuyển sang nó. Hiện tại, hầu hết thiết bị của các nhà khai thác vẫn là các bộ định tuyến IPv4 và phần lớn lưu lượng trên mạng được thích ứng cho IPv4, đây không chỉ là một yếu tố làm hạn chế sự thay đổi. Một đặc tính khác lôi cuốn các nhà khai thác có cơ sở hạ tầng phát triển nhanh đó là đặc tính cắm-và-chạy, nó làm cho mạng IPv6 dễ dàng hơn trong việc cấu hình và bảo dưỡng so với mạng IPv4. Để dễ dàng khi chuyển sang IPv6 thì các ứng dụng của IPv4 và IPv6 phải có khả năng liên kết và phối hợp hoạt động với nhau. Một điều kiện quan trọng và tiên quyết cho việc phối hợp hoạt động đó là

IPv6 cần hoạt động theo kiểu trạm chủ ngăn kép: một cho ngăn giao thức IPv4 và một cho ngăn giao thức IPv6.

Như vậy, xu thế chuyển sang IPv6 là xu thế phát triển tất yếu. Nghi ngại về độ phức tạp của IPv6 so với IPv4 sẽ được loại bỏ vì đến nay các ứng dụng IP đang cố thu nạp những điểm mạnh của IPv6, chẳng hạn như QoS. Chúng ta có thể thấy rằng trước mắt việc chuyển sang IPv6 sẽ không diễn ra một cách ào ạt. Các nhà khai thác sẽ chuyển đổi từng bước một cách thận trọng.

3.2- GIỚI THIỆU CHUNG VỀ MẠNG TRUYỀN TẢI IP/WDM

3.2.1- Các mô hình truyền tải IP

3.2.1.1. Truyền tải IP trên các bước sóng quang

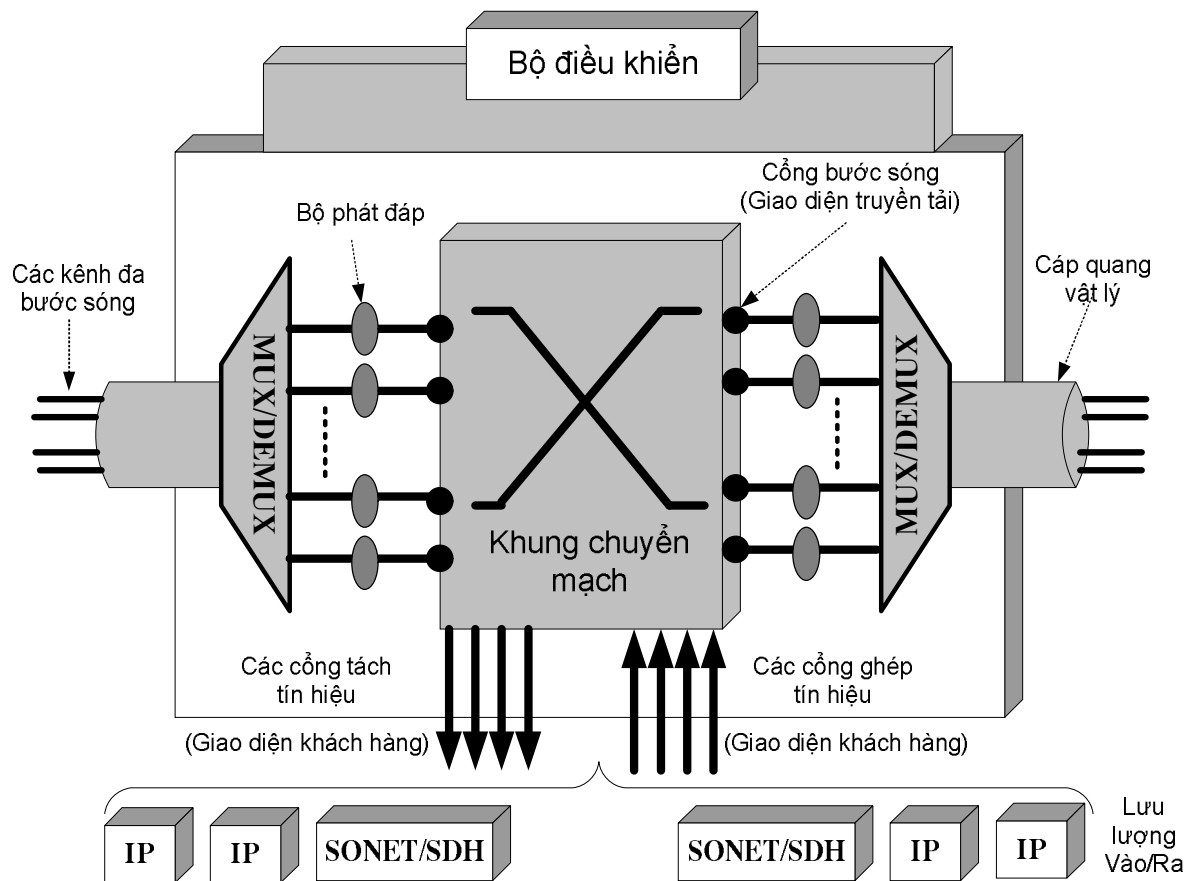
Từ sự bùng nổ lưu lượng IP cùng sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ IP và công nghệ thông tin quang đã tạo nên một cuộc cách mạng trong mạng truyền tải của các mạng viễn thông. Kết hợp hai công nghệ mạng này trên cùng một cơ sở hạ tầng mạng tạo thành một giải pháp tích hợp IP/ WDM để truyền tải đang là vấn đề mang tính thời sự. Trong hầu hết các kiến trúc mạng viễn thông đề xuất cho tương lai đều thừa nhận sự thống trị của công nghệ truyền dẫn IP trên quang. Đặc biệt, truyền tải IP trên quang được xem là nhân tố then chốt trong việc xây dựng mạng truyền tải NGN.

Hình 3.1 minh họa truyền các gói IP hoặc các tín hiệu SDH tại một nút mạng WDM. Bộ điều khiển thực hiện chức năng điều khiển cơ cấu chuyển mạch. IP như là một công nghệ lớp mạng nằm trên lớp liên kết dữ liệu để hỗ trợ:

- Tạo khung (chẳng hạn như trong SDH hoặc Ethernet);
- Phát hiện lỗi (thí dụ như kiểm tra độ dư theo chu trình, CRC);
- Hồi phục lỗi (chẳng hạn như yêu cầu lặp lại gói tự động, ARQ).

Một số chức năng lớp liên kết được thực hiện trong giao diện, thí dụ các giao diện khách hàng hoặc các giao diện truyền tải.

Mục tiêu của thiết lập mạng quang là cung cấp một kết nối quang trong suốt từ đầu cuối đến đầu cuối sao cho thời gian trễ truyền của mạng là nhỏ nhất. Điều này đòi hỏi các giao diện toàn quang và cơ cấu chuyển mạch toàn quang đối với nút biên và nút lõi. Các bộ phát đáp được sử dụng để thực hiện chuyển đổi bước sóng. Hiện nay có hai loại bộ phát đáp, bao gồm bộ phát đáp toàn quang và các bộ phát đáp quang - điện - quang (O-E-O). Trên hình 3.1 có hai loại lưu lượng được truyền tải là các gói dữ liệu IP (chẳng hạn như Gigabit Ethernet) và các luồng số SONET/SDH, các loại lưu lượng này yêu cầu các giao diện Ethernet và SDH.



Hình 3.1. Truyền tải các gói IP trên các bước sóng quang

Cho đến nay đã có nhiều giải pháp được đề xuất, liên quan đến vấn đề làm thế nào truyền tải các gói IP qua môi trường sợi quang. Các giải pháp này đều tập trung vào việc giảm kích thước mào đầu trong khi vẫn phải đảm bảo cung cấp dịch vụ chất lượng khác nhau, độ khả dụng và bảo mật cao.

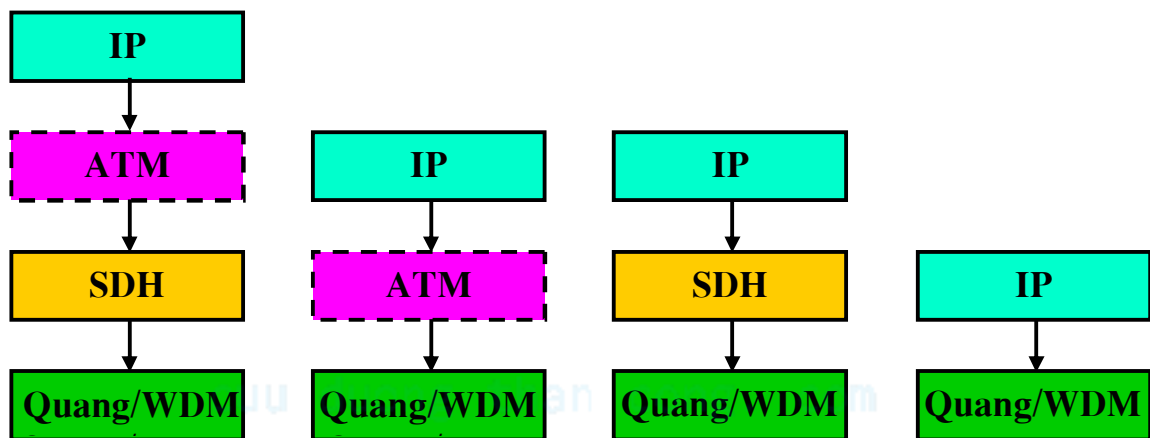
Có hai hướng chính giải quyết vấn đề trên đó là: Giữ lại công nghệ cũ (theo tính lịch sử), phát triển các tính năng phù hợp cho lớp mạng trung gian như ATM và SDH để truyền tải gói IP trên mạng WDM, hoặc tạo ra công nghệ và giao thức mới như MPLS, GMPLS.

Đối với kiến trúc mạng IP được xây dựng theo ngăn mạng sử dụng những công nghệ như ATM, SDH và WDM, do có nhiều lớp liên quan nên đặc trưng của kiến trúc này là dư thừa các tính năng và chi phí cho khai thác và bảo dưỡng cao. Hơn nữa, kiến trúc này trước đây sử dụng để cung cấp chỉ tiêu đảm bảo cho dịch vụ thoại và thuê kênh. Bởi vậy, nó không còn phù hợp cho các dịch vụ chuyển mạch gói được thiết kế tối ưu cho dữ liệu và truyền tải lưu lượng IP bùng nổ.

Một số nhà cung cấp và tổ chức tiêu chuẩn đã đề xuất những giải pháp mới cho khai thác IP trên một kiến trúc mạng đơn giản, ở đó lớp WDM là nơi cung cấp băng tần truyền dẫn. Những giải pháp này cố gắng giảm tính năng dư thừa, giảm

mào đầu giao thức, đơn giản hoá công việc quản lý và qua đó truyền tải IP trên lớp WDM (lớp mạng quang) càng hiệu quả càng tốt. Tất cả các giải pháp đó đều liên quan đến việc đơn giản hoá các ngăn giao thức, nhưng trong số chúng chỉ có một số kiến trúc có nhiều đặc tính hứa hẹn như các giải pháp gói trên SONET/SDH (POS), Gigabit Ethernet (GbE) và truyền tải gói động (DPT). Tuy nhiên, các giải pháp gói trên Gigabit Ethernet và truyền tải gói động thường được sử dụng cho lớp truy nhập.

Các kiến trúc khác nhau của giải pháp tích hợp truyền tải IP trên quang được biểu diễn trên hình 3.2.



Hình 3.2. Ngăn giao thức của các kiểu kiến trúc.

Tùy từng giải pháp tích hợp truyền tải IP trên quang, các tín hiệu dịch vụ được đóng gói qua các tầng khác nhau. Đóng gói có thể hiểu một cách đơn giản chính là quá trình các dịch vụ lớp trên đưa xuống lớp dưới và khi chúng đã được thêm các tiêu đề và đuôi theo khuôn dạng tín hiệu đã được định nghĩa ở lớp dưới. Các phương thức tích hợp IP trên quang bao gồm:

- + Kiến trúc IP/ATM/SDH/WDM.
- + Kiến trúc IP/ATM/WDM.
- + Kiến trúc IP/SDH/WDM.
- + Kiến trúc IP/WDM.

Phương thức truyền tải IP trên WDM là một trong những yếu tố quan trọng để lựa chọn giao thức IP làm giao thức thống nhất cho mạng truyền tải trong tương lai.

IP trở thành lớp hội tụ trong mạng máy tính và các mạng thông tin nên việc truyền lưu lượng IP có kết quả và hiệu quả trong mạng WDM là một nhiệm vụ quan

trọng. Sau đây sẽ mô tả các cấu trúc mạng IP trên WDM, được phân loại theo mặt bằng dữ liệu và mặt bằng điều khiển.

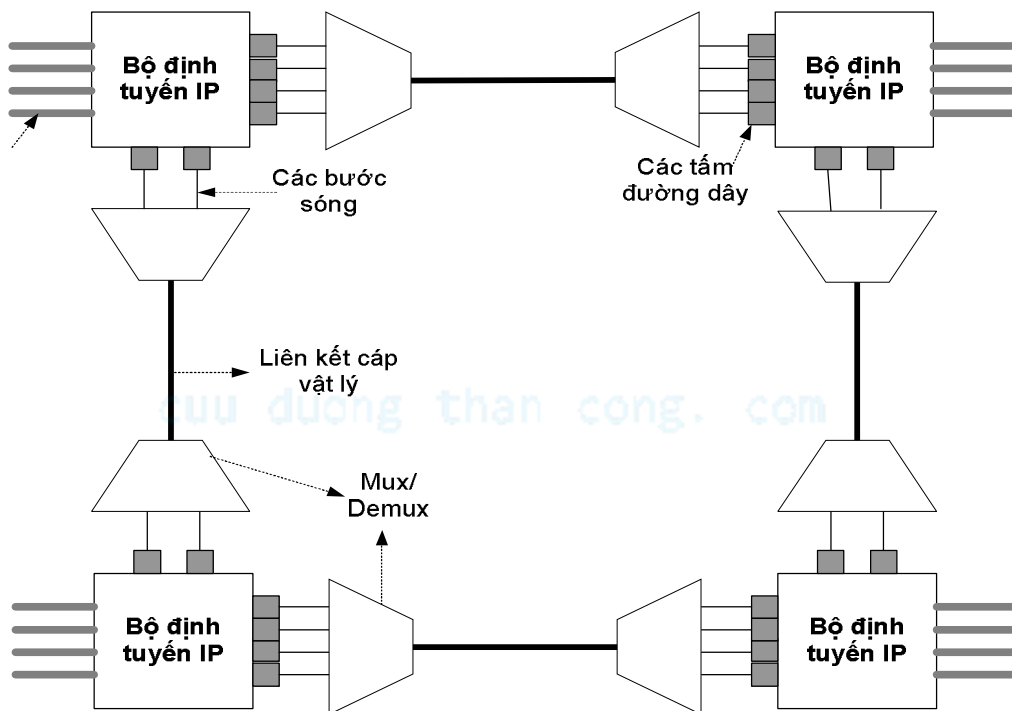
3.2.1.2. Các cấu trúc mạng IP trên WDM phân loại theo mặt bằng dữ liệu

Theo mặt bằng dữ liệu có ba cấu trúc mạng IP trên WDM.

a) IP/ WDM điểm - điểm

Với cấu trúc này, các tuyến quang WDM điểm - điểm được sử dụng để cung cấp các dịch vụ truyền tải cho lưu lượng IP. Các thiết bị WDM, chẳng hạn như OADM tự chúng không hình thành một mạng. Thay vào đó, chúng chỉ cung cấp tuyến lớp vật lý giữa các bộ định tuyến IP. SONET/ SDH có thể được sử dụng cho truyền khung trên các kênh WDM. Các gói IP được đóng gói trong các khung SONET/ SDH khi sử dụng các phương thức đóng gói trên SONET/ SDH. Nhiều nhà cung cấp bộ định tuyến IP và thiết bị WDM hiện nay đã có các sản phẩm thương mại nên có thể hỗ trợ IP trên WDM điểm - điểm.

Kiến trúc IP trên WDM điểm- điểm cần có bộ định tuyến IP để kết nối định hướng tới các bộ định tuyến IP khác qua các tuyến sợi quang trên các bước sóng khác nhau. Hình 3.3 minh họa kiến trúc IP trên WDM điểm- điểm, trong đó bộ định tuyến lân cận phải dành ra các giao diện cố định để chuyển giao. Đối với IP trên WDM điểm- điểm, tô pô mạng là cố định và các cấu trúc mạng hoàn toàn tĩnh. Các hệ thống quản lý đối với các mạng này đều được tập trung hóa, có tương tác lẫn nhau giữa các lớp IP và WDM.

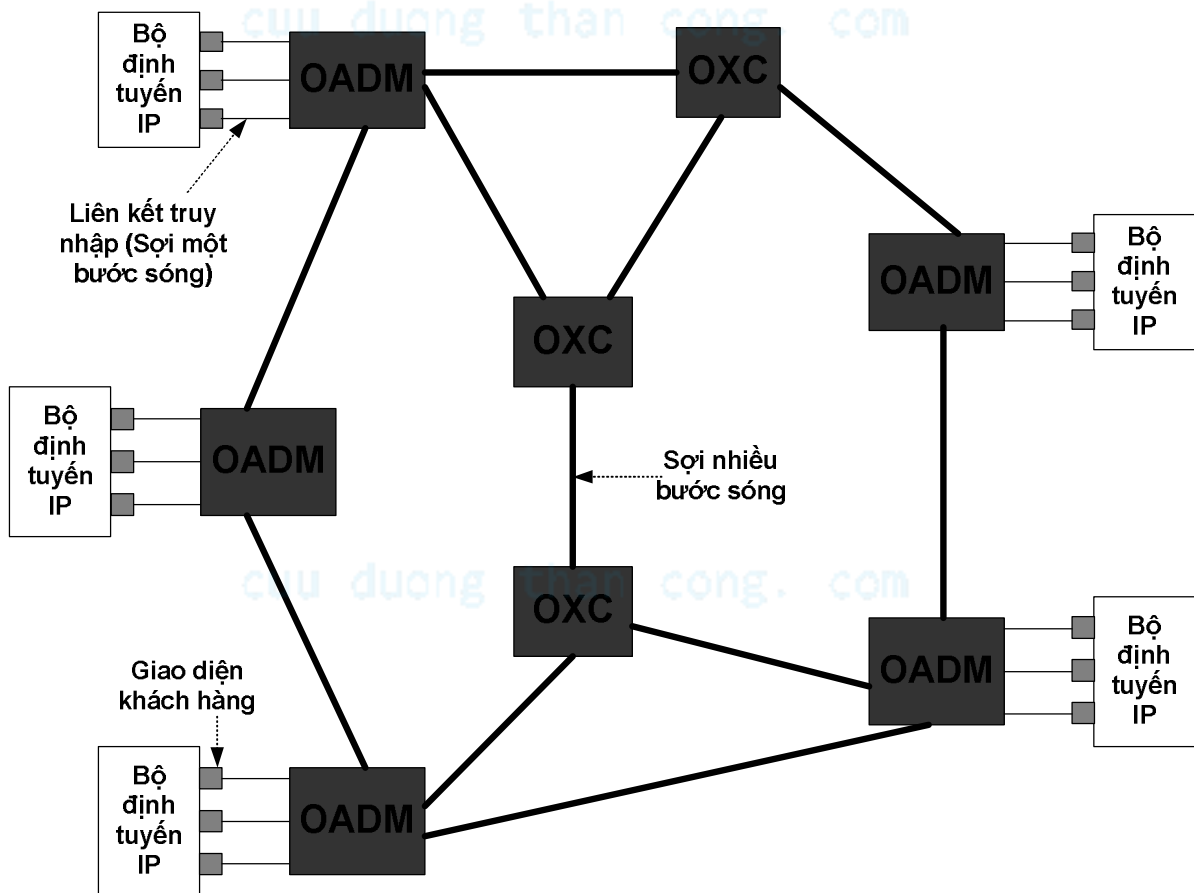


Hình 3.3- IP/WDM điểm – điểm

b) IP/WDM cấu hình lại

Dưới cấu trúc IP/WDM cấu hình lại, các giao diện bộ định tuyến từ các bộ định tuyến IP được kết nối tới các giao diện khách hàng của mạng WDM. Hình 3.4 minh họa mạng IP/WDM cấu hình lại. Trong cấu trúc này, các giao diện kết nối chéo WDM và xen /rẽ tự kết nối trong mạng WDM có các tuyến sợi nhiều bước sóng. Vì vậy, mạng WDM tự có các tập vật lý và tập tuyến quang. Tập vật lý WDM gồm các NE kết nối với nhau qua sợi quang; tập tuyến quang được thực hiện nhờ kết nối kênh bước sóng. WDM cấu hình lại là công nghệ chuyển mạch kênh, như vậy quá trình thiết lập và hủy bỏ kênh bước sóng được điều khiển trong các giai đoạn riêng biệt. Vấn đề quan trọng cần lưu ý là chuyển mạch lưu lượng IP và chuyển mạch bước sóng không bao giờ hoạt động trong cùng lớp của mạng IP cấu hình lại. Điều này có thể chuyển vào mạng chồng lấn.

Các tuyến quang trong mạng WDM được thiết kế để phù hợp với tập IP. Nhờ kết nối chéo WDM cấu hình thích hợp, giao diện bộ định tuyến đã định có thể nối tới giao diện bộ định tuyến bất kỳ khác. Kết quả là các bộ định tuyến lân cận dành cho giao diện bộ định tuyến đã định là cấu hình phía dưới cấu trúc này. Điều này có hàm ý là các mạng vật lý có thể hỗ trợ một số các tập ảo phải chịu sự hạn chế như nhau của tài nguyên mạng.



Hình 3.4 – IP/WDM cấu hình lại

c) IP/WDM chuyển mạch

Trong kiến trúc IP/ WDM chuyển mạch, trái ngược với cung cấp đơn giản các tuyến quang từ đầu vào đến đầu ra, cơ sở hạ tầng WDM có khả năng hỗ trợ trực tiếp chuyển mạch gói. Vì vậy, nó có khả năng cung cấp lưu lượng có độ mịn hơn nhiều so với WDM cấu hình lại. Các phương pháp WDM chuyển mạch khác nhau đã được giới thiệu gồm có:

- Chuyển mạch burst quang (OBS)
- Chuyển mạch nhãn quang (OLS)
- Định tuyến gói quang (OPR).

OBS và OLS sử dụng mô hình chuyển mạch gói cỡ lớn (burst)/ luồng nên khác với định tuyến gói IP thông thường. IPv4 tự nó sử dụng định tuyến dựa vào đích với nỗ lực cao nhất. MPLS được đưa vào IP như là một dịch vụ giá trị gia tăng để chuyển mạch các luồng. OLS giống với MPLS, ngoại trừ nó không hỗ trợ tìm đích IP thông thường dựa vào chuyển tiếp gói. Nói cách khác, OBS và OLS không hiểu các mào đầu gói IP và vì vậy không thể chuyển tiếp các gói IP. OBS và OLS thích hợp với lưu lượng có độ mịn trung bình thay vì lưu lượng có độ mịn nhỏ hơn có trong các gói IP.

OPR đại diện cho thực hiện quang của định tuyến IP thông thường nên nó hỗ trợ đầy đủ các chức năng IP. Vì các công nghệ xử lý logic quang và nhớ đệm dữ liệu quang hiện nay vẫn chưa chín muồi nên các hệ thống WDM chuyển mạch là không nhớ đệm. Mặc dù có các dự án chuyển mạch gói quang cố gắng thiết kế các bộ đệm quang, nhưng các thiết kế này vẫn còn phức tạp. Vì vậy hầu hết các cố gắng tìm nguyên mẫu hệ thống WDM đã chọn lựa thiết kế không có bộ đệm. Các đường dây trễ quang đã được sử dụng để mô phỏng các bộ đệm quang. Các đường dây trễ này ít phức tạp hơn nhiều so với bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên.

Cũng như vậy, các hệ thống WDM chuyển mạch dựa vào xử lý điện tử của mào đầu gói để điều khiển các hoạt động chuyển mạch. Điều này ám chỉ rằng OPR không chín muồi bằng OBS. Bổ sung vào các bộ đệm quang, các yếu tố khác gây ảnh hưởng đến thương mại hoá của OPR bao gồm tốc độ chuyển mạch, độ tin cậy và suy giảm tín hiệu của cơ cấu chuyển mạch.

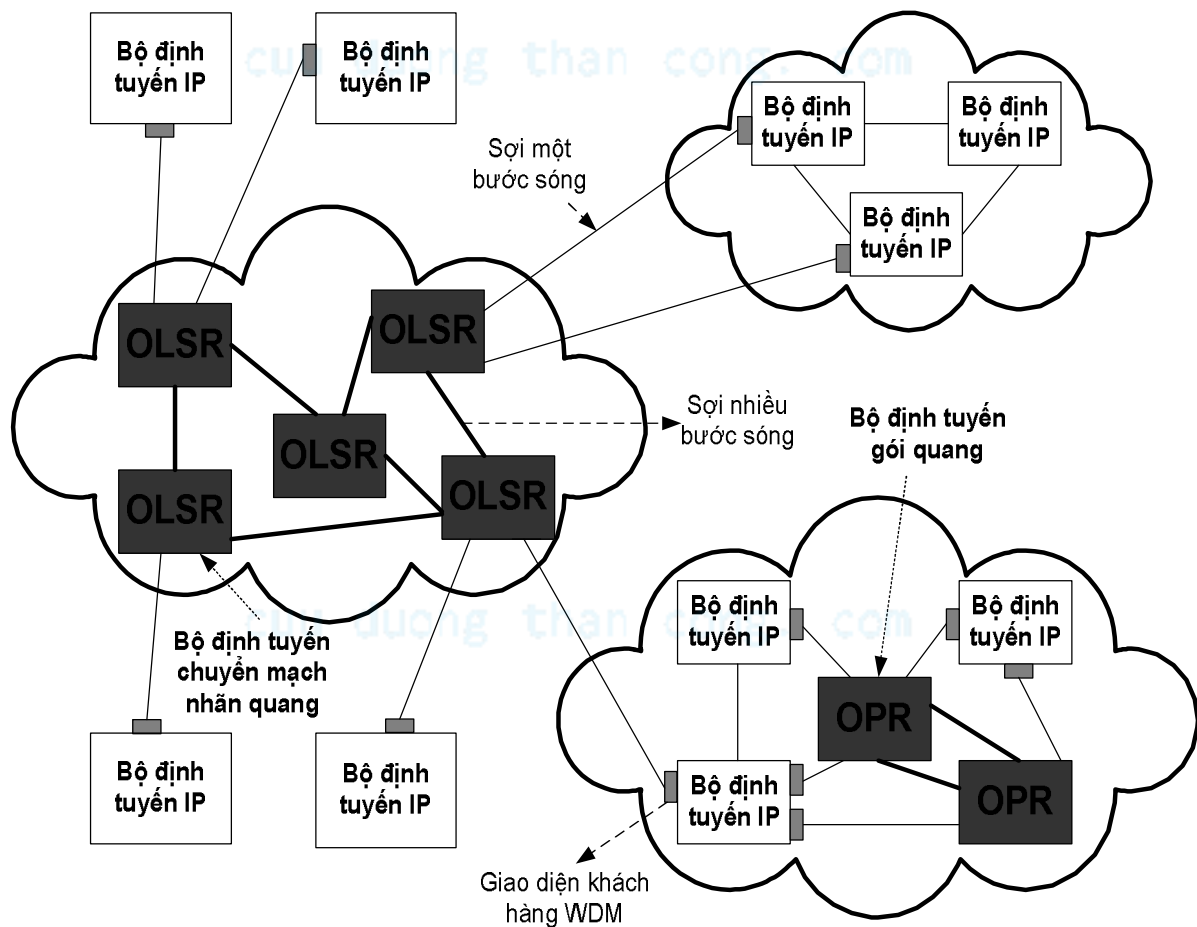
Hình 3.5 thể hiện các mạng IP/WDM chuyển mạch. OBS và OLS được mô tả như OLSR. Khác nhau chủ yếu giữa OBS và OLS là OBS sử dụng chuyển mạch gói nhanh, nhưng OLS chuyển mạch luồng. OLS thường sử dụng bước sóng mang phụ trong băng để truyền thông tin điều khiển, nghĩa là mào đầu luồng. Như đã chỉ rõ trong hình, OLSR thường được triển khai trong một cụm. Bên trong cụm, chỉ có OLSR biên yêu cầu bổ sung đầy đủ ngăn xếp giao thức IP. OLSR biên cũng cung

cấp đệm điện tử nên các gói IP đi đến có thể xếp hàng chờ đợi tại biên trong trường hợp thiết lập LSP động.

Các OLSR được kết nối nhờ các sợi quang khi hỗ trợ các kênh bước sóng. OPR có thể được triển khai đúng như các bộ định tuyến IP điện tử, tuy nhiên OPR có nhiều giao diện hơn. Trong thực tế, giao diện dành sẵn là một trong các bộ điều khiển chính phía sau OPR trên bộ định tuyến IP điện.

Ba cấu trúc đã giới thiệu trên đây được kết hợp với phần cứng khác và phần mềm điều khiển và quản lý. Kiến trúc IP/WDM điểm - điểm sẽ dần dần được thay thế bởi kiến trúc IP/WDM cấu hình lại, bởi vì cấu trúc thứ hai có thể đưa ra nhiều chức năng hơn cấu trúc thứ nhất. Cấu trúc thứ hai linh hoạt hơn. Thông qua phần mềm điều khiển mạng và kỹ thuật lưu lượng được thiết kế cẩn thận, cấu trúc thứ hai có khả năng tận dụng tài nguyên mạng cao hơn và chi phí điều hành thấp hơn cấu trúc thứ nhất.

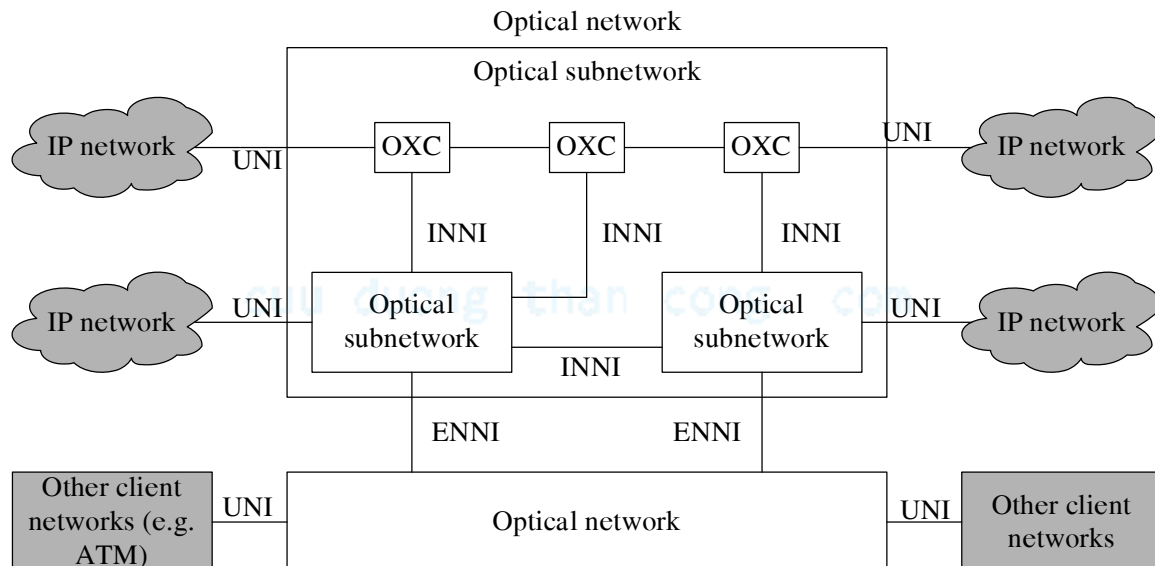
Trên đây đã giới thiệu cấu trúc của các mạng IP/WDM thông qua kết nối các bộ định tuyến IP thông thường với các thiết bị mạng WDM. Phần sau mô tả mạng IP và mạng WDM phối hợp hoạt động như thế nào trong các cấu trúc này. Đặc biệt, sẽ thảo luận các vấn đề đồng đẳng trong các mạng IP/WDM.



Hình 3.5 - IP trên WDM chuyển mạch

3.2.1.2. Các cấu trúc mạng IP trên WDM phân loại theo mặt bằng điều khiển

Theo mặt bằng điều khiển, kiến trúc tổng quát của các mạng quang IP trên WDM được mô tả như hình 3.6. Trên hình minh họa nhiều mạng quang tồn tại trong miền quang, trong đó giao diện ENNI (External Network-to-Network Interface) được sử dụng để báo hiệu giữa các mạng quang với nhau. Một mạng quang riêng lẻ bao gồm các mạng quang nhỏ hơn và báo hiệu giữa chúng sử dụng giao diện INNI (Internal Network-to-Network Interface). Và một mạng quang nhỏ hơn đó gồm nhiều nút mạng quang (các bộ OXC) được nối với nhau bởi sợi quang. Các mạng khách hàng như IP, ATM, SONET giao tiếp với mạng quang thông qua giao diện UNI (User-to-Network Interface). Các kỹ thuật chuyển mạch quang quyết định loại dịch vụ mà mạng quang có thể cung cấp cho các mạng khách hàng



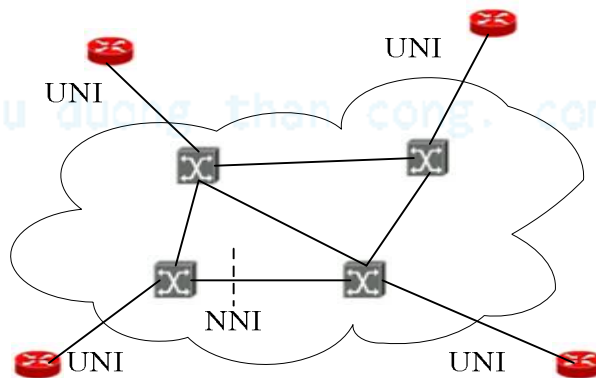
Hình 3.6- Kiến trúc tổng quát của mạng IP over WDM

Hiện nay có hai xu hướng chính xây dựng mô hình tích hợp liên mạng IP/WDM. Đó là mô hình xếp chồng (Overlay) hay còn gọi là mô hình khách-chủ (Client-Sever), tức là đặt toàn bộ sự điều khiển cho lớp quang ở chính lớp quang. Xu hướng thứ hai là mô hình ngang hàng (Peer), tức là dịch chuyển một phần điều khiển lên bộ định tuyến IP. Ngoài ra còn có mô hình điều khiển tăng lên. Sau đây sẽ phân tích hai mô hình tích hợp liên mạng là mô hình xếp chồng và mô hình ngang hàng.

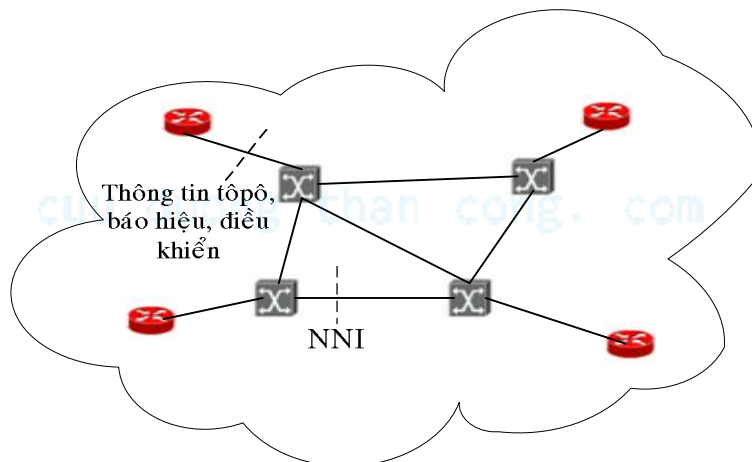
Hình 3.7 minh họa hai mô hình tích hợp IP vào mạng WDM đang được các tổ chức chuẩn hóa theo đuổi. Mô hình ngang hàng dựa trên giả thiết là việc điều khiển ở lớp quang được chuyển sang thực hiện ở lớp IP. Mô hình này xem xét kiến trúc mạng dưới quan điểm “định tuyến gói”. Trong khi đó mô hình xếp chồng dựa

trên giả thiết điều khiển lớp quang là độc lập và lớp quang tạo nên một nền mở cho nối kết động của nhiều loại tín hiệu khác nhau bao gồm cả IP. Mô hình này xem xét kiến trúc mạng trên quan điểm “chuyển mạch kênh”.

Cả hai mô hình đều giả định phát triển mạng quang thể hệ sau có tô pô dạng mắc lưới với nền điều khiển IP dựa trên chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS. Ứng dụng cụ thể của MPLS cho mô hình xếp chồng còn gọi là chuyển mạch đa giao thức tổng quát GMPLS. Kiến trúc điều khiển GMPLS cung cấp một tập các giao thức đơn giản, hoàn thiện tương thích với mạng IP đáp ứng cho mạng thể hệ sau. Quá trình điều khiển thống nhất xuyên suốt các lớp số liệu và quang sẽ đơn giản quá trình quản lý mạng có nhiều lớp và cải thiện hiệu quả sử dụng tài nguyên thông qua kỹ thuật lưu lượng giữa các lớp. Trong bối cảnh này, các giao thức định tuyến IP làm đòn bẩy cho việc nhận biết tô pô mạng và các giao thức báo hiệu MPLS được sử dụng cho thiết lập tự động. Ngoài ra sử dụng các giao thức này cho điều khiển lớp quang sẽ giúp các nhà sản xuất thiết bị đảm bảo tính tương thích nhờ có các tiêu chuẩn rất phổ biến. Do vậy xu hướng chung là sử dụng IP cho cả ba mặt phẳng chức năng của mạng: dữ liệu, điều khiển, và quản lý.



Mô hình xếp chồng



Mô hình ngang hàng

Hình 3.7- Hai cấu trúc tích hợp mạng quang

Mặc dù các mô hình tích hợp đều sử dụng kiến trúc điều khiển theo IP, nhưng chúng quản lý các ứng dụng khác nhau. Chẳng hạn mặt phẳng điều khiển quang sẽ điều khiển quá trình thiết lập bước sóng quang động nhờ các Router ở biên được nối với mạng quang. Khi tại Router xảy ra tắc nghẽn thì hệ thống quản lý mạng hay chính Router sẽ yêu cầu thiết lập luồng quang động. Sau đó các chuyển mạch quang sẽ tạo kênh quang mới để đáp ứng nhu cầu của Router. Vì vậy, thiết lập bước sóng động có thể thích nghi được với nhu cầu lưu lượng.

Với mô hình xếp chồng thì cho phép mỗi router giao tiếp trực tiếp với mạng quang thông qua giao diện UNI. Giao diện giữa các mạng con được thực hiện thông qua giao diện NNI. Mô hình giao diện UNI tương tự như mô hình trong mạng chuyển mạch kênh truyền thống như mạng ISDN. Trong mô hình này, mỗi mạng con sẽ tiến triển độc lập, nhờ đó cho phép các nhà khai thác mạng đưa các công nghệ mới mà không bị gánh nặng của các công nghệ cũ. Các nhà khai thác còn có thể đáp ứng được các cơ sở hạ tầng kế thừa hiện có. Quan trọng hơn là các nhà khai thác có thể tìm thấy được trong môi trường mạng quang nhiều nhà cung cấp, nó cho phép thực hiện được tính tương thích trong tương lai gần nhờ các giao diện UNI và NNI.

Với mô hình ngang hàng cũng hỗ trợ cho thiết lập luồng động bằng cách sử dụng các luồng đầu cuối ở biên mạng quang và cho phép quản lý chúng từ xa. Mô hình ngang hàng giả định rằng các Router điều khiển lớp mạng quang. Mỗi quan hệ giữa IP Router và OXC là bình đẳng về mặt điều khiển. Vì vậy về mặt báo hiệu và định tuyến sẽ không có sự phân biệt nào giữa UNI, NNI và giao diện giữa các Router. Trong mô hình này cần một khối lượng lớn thông tin trạng thái và điều khiển chuyển qua lại giữa lớp IP và quang. Do đó sẽ khó hơn cho việc kết nối trong môi trường nhiều nhà khai thác khi so với mô hình xếp chồng.

Mỗi mô hình có ưu điểm riêng, đặc biệt mô hình xếp chồng có ưu điểm nổi trội là khả năng tương thích dễ dàng. Về kiến trúc thì mô hình xếp chồng trực tiếp và đơn giản hơn. Với kiến trúc ngang hàng cần có thêm các thông tin giữa lớp IP và quang để quản lý các luồng đầu cuối chuyển lên luồng quang. Khối lượng lớn thông tin trạng thái và điều khiển này bao gồm sự truyền thông trực tiếp giữa các Router biên của mạng quang và sự truyền thông tin trong bản thân mạng quang.

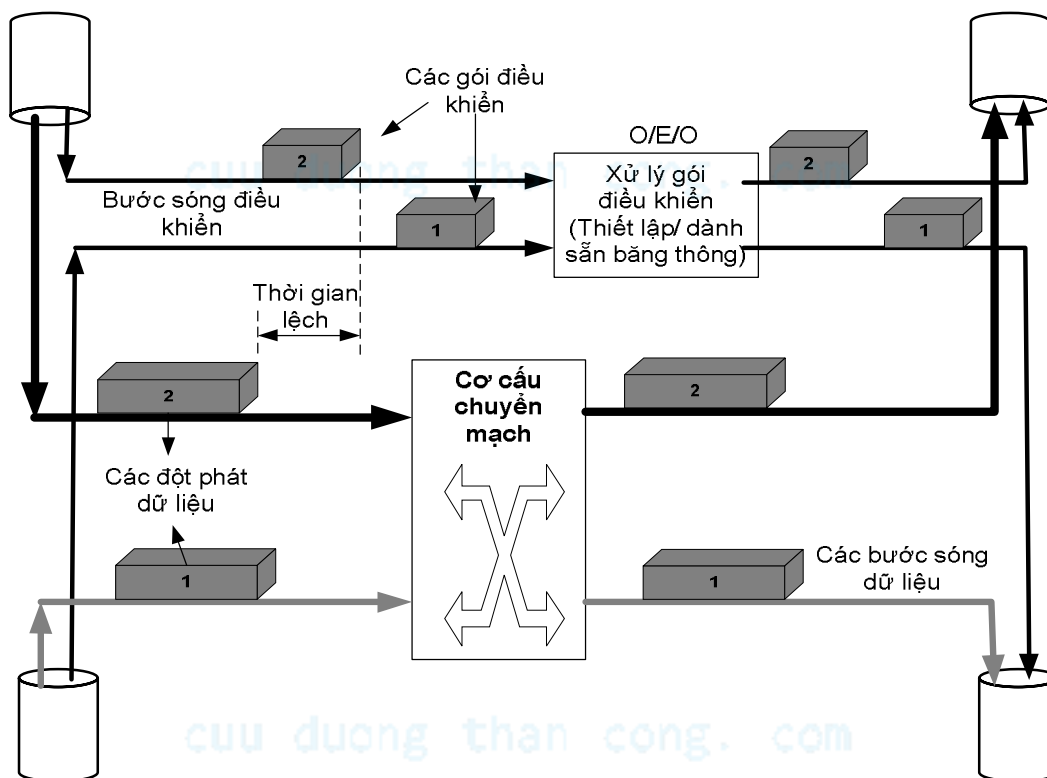
Mô hình xếp chồng cho phép đổi mới tại lớp quang độc lập với lớp IP trong khi vẫn cung cấp khả năng kết nối tương thích cần thiết cho các dịch vụ nhanh mà vẫn duy trì tính toàn vẹn thông tin của nhà khai thác mạng quang. Tuy nhiên, mô hình ngang hàng cho phép tích hợp hoàn toàn IP/quang tạo nên mạng Internet quang thống nhất. Do đó việc sử dụng và quản lý mạng trở nên hiệu quả hơn, phù hợp với các ISP hơn. Ngoài ra mô hình ngang hàng gần hơn với xu hướng chuyển mạch gói quang trong tương lai.

3.2.2- Các công nghệ hướng tới truyền tải IP/WDM

3.2.2.1. Chuyển mạch burst quang

Trong chuyển mạch burst quang, mào đầu điều khiển burst được truyền dọc tuyến điều khiển và phát trước burst một khoảng thời gian. Như vậy, mào đầu điều khiển sẽ đến các nút chuyển mạch trung gian trước, cho phép mỗi nút chuyển mạch thực hiện các tính toán chuyển mạch và tiến hành cài đặt kết nối chéo chuyển mạch đúng thời điểm trước khi burst dữ liệu đến. Theo cách này, burst dữ liệu quang có thể được gắn vào đường đi của nó qua mạng từ đầu vào đến đầu ra. Trễ giữa mào đầu điều khiển và burst tăng khi số lượng các chặng và trễ xử lý tại các nút chuyển mạch trung gian tăng. Hình 3.8 mô tả hoạt động của nút WDM chuyển mạch burst quang.

Chuyển mạch burst quang dành sẵn một đường để gửi yêu cầu thiết lập và sau đó gửi burst mà không cần đợi xác nhận thiết lập. Sở dĩ như vậy là vì thời gian truyền burst là tương đối nhỏ.



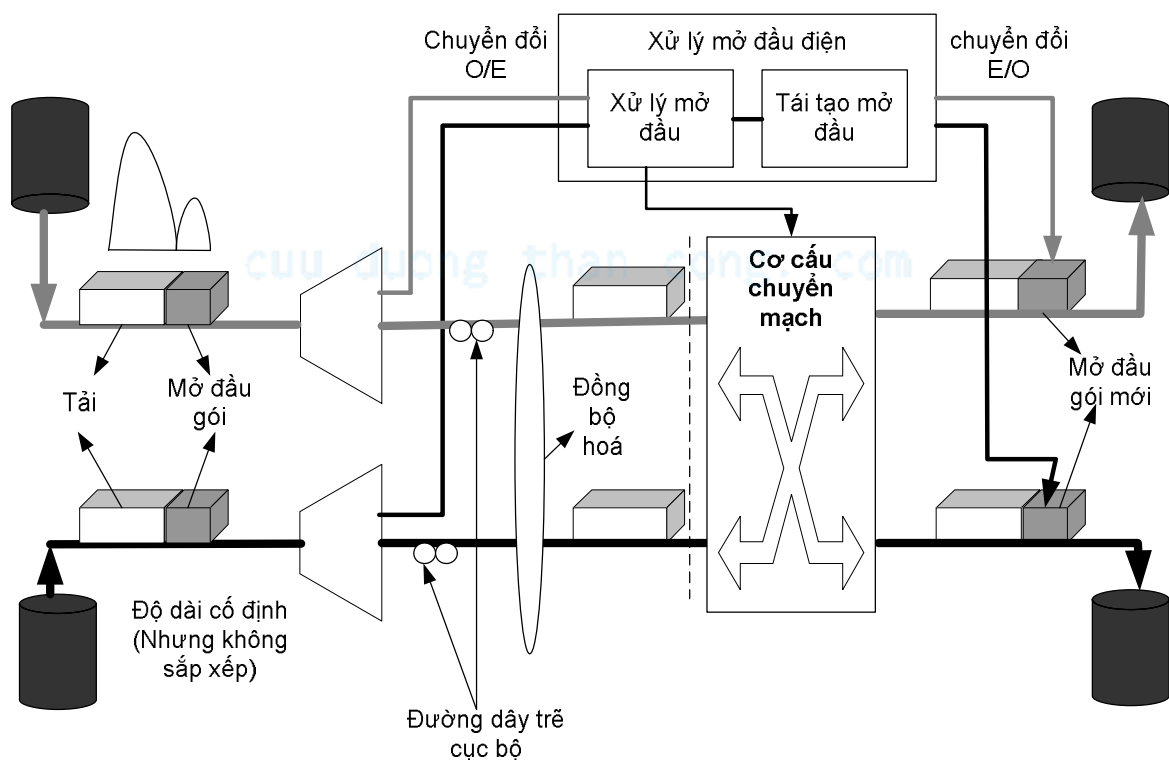
Hình 3.8- Chuyển mạch burst quang

3.2.2.2. Chuyển mạch gói quang quang

Trong chuyển mạch gói quang, mào đầu điều khiển gói cũng có thể được xử lý như nhãn và được gửi cùng với gói dữ liệu dọc theo cùng tuyến. Xét đến thời gian cần thiết để tính toán quyết định chuyển mạch, gói dữ liệu thường được định

tuyến qua đường dây trễ quang lúc đến chuyển mạch trung gian. Giá trị trễ được chọn sao cho khi gói dữ liệu được phát hiện từ đường dây trễ thì cài đặt kết nối chéo quang được thực hiện. Giá trị trễ này là cục bộ và không đổi tại mỗi nút chuyển mạch trung gian và độc lập với các tuyến riêng biệt mà các gói đã chiếm được. Hình 3.9 mô tả hoạt động của hệ thống WDM chuyển mạch gói quang như vậy.

Các gói trong mạng quang có chiều dài cố định hoặc thay đổi. Gói có chiều dài cố định giống như tế bào ATM và một thí dụ của gói có độ dài thay đổi là gói IP. Gói có chiều dài thay đổi tiềm thông tin điều khiển vào mạng nên có hiệu quả hơn. Tuy nhiên, kích cỡ gói chiều dài thay đổi không thể quá lớn hoặc tối thiểu phải nhỏ hơn dung lượng của đường dây trễ quang. Vì vậy, gói kích cỡ lớn cần được phân đoạn để truyền. Chọn chiều dài gói dựa trên ứng dụng và các đặc tính lưu lượng.



Hình 3.9 - Chuyển mạch gói quang

Có hai hệ chuyển tiếp trong chuyển mạch gói quang: datagram và mạch ảo. Trong chuyển tiếp datagram, mở đầu gói truyền trong bảng hoặc ngoài bảng được kiểm tra tại mỗi nút trung gian và không có thời gian lệch vì tải trọng và mở đầu được chuyển tải cùng nhau. Cách này được sử dụng trong IP. Trong chuyển tiếp mạch ảo, các mạch ảo được thiết lập trước khi các gói được gửi đi trên các mạch ảo. Mạch này là 'ảo' với ý nghĩa là không dành sẵn độ rộng băng tần bất kỳ. Mạch ảo có cổng đi vào trong bảng chuyển mạch. Cổng vào phối hợp số thứ tự nhận dạng mạch

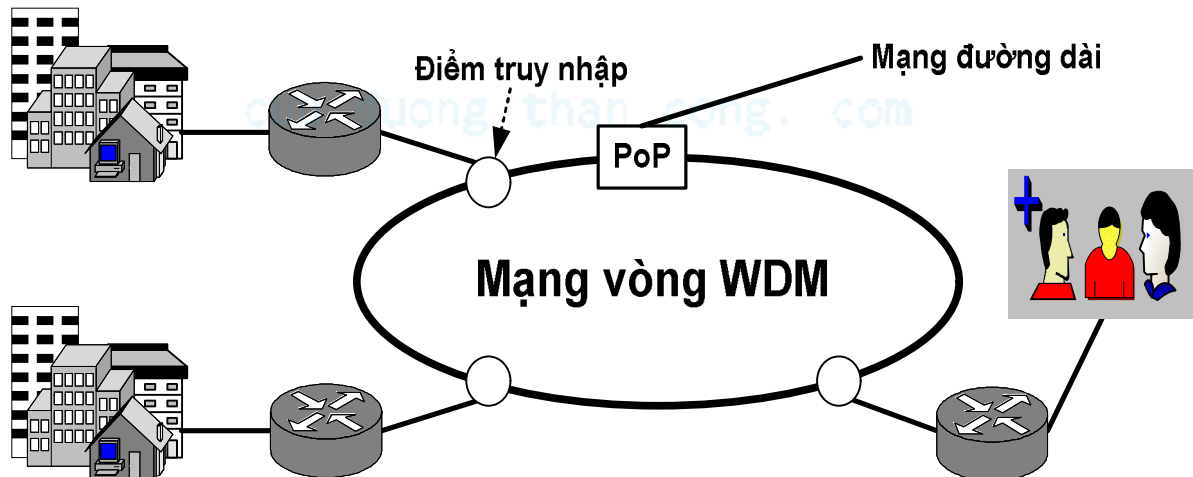
ảo đi vào với một cổng ra. Các mạch ảo đã thiết lập được sử dụng trong khi chuyển tiếp.

3.3- ĐIỀU KHIỂN TRONG MẠNG IP/ WDM

3.3.1- Điều khiển truy nhập trong mạng IP/ WDM

Điều khiển truy nhập WDM chịu trách nhiệm sắp xếp các gói IP vào các kênh bước sóng. Hình 3.10 thể hiện một thí dụ của mạng diện thành phố (MAN). WDM MAN hình thành khi sử dụng tô pô ring có một điểm hiện diện (PoP) đi tới mạng cự ly dài và một số điểm truy nhập bước sóng của các mạng truy nhập. Vấn đề quan trọng trong điều khiển truy nhập WDM tại điểm truy nhập là chức năng sắp xếp (MF) gói vào bước sóng. Thiết kế của MF có thể dựa vào cạnh IP, chẳng hạn kiểm tra mào đầu gói IP đặc biệt trên các thực thể này:

- Địa chỉ đích
- Địa chỉ nguồn
- Kiểu dịch vụ (TOS).

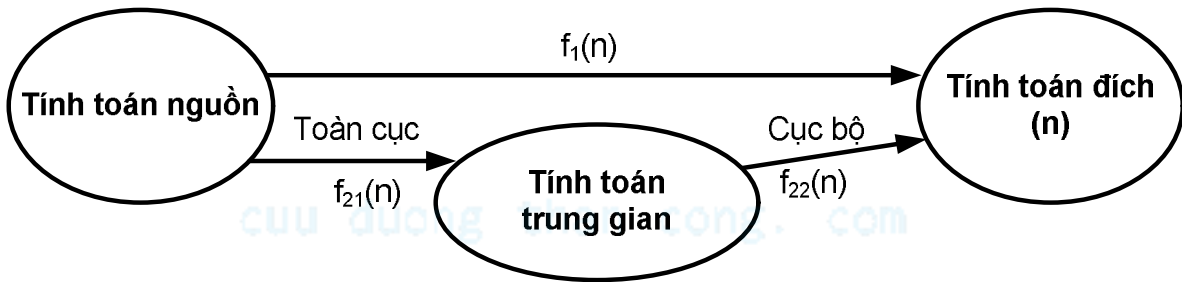


Hình 3.10- Mạng vùng thành phố WDM

Khi thiết kế MF phải chú ý đến các đặc tính WDM. Trong WDM có thể tồn tại nhiều tuyến có tốc độ truyền khác nhau hoặc chất lượng tín hiệu giữa NE nguồn và đích khác nhau. Thí dụ, trong mỗi sợi quang, các kênh tại miền trung tâm của phổ có chất lượng tín hiệu tốt hơn các kênh nằm tại hai rìa phổ. Chất lượng của tín hiệu quang được đo khi căn cứ vào công suất bước sóng, tán sắc và OSNR. Vì vậy, MF được cấu trúc dựa vào các thành phần sau đây:

- Tốc độ kết nối
- Chất lượng của kênh quang
- Tải trên các đường.

Biểu đồ phân tích của MF như trên Hình 3.11, trong đó mật độ nguồn đại diện cho các gói IP và mật độ đích đại diện cho các bước sóng. Giả thiết có n bước sóng trong đích, các gói $f_1(n)$ được sắp xếp vào các bước sóng trong một bước nhảy. Tuy nhiên, khi sắp xếp phức tạp và cần thực hiện tại nhiều điểm dọc theo đường phân phối gói, có thể phải xét đến những thành phần trung gian. Biến đổi bước thứ nhất $f_{21}(n)$, được thiết kế để phản ánh các thành phần chung tham gia vào chức năng biến đổi dọc theo đường, biến đổi bước thứ hai $f_{22}(n)$ là theo yêu cầu riêng của mỗi điểm biến đổi. Vì vậy, phải chọn lặp lại từng bước biến đổi tại mỗi điểm, hoặc chỉ thực hiện biến đổi lần đầu tại đầu đường và gửi kết quả đến tất cả các điểm biến đổi khác trên đường. Thí dụ khi sử dụng phần trung gian là tập trung các gói IP ngắn. Khi sử dụng MF hai bước nhảy, loại chuyển tiếp cân bằng bước sóng (WEFC) được tạo ra sau bước nhảy thứ nhất. WEFC khả dụng khi phân loại cần cho một nơi nào khác, thí dụ, trong quá trình chuyển tiếp.



Hình 3.11- Gói hướng tới chức năng sắp xếp bước sóng

Trong mặt bằng điều khiển, IP trên WDM có thể cung cấp một vài cấu trúc mạng, nhưng cần lựa chọn cấu trúc nhằm mục đích hạn chế thẩm quyền hành chính và sở hữu mạng trên môi trường mạng hiện tại.

Mặt phẳng điều khiển trung tâm IP thống nhất đảm bảo cho hệ thống mạng ngang hàng, ngược lại các mạng điều khiển không phải IP (non-IP) đều có khả năng hình thành các mạng chồng lấn (khi kết nối tới các mạng IP).

Trong mặt bằng điều khiển có ba mô hình liên kết nối cho IP trên WDM cấu hình lại:

- Mô hình điều khiển xếp chồng
- Mô hình điều khiển tăng lên
- Mô hình điều khiển ngang hàng

3.3.1.1. Mô hình điều khiển xếp chồng

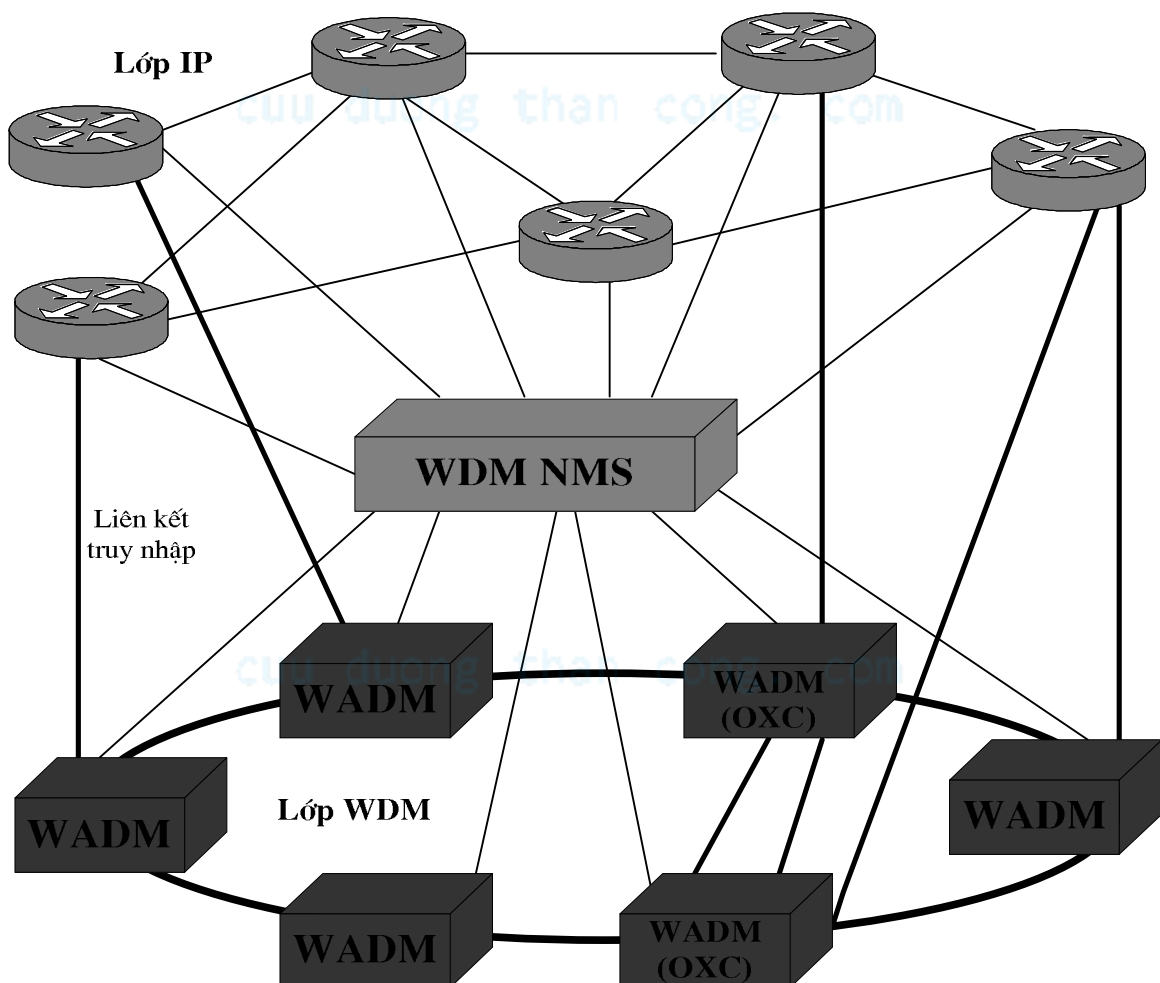
Dưới dạng mô hình mạng xếp chồng, các mạng IP hình thành lớp khách hàng, trong đó các mạng WDM được đối xử như là nhà cung cấp dịch vụ mạng truyền tải vật lý. Mạng WDM có hệ thống điều khiển và quản lý mạng tập trung

hoặc phân tán riêng của mình. Nó có thể có sơ đồ địa chỉ riêng. Để sử dụng các giao thức điều khiển IP cho các mạng WDM, một thành phần mạng WDM phải có địa chỉ IP, nhưng địa chỉ WDM IP chỉ có thể nhìn thấy cục bộ bên trong mạng WDM. Khi định tuyến, phát hiện và phân phối tập ô và các giao thức báo hiệu trong mạng IP là độc lập với định tuyến, phát hiện và phân phối tập ô và báo hiệu trong mạng WDM.

Có hai lựa chọn giao diện giữa khách hàng IP và bộ xử lý dịch vụ WDM được mô tả dưới đây:

• *Hệ thống quản lý mạng (NMS) WDM*

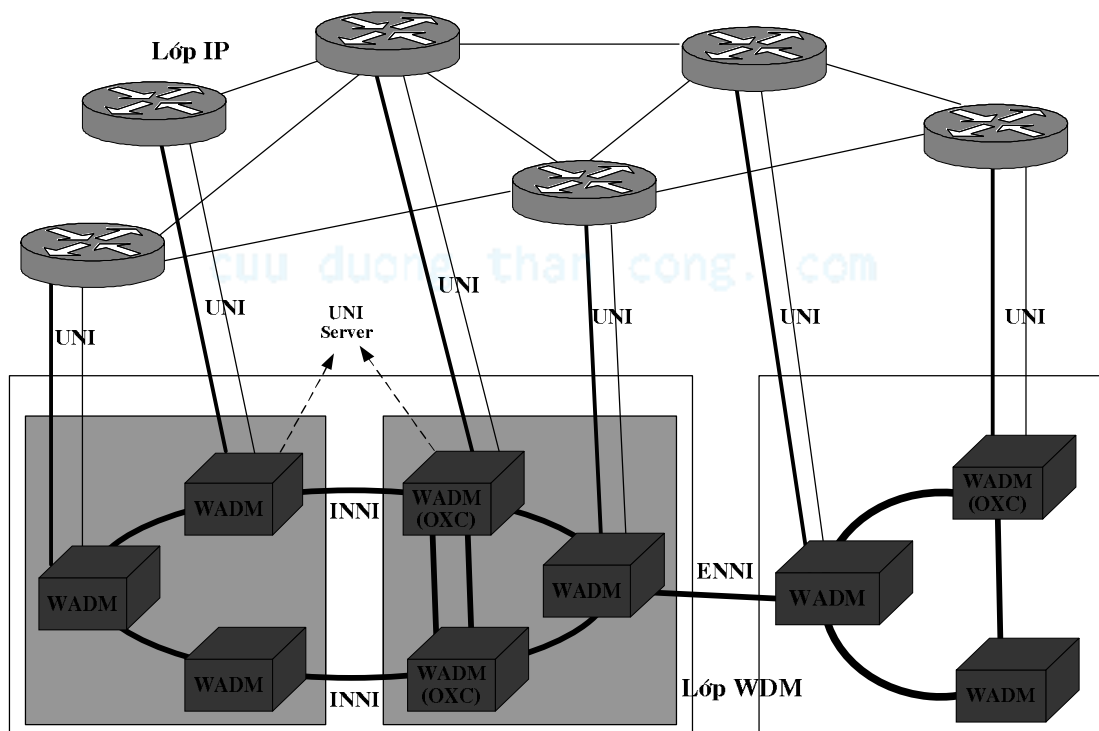
Các khách hàng IP yêu cầu các dịch vụ từ WDM NMS nằm trên các lớp truyền tải và điều khiển WDM. Vì vậy, không có tác động trực tiếp giữa điều khiển IP và điều khiển WDM. Mỗi lần yêu cầu tuyến được ghi nhận, bộ quản lý kết nối MNS chịu trách nhiệm chọn và thiết lập tuyến. Mô hình quản lý mạng xếp chồng được thể hiện trong hình 3.12. Trong mô hình này có một DCN dành cho mạng WDM. DCN cung cấp kênh điều khiển WDM, nhờ vậy mà các bộ định tuyến IP có thể truy nhập qua kênh này.



Hình 3.12 - Mô hình quản lý mạng xếp chồng

- *Giao diện người sử dụng- mạng (UNI)*

Thay vì dựa vào NMS để cung cấp giao diện, IP có thể trao đổi trực tiếp với điều khiển WDM thông qua UNI quang. Tuyến quang từ đầu cuối đến đầu cuối có thể được thiết lập linh hoạt nhờ nút biên có khả năng báo hiệu và dành sẵn băng thông. Mô hình xếp chồng cho rằng thông tin chia sẻ giữa các mạng khách hàng và bộ xử lý dịch vụ rất hạn chế. UNI chỉ hỗ trợ các yêu cầu đơn giản để thiết lập và huỷ bỏ các tuyến quang. Mô hình xếp chồng UNI được biểu thị trong hình 3.13, trong đó các bộ xử lý dịch vụ UNI được đặt tại các biên mạng WDM. Trong hình này có ba tập hợp giao diện là UNI, INNI (giao diện mạng - mạng nội bộ) và ENNI (giao diện mạng - mạng bên ngoài). UNI đại diện cho biên giữa mạng IP và mạng WDM. Các luồng điều khiển đi qua UNI phụ thuộc vào các dịch vụ đã quy định và theo cách truy nhập các dịch vụ. INNI và ENNI là các giao diện kết nối mạng WDM.



Hình 3.13 - Mô hình xếp chồng UNI

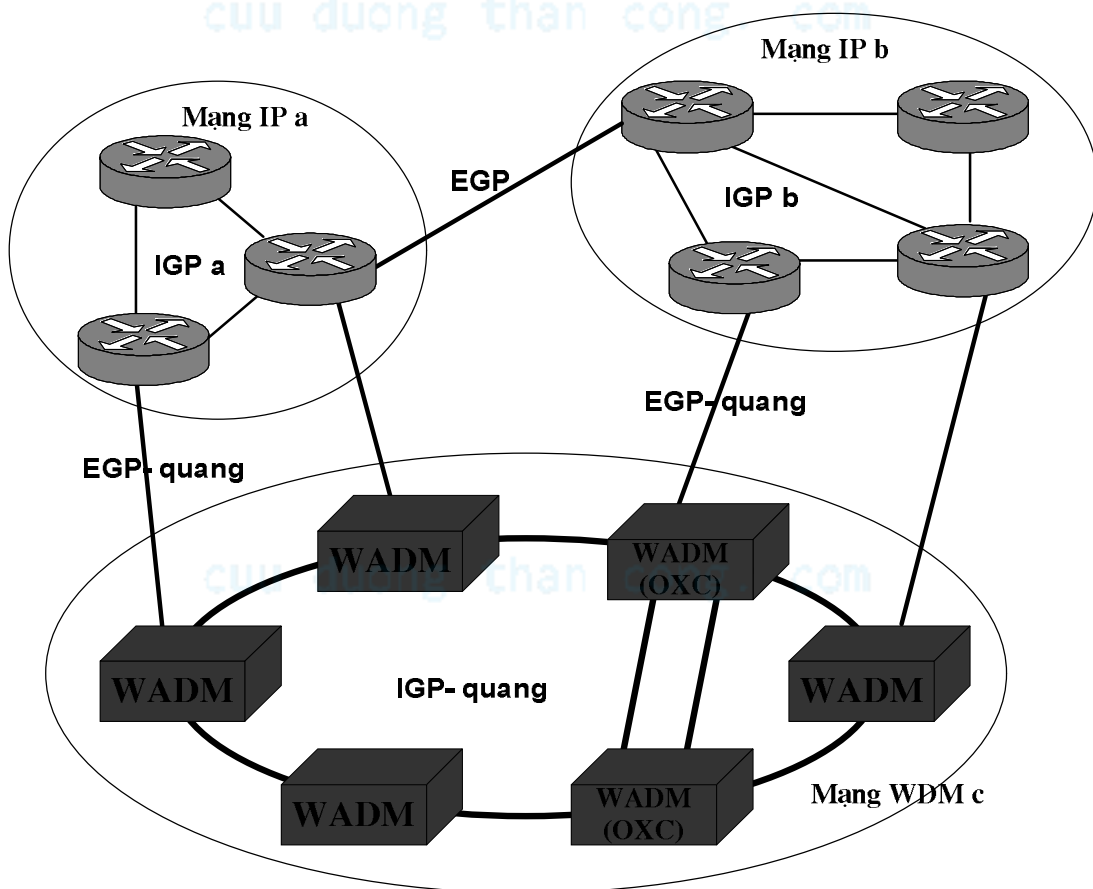
INNI đại diện cho giao diện mạng con trong một miền quản lý, trong khi đó ENNI đại diện cho giao diện quản lý liên miền. Vì vậy, INNI và ENNI hình thành phân cấp NC&M cho các mạng WDM. Liên quan tới định tuyến và chia sẻ thông tin tập ô, các giao diện này có thể khác nhau như: INNI, ENNI, UNI. Dựa vào các mô hình và phạm vi dịch vụ, UNI có thể được phân loại là công cộng hoặc riêng. Chỉ tiêu kỹ thuật của UNI công cộng hiện đang được tiêu chuẩn hoá. Mô hình này yêu cầu một kênh điều khiển để chuyển tải các thông báo giữa bộ định tuyến IP và bộ xử lý dịch vụ WDM UNI.

3.3.1.2. Mô hình điều khiển tăng lên

Dưới dạng mô hình mạng tăng lên, thông tin đã tiếp cận được chia sẻ giữa các mạng IP và WDM. Các phần tử mạng WDM được định địa chỉ IP và địa chỉ WDM IP thống nhất toàn cầu. Cả mạng IP và WDM có thể sử dụng IGP như nhau, chẳng hạn như giao thức đường đầu tiên ngắn nhất mở (OSPF), nhưng có các mẫu định tuyến riêng biệt trong miền IP và WDM. Vì vậy, mô hình tăng lên là một mô hình liên miền IP. Tương tác giữa IP và WDM có thể bám theo một EGP, chẳng hạn giao thức công đường biên (BGP). OSPF của các mạng WDM và BGP quang yêu cầu mở rộng quang tới các đối tác của chúng trong định tuyến IP thông thường.

Báo hiệu giữa các mạng IP và WDM cũng bám theo một mô hình liên miền. Dựa vào chính sách được quy định tại biên WDM, giao thức báo hiệu như nhau được thực hiện nhờ IP và WDM, do vậy mẫu báo hiệu có thể đi qua các mạng IP và WDM.

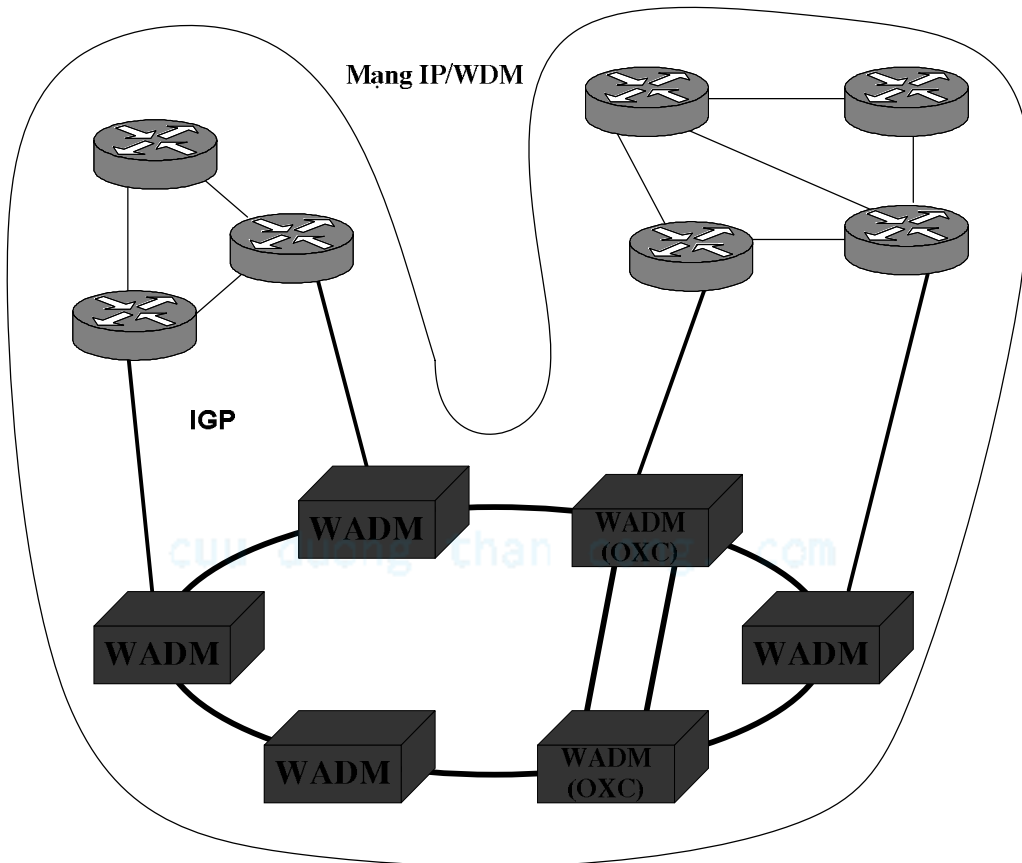
Hình 3.14 là mô hình điều khiển IP/WDM tăng lên. Trong hình này có ba mạng: mạng IP (a) và (b) và mạng WDM (c). Hai mạng IP được điều khiển bởi các mẫu chạy IGP riêng biệt và phiên bản quang của IGP điều khiển mạng WDM. Hai mạng IP được kết nối trực tiếp khi sử dụng EGP. Mạng IP và mạng WDM kết nối với nhau khi sử dụng EGP quang.



Hình 3.14 - Mô hình điều khiển tăng lên

3.3.1.3. Mô hình điều khiển ngang hàng

Trong mô hình mạng ngang hàng, thông tin tiếp cận được sẽ chia sẻ cho các mạng IP và WDM và mẫu giao thức định tuyến đơn chạy trên cả mạng IP và WDM. Trong mặt bằng điều khiển, các chuyển mạch WDM được xử lý như các bộ định tuyến IP có mối liên hệ đồng đẳng - đồng đẳng (ngang hàng). Vì thế các mạng IP và WDM được liên kết như một mạng đơn, được điều khiển, quản lý và thiết kế lưu lượng theo cách thức như nhau. Mô hình ngang hàng được thể hiện trong hình 3.15.



Hình 3.15- Mô hình điều khiển ngang hàng

Ba mô hình liên kết mạng được giới thiệu trên đây khác nhau về mức độ liên kết IP/WDM. Một mặt, mô hình xếp chồng khi sử dụng NMS cung cấp một giao diện gián tiếp giữa các mạng IP và WDM; mặt khác, mô hình ngang hàng hứa hẹn kết nối không có đường nối giữa các bộ định tuyến IP và WDM trong mặt bằng điều khiển. Mô hình xếp chồng có khả năng được chấp nhận triển khai tương đối nhanh các mạng IP/WDM tĩnh. Bởi vì cấu trúc quản lý và điều khiển hầu như rất đơn giản nên các mô hình ngang hàng và tích hợp có khả năng được chấp nhận trong thời hạn dài đối với các mạng IP/WDM động cao. Việc lựa chọn mô hình kiến trúc liên mạng cũng dựa vào môi trường mạng hiện tại, quyền sở hữu và thẩm quyền quản lý mạng.

Có khả năng là ba mô hình này cùng tồn tại trong tương lai. Có thể thấy rằng phương pháp ngang hàng là hiệu quả nhất. Nhưng tối ưu liên quan đến tính không đồng nhất của mạng vật lý. Vì vậy, với hiệu năng cao, mạng quang chiếm vị trí quan trọng trên thị trường thế giới là mạng chuyển mạch tốc độ cao. Mạng như vậy được phát triển từng cụm, vì vậy chiến lược hình thành mạng xếp chồng hướng tới các mạng IP bất kỳ khác là hoàn toàn tự nhiên.

3.3.2- Định tuyến trong mạng IP/ WDM

Định tuyến là một kỹ thuật, nhờ nó mà lưu lượng từ nút nguồn đi qua mạng có thể tới đích. Ở đây mô tả một số vấn đề liên quan đến định tuyến trong phạm vi của các mạng IP/WDM và giới thiệu mở rộng quang tới giao thức OSPF đã phát triển rộng rãi đối với các mạng WDM. Trước tiên mô tả các giao thức và các cơ chế định tuyến và sau đó thảo luận các hành vi định tuyến.

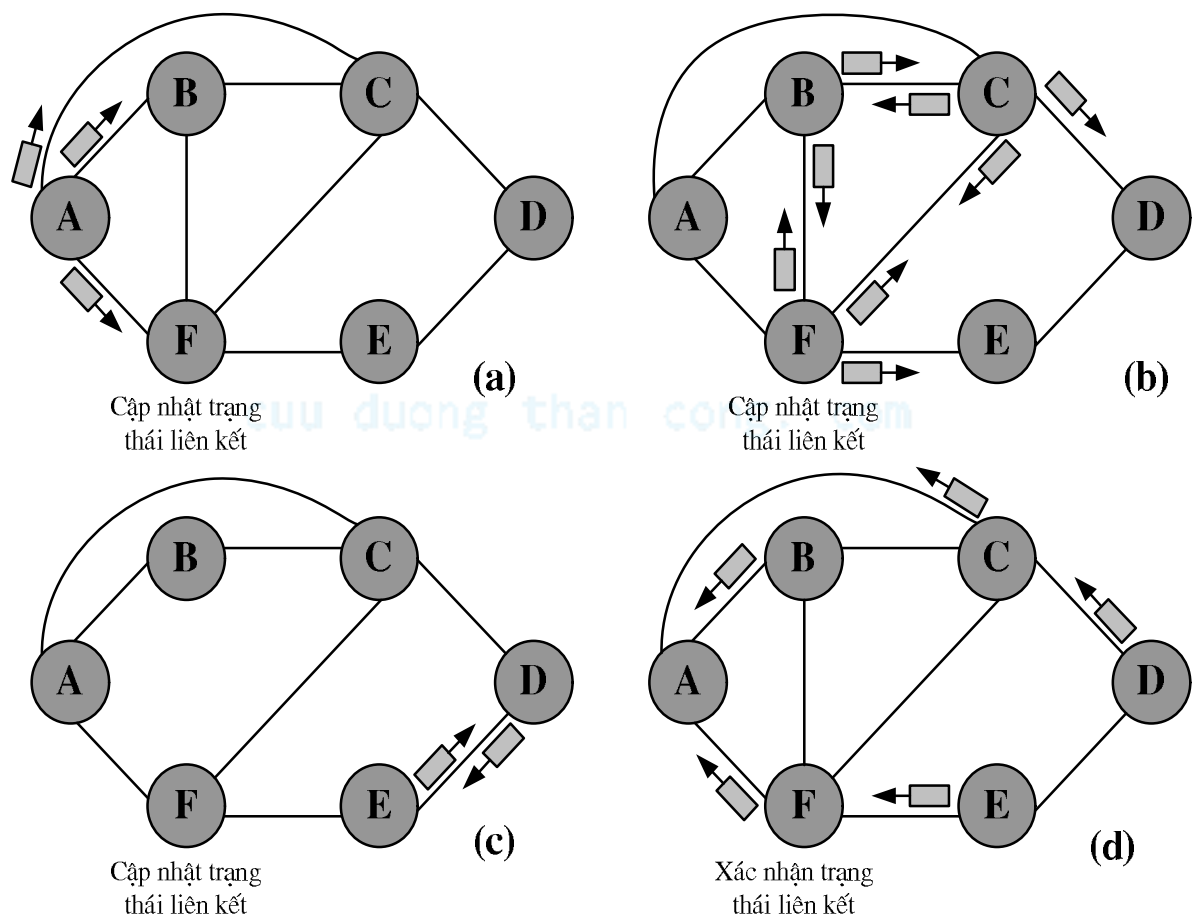
3.3.2.1. Cấu trúc và bảo trì cơ sở thông tin định tuyến

Chất lượng của quyết định định tuyến liên quan chặt chẽ với tính khả dụng, sự chính xác và chi tiết của thông tin định tuyến. Thông tin định tuyến có hiệu lực tại địa điểm trung tâm, một số vị trí và mỗi nút. Tuy nhiên, thông tin định tuyến trong một mạng cần được chọn lọc và bảo trì một cách cẩn thận. Mạng IP thông thường sử dụng một cơ sở thông tin định tuyến phân tán hoàn toàn. Để cho đơn giản, giao thức thông tin định tuyến (RIP) chỉ giữ lại vectơ khoảng cách sử dụng tính toán chặng chỉ với tư cách như hệ mét. OSPF duy trì cơ sở dữ liệu liên kết như là giao thức trạng thái liên kết mở rộng hơn và tiếp cận hội tụ nhanh. Để đồng bộ các bản sao của cơ sở dữ liệu liên kết, cơ chế làm tràn tin cậy được phát triển trong OSPF khi sử dụng các thông báo: Nâng cấp trạng thái liên kết và xác nhận trạng thái liên kết.

Hình 3.16 minh họa làm tràn tin cậy OSPF trong mạng có sáu nút. Trong hình 3.16(a), nút A theo dõi sự thay đổi trạng thái liên kết và khởi động để làm tràn thay đổi trạng thái liên kết khi sử dụng các gói nâng cấp trạng thái. Nút A gửi nâng cấp trạng thái liên kết (LSU) tới tất cả các nút lân cận: B, C và F. Trong hình 3.16(b), nút B, C và F khởi động để chuyển tiếp thông báo làm tràn tới tất cả các nút lân cận trừ một nút lân cận có LSU đi tới, đó là nút A. Hình 3.16(c) chỉ rõ vòng tiếp theo khi nút D và E làm tràn LSU. Nút thu gửi xác nhận trạng thái liên kết tới nút phát để xác nhận LSU đã đến an toàn. Nếu nút thu tiếp nhận từ nút phát LSU giống nhau mà nút phát đã gửi đến thì nút thu ngầm định rằng nút phát đã nhận được LSU. Vì vậy nút thu dứt khoát không gửi một xác nhận trạng thái liên kết (hình 3.16(d)).

Trong WDM NMS của mô hình xếp chồng, bộ quản lý cấu hình và kết nối duy trì cơ sở thông tin định tuyến. Cơ sở dữ liệu lúc đầu định cư thông qua các giao diện quản lý đã quy định và sau đó được nâng cấp nhờ NE khi sử dụng khai báo.

Muốn tăng tính khả dụng thông tin định tuyến WDM, các mạng WDM có thể cung cấp một cơ sở dữ liệu (chẳng hạn cơ sở thông tin quản lý - MIB) được phân phối tới mỗi chuyển mạch. Một thí dụ của việc thực hiện là mở rộng IP OSPF để làm tràn *quảng cáo trạng thái liên kết* (LSA) loại không trong suốt. Cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết quang phân tán có thể tách rời cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết IP tiêu chuẩn, nhưng có thể được duy trì và đồng bộ khi sử dụng cùng cơ chế làm tràn (hình 3.16). Giải pháp hiệu quả hơn để thiết kế cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết của các mạng IP/WDM thay cho các cơ sở thông tin định tuyến riêng biệt là điều mong muốn trong mô hình đồng đẳng.



Hình 3.16- Làm tràn tin cậy OSPF

Trong định tuyến liên miền IP, các tuyến BGP duy trì một bảng định tuyến để bổ sung vào bảng định tuyến IGP. Đối với định tuyến liên miền quang, MIB tuyến quang là cần thiết tại biên WDM để bổ sung vào MIB bước sóng. BGP có mở rộng được sử dụng cho kênh điều khiển để trao đổi thông tin khả dụng và tiếp cận WDM. Nếu các nhà cung cấp khác nhau hỗ trợ các NE trong mạng con hoặc các miền quang thì phối hợp hoạt động mạng yêu cầu được chú ý đặc biệt.

3.3.2.2. Tính toán tuyến và các hạn chế chuyển mạch WDM

Mỗi lần cấu trúc cơ sở dữ liệu, tính toán tuyến có thể được tiến hành thông qua thuật toán định tuyến. Mặc dù phương pháp thuật toán đường tối ưu tốt hơn, nhưng tập hợp giao thức IP vẫn sử dụng thuật toán đường đầu tiên ngắn nhất (SFP). Sau khi chọn hệ mét, thí dụ khoảng cách ít đắt tiền nhất hoặc khoảng cách ngắn nhất, tiến hành tính toán hình cây SPF nguồn phù hợp với một trong các thuật toán đường ngắn nhất nguồn đơn lẻ.

a) Các thuật toán SPF

Hầu hết thuật toán SPF nguồn đơn lẻ là thuật toán của Dijkstra. Cho trước một đồ thị $G(V, E)$, trong đó V là tập hợp của các mặt phẳng đứng và E là tập hợp của các cạnh, cho trước đỉnh nguồn $s, s \in V$, có thể nhận được hình cây tuyến ngắn nhất tới mỗi đỉnh trong G . Thuật toán duy trì tập hợp S của các mặt phẳng đứng mà đường ngắn nhất cuối cùng của chúng được đánh giá từ s đã được xác định, có các định nghĩa:

$d(s_j)$ = khoảng cách ngắn nhất từ s tới s_j

$w(s_i, s_j)$ = trọng số của $(s_i, s_j), s_i \in V, s_j \in V$.

Thuật toán giả thiết $w(s_i, s_j) > 0$ đối với mỗi cạnh $(i, j) \in E$:

- Thuật toán Dijkstra bắt đầu với $S_0 = \{s\}, s \in V$.
- Cho trước $S_k = \{s, s_1, \dots, s_k\}$ tại bậc thứ k , thuật toán Dijkstra tiến hành các tính toán sau đây:

- Đối với mỗi $s_j \in S_k$ tìm được $b_j \notin S_k, \min(w(s_j, b_j))$;
- Tìm $s_q \in S_k$ sao cho $\min(d(s_q) + w(s_q, b_q))$;
- Đặt $s_{k+1} = b_q, S_{k+1} = S_k \cup \{s_{k+1}\}, d(s_{k+1}) = d(s_q) + w(s_q, s_{k+1})$.

Thuật toán SPF của Dijkstra trình bày kết quả liên quan đến chi phí tối thiểu của mỗi đích từ đỉnh s cho trước. Thuật toán Bellman-Ford giải quyết vấn đề đường ngắn nhất nguồn đơn lẻ trong trường hợp chung nhất, trong đó các trọng số cạnh có thể âm. Thuật toán phát hiện ‘chu trình trọng số âm’ từ đỉnh nguồn s và thông báo giá trị Boolean để chỉ rõ không tồn tại nghiệm. Nếu không có chu trình như vậy trong G thì thuật toán tạo ra hình cây đường ngắn nhất có các trọng số. Thuật toán Bellman-Ford sử dụng ký hiệu D_j^n = chi phí của đường tối thiểu từ đỉnh i tới đỉnh nguồn s khi sử dụng các cạnh n . Do đó, chúng ta có $D_s^n = 0, \forall n, D_j^s = \infty, j \neq 0$. Nếu không có cạnh giữa đỉnh i và j thì $w(i, j) = \infty$. Thuật toán Bellman-Ford tiến hành các hoạt động này đối với mỗi n :

- $D_i^{n+1} = \min_j (w(i,j) + D_j^n), \forall i \neq 0.$

- Kết thúc sau nhiều nhất m lần lặp lại, trong đó m = số lượng nút. Không có các chu trình trọng số âm có nghĩa là $D_i^m = D_i^{m-1}$.

Nhận thấy rằng thuật toán của Dijkstra tính toán đường ngắn nhất liên quan đến các trọng số đường của kết nối đơn tại một thời điểm. Điều này có thể rất khác với các đường được lựa chọn khi yêu cầu một nhóm các kết nối giữa một tập hợp các điểm cuối với mục tiêu tối ưu cho trước. Do tính chất phức tạp của một số các thuật toán định tuyến (chẳng hạn kích cỡ lớn và các vấn đề lập trình tổng thể không tuyến tính) và tiêu chuẩn khác nhau của mạng tối ưu, nó không có khả năng hoặc không hiệu quả để chạy một tập hợp đầy đủ các thuật toán định tuyến đa năng này theo kiểu phân phối trên mỗi nút mạng. Tuy nhiên, nó vẫn có thể mong muốn có được một dạng cơ bản của khả năng tính toán tuyến khi chạy trên các nút mạng, đặc biệt trong hoàn cảnh hồi phục, trong đó có yêu cầu hồi phục nhanh.

b) Định tuyến động và phân phối bước sóng

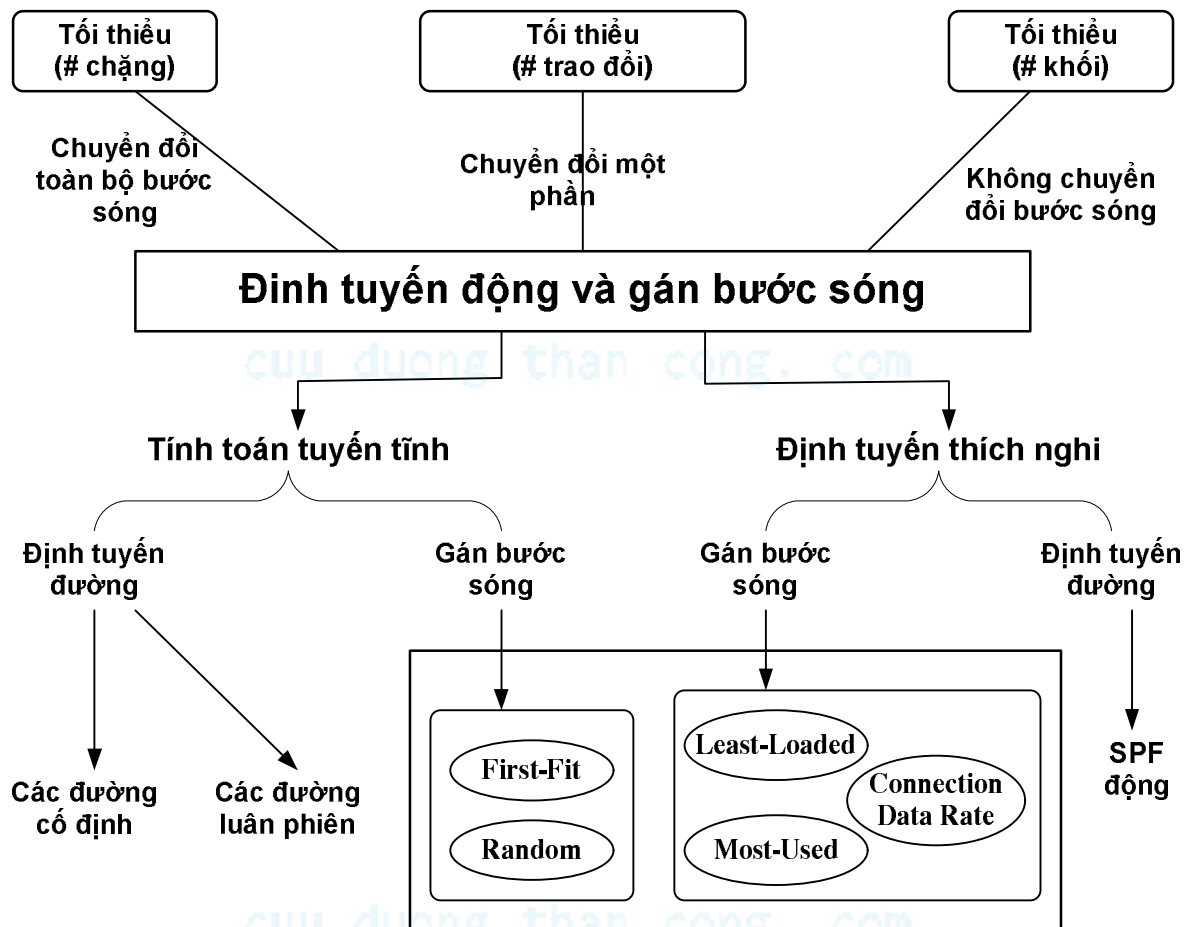
Trong các mạng WDM, thí dụ, có thể đặt một tập hợp đầy đủ các thuật toán định tuyến trong các nút có khả năng kết cuối tuyến quang (các tuyến quang được định tuyến chế độ hiện) và trang bị các thuật toán định tuyến cơ bản cho các nút còn lại. Phương pháp như vậy là trực tiếp sử dụng MPLS cho kỹ thuật lưu lượng, nhưng rất khó khăn đối với OSPF tiêu chuẩn hoặc IS-IS sử dụng trong các mạng IP có tất cả các nút chạy cùng thuật toán định tuyến như nhau. So sánh với định tuyến và phân phối bước sóng tĩnh thì định tuyến và phân phối bước sóng động có quan hệ với các tuyến quang động và tuổi thọ ngắn và phải có khả năng tính toán đường truyền đối với yêu cầu tuyến quang theo thời gian thực. Do tính phức tạp bao hàm trong vấn đề định tuyến và phân phối bước sóng, định tuyến và phân phối bước sóng động có thể sử dụng các thuật toán dựa vào tìm kiếm để xác định tuyến quang.

Hình 3.17 chỉ rõ khả năng thay thế để hình thành thuật toán định tuyến và phân phối bước sóng động. Dựa vào khả năng trao đổi bước sóng trong mạng vật lý, thuật toán có thể được thiết lập để thực hiện một số mục tiêu. Các chức năng mục tiêu bao gồm tối thiểu hoá số lượng chặng trong mạng WDM trao đổi bước sóng đầy đủ, tối thiểu hoá số lượng chuyển đổi bước sóng trong mạng WDM có số lượng hạn chế các bộ chuyển đổi bước sóng hoặc tối thiểu hoá xác suất phong toả yêu cầu tuyến quang trong mạng WDM có các hạn chế tính liên tục của bước sóng.

Để tiết kiệm thời gian, phần tính toán đường cho mỗi cặp nút có thể tiến hành trước và hình cây định tuyến nguồn định hướng được lưu trữ tại nút nguồn. Đường sơ cấp được lưu trữ có thể không được kết nối trong môi trường động vì một số lý do như bước sóng không khả dụng hoặc hỏng đường. Để khắc phục những vấn

đề này, các đường thay thế cũng được tính toán và lưu trữ cùng với đường sơ cấp. Mỗi lần nhận được yêu cầu của tuyến quang, thuật toán cố gắng phân phối các bước sóng dọc theo đường sơ cấp. Nếu đường này hỏng thì thuật toán dò tìm các đường thay thế và cố gắng tìm và có thể thiết lập một đường thay thế dựa vào tính khả dụng mạng. Khi có mặt của phát hiện tập ô phân tán và giao thức định tuyến (thí dụ OSPF cho các mạng IP), thông tin trạng thái liên kết được tập hợp và các cập nhật trạng thái liên kết được phổ biến trong thời gian hội tụ. Đúng như vậy, định tuyến thích ứng được thực hiện khi sử dụng thông tin trạng thái liên kết và tập ô động. Khi xác định được đường liên kết thông qua các đường tĩnh đã lưu trữ hoặc định tuyến thích nghi, bước tiếp theo là phân phối các kênh bước sóng tới đường liên kết.

Trong hình 3.17 thể hiện năm phương pháp gán bước sóng.



Hình 3.17- Định tuyến và gán bước sóng động

Lựa chọn bước sóng dựa vào các phương pháp này khác về phương diện đường hiện tại và xác suất phong tỏa tuyến quang tương lai. Hai phương pháp đơn giản là lựa chọn bước sóng ngẫu nhiên và lựa chọn bước sóng đầu tiên thích hợp. Phương pháp ngẫu nhiên lựa chọn một cách ngẫu nhiên một bước sóng từ tập hợp các bước sóng khả dụng. Phương pháp đầu tiên thích hợp chọn chỉ số bước sóng nhỏ nhất từ tập hợp bước sóng khả dụng, trong đó các chỉ số bước sóng (giá trị

nguyên) được thiết lập phù hợp với một số tiêu chuẩn. Thí dụ, các bước sóng được gán cấp bậc theo bậc đi lên phù hợp với bước sóng của chúng và các cấp bậc được phân định theo chỉ số bước sóng. Các phương pháp phân phối bước sóng động, chẳng hạn như tải tối thiểu, sử dụng nhiều nhất và tốc độ kết nối dữ liệu yêu cầu sự hiểu biết của môi trường mạng động, vì vậy chúng được áp dụng để định tuyến thích nghi. Phương pháp tải tối thiểu lựa chọn đường tải tối thiểu trên các đường thay thế giữa cặp nút đã cho. Phương pháp sử dụng nhiều nhất phân phối bước sóng khả dụng nhất tới tuyến quang. Phương pháp tốc độ kết nối dữ liệu ấn định bước sóng thích hợp tốt nhất cho yêu cầu tuyến quang phù hợp với tốc độ dữ liệu kết nối.

3.3.2.3. Bảo vệ tuyến quang

Vấn đề khác đặc trưng cho định tuyến tuyến quang là bảo vệ tuyến quang. Do bản chất của mạng WDM là cấu hình lại nên đôi khi yêu cầu tiếp nhận tuyến quang dự phòng khi tuyến quang sơ cấp hỏng hoặc có sự cố. Theo cách này, lưu lượng giữa hai điểm có thể được giữ lại bất chấp có hỏng hóc. Khi bảo vệ riêng biệt được sử dụng, cần phải tính toán một đường dự phòng không đi ngang qua liên kết bất kỳ là một bộ phận của cùng SRLG (nhóm liên kết chia sẻ rủi ro) với tư cách là các liên kết trong đường sơ cấp. Vì vậy, vấn đề cần thiết là khi tính toán đường thay thế, các SRLG trong đường sơ cấp phải biết còn có tính khả dụng của tài nguyên trong các liên kết thuộc về các SRLG khác.

Các thuật toán định tuyến đường dự phòng cũng là các thuật toán đường ngưng liên kết. Có hai nhóm các thuật toán định tuyến đường ngưng liên kết: cặp ngắn nhất của các đường ngưng liên kết và các đường ngưng liên kết cực đại. Các thuật toán cặp ngắn nhất đường ngưng liên kết có khả năng tính toán các đường ngưng liên kết nút hoặc ngưng liên kết liên kết. Trong thuật toán cặp nút ngưng liên kết, đối với một cặp nút cho trước, trước hết thuật toán tìm đường ngắn nhất của đồ thị mạng cho trước, sau đó xoá các liên kết liên quan đến các nút đường ngắn nhất (trừ các điểm nút) khỏi đồ thị cho trước và cuối cùng tìm đường ngắn nhất (chẳng hạn đường ngưng liên kết nút) trên đồ thị còn lại. Trong thuật toán cặp đường ngưng liên kết, đối với một cặp nút cho trước, trước hết thuật toán tìm đường ngắn nhất của đồ thị đã cho, sau đó di chuyển các liên kết đường ngắn nhất từ đồ thị đã cho và cuối cùng tìm đường ngắn nhất (nghĩa là đường ngưng liên kết liên kết) trên đồ thị còn lại. Các thuật toán đường ngưng liên kết cực đại hướng vào tìm kiếm cặp ngắn nhất của các đường ngưng liên kết cực đại, chẳng hạn cặp đường có số lượng cực tiểu các nút và các liên kết chung.

3.3.2.4. Các ràng buộc chuyển mạch WDM

Việc tính toán đường sơ cấp của tuyến quang trong mạng WDM về bản chất là vấn đề định tuyến dựa vào ràng buộc. Ràng buộc điển hình là độ khả dụng của bước sóng yêu cầu đối với tuyến quang song song với ràng buộc quản lý và chính

sách. Mặc dù có các thuật toán định tuyến và phân phối bước sóng động khác nhau, hầu hết thuật toán định tuyến đã phát triển vẫn là SPF ràng buộc (CSPF). Các ràng buộc có khả năng trong các mạng quang WDM đối với định tuyến và phân phối bước sóng động bao gồm:

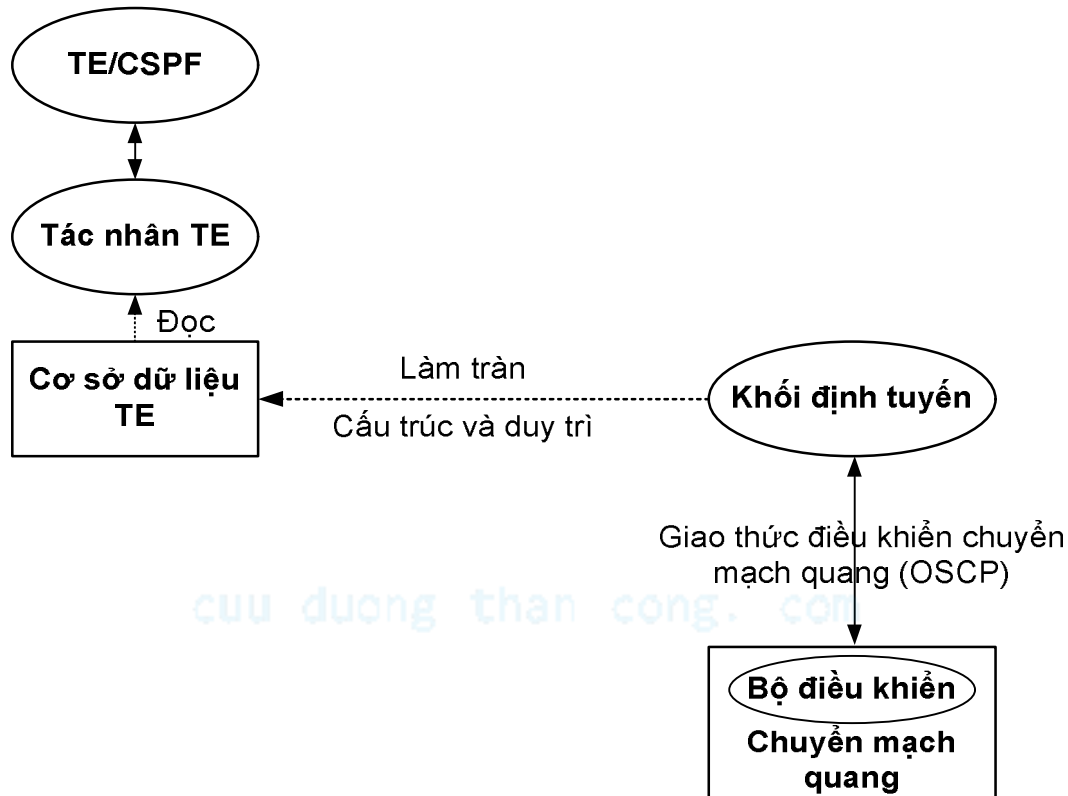
- Độ khả dụng bước sóng
- Khả năng trao đổi bước sóng
- Độ rộng băng tần sợi
- Số lượng bước sóng trên giao diện truyền tải
- Kiểu cơ cấu chuyển mạch: không trong suốt hoặc trong suốt
- Yêu cầu khuôn dạng tín hiệu khách hàng hoặc tốc độ đường dây
- Dung lượng ghép của cổng
- Chất lượng của ràng buộc tín hiệu, chẳng hạn như tỷ số tín hiệu quang trên nhiễu (OSNR), tán sắc bước sóng, bước sóng ưu tiên có xuyên âm bé hơn, độ ổn định tuyến, thí dụ tránh sợi chuyển mạch nhanh.

Bởi vì các IGP (các giao thức công mạng nội bộ) hiện tại, chẳng hạn như IS - IS (hệ thống trung gian- hệ thống trung gian) và OSPF (mở đường đầu tiên ngắn nhất) là tập điều khiển nên lựa chọn tuyến phải dựa vào tính toán đường ngắn nhất khi sử dụng các hệ mét liên kết bổ sung đơn giản. Có nghĩa là các giao thức định tuyến không được xem như các đặc tính của lưu lượng đã cung cấp và ràng buộc khả năng mạng. Lợi thế gần đây nhất trong MPLS mở ra khả năng mới để vượt qua một số ràng buộc này bằng cách cho phép người sử dụng thiết lập tại các thiết bị biên các LSP (các đường chuyển mạch nhãn) của tuyến rõ ràng. Tuy nhiên, để thực hiện điều này, các IGP phải được sửa đổi sao cho chúng có thể phân phối thông tin bên ngoài để tính toán tuyến bổ sung vào thông tin tập. Trong các mạng WDM quang có nhiều ràng buộc khả năng hơn, thí dụ, trao đổi bước sóng trong suốt ràng buộc và trao đổi nhãn ràng buộc, một số mở rộng WDM tới các IGP được tiến hành sao cho chuyển mạch biên có thể thiết lập các tuyến quang phù hợp.

3.3.2.5.Mở rộng OSPF

Giao thức OSPF có thể được sử dụng để cấu trúc và bảo trì cơ sở thông tin định tuyến toàn cầu khả dụng cao. Thông tin tập được sử dụng nhờ mô đun OSPF để tính toán tuyến quang dựa trên ràng buộc. Hầu hết mở rộng quang tới OSPF là các biến thể (hoặc các định nghĩa) của khuôn dạng thông báo dưới dạng các LSA không trong suốt. Mô đun định tuyến, thí dụ, OSPF, có thể tương tác với mô đun kỹ thuật lưu lượng (TE) bên ngoài thông qua cơ sở dữ liệu TE và chuyển mạch quang thông qua giao thức điều khiển chuyển mạch quang (OSCP) được thể hiện trong hình 3.18. Mô đun định tuyến tập hợp định kỳ giá trị của các tham số khác nhau

thông qua các thông báo OSCP và làm tràn thông tin tới chuyển mạch/bộ định tuyến khác sao cho mỗi chuyển mạch có thể duy trì tầm nhìn riêng của cơ sở dữ liệu TE. Một mô đun TE bên ngoài có thể thu thập thông tin cơ sở dữ liệu TE đã được xây dựng nhờ giao thức định tuyến theo tác nhân TE thường trú. SNMP được sử dụng để truy nhập cơ sở dữ liệu TE nếu cơ sở dữ liệu được cấu trúc phù hợp với khuôn dạng MIB tiêu chuẩn.



Hình 3.18- Các tương tác của quá trình điều khiển mạng

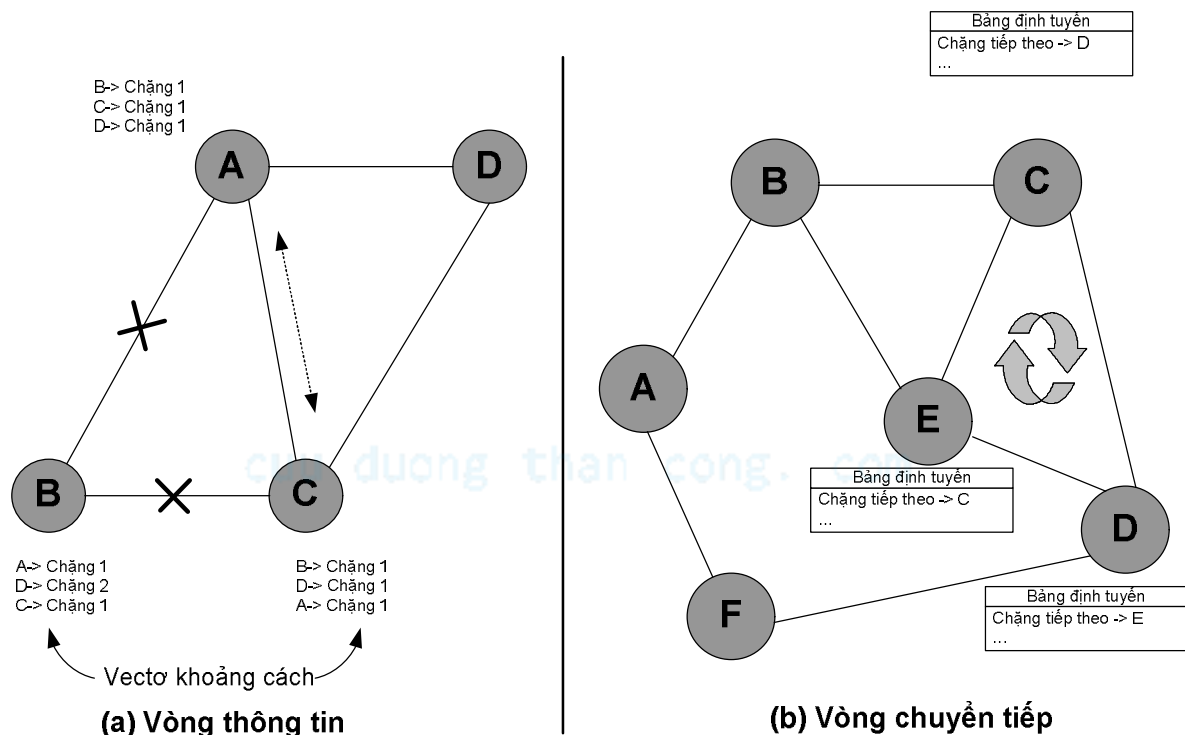
3.3.2.6. Ứng xử định tuyến

Một giao thức định tuyến thực hiện các cơ chế để phổ biến thông tin định tuyến trong một mạng và dựa vào thông tin định tuyến này mà thuật toán tính toán tuyến xác định lưu lượng được định tuyến qua mạng như thế nào. Giao thức định tuyến xử lý thế nào và thuật toán định tuyến thực hiện thế nào trong mạng là lĩnh vực khác rất quan trọng và đáng quan tâm và cũng liên quan đến việc ứng xử định tuyến. Việc nghiên cứu hoạt động chi tiết của định tuyến Internet nằm ngoài phạm vi cuốn tài liệu này. Ở đây chỉ thảo luận một số vấn đề ứng xử định tuyến chung.

3.3.2.7. Các vòng định tuyến

Vấn đề đã biết rất rõ của định tuyến phân tán là các vòng định tuyến tồn tại do bản chất của việc giải quyết song song được tiến hành trong môi trường phân tán. Vòng định tuyến có thể là vòng thông tin hoặc vòng chuyển tiếp phù hợp với mục đích của nó. Hình 3.19 là thí dụ của các vòng thông tin và chuyển tiếp. Vòng thông tin hình thành khi cập nhật thông tin nhận được từ thông tin đã được cung cấp

ban đầu. Trong Hình 3.19(a), mỗi nút duy trì một vector khoảng cách mô tả khoảng cách đi tới tất cả các nút khác của mạng với số lượng chặng đã cho. Khi các cạnh AB và BC bị gián đoạn, nút A và C cho rằng các nút khác có tuyến đi tới nút B, nhưng trong thực tế việc xác định của chúng là dựa vào thông tin được cung cấp. RIP liên quan đến vấn đề này, vì vậy nó xác định số lượng cực đại của các chặng đi tới đích thí dụ bằng 16. Khi đạt được số lượng này, một nút cho rằng không tới được nút đích. Một vòng chuyển tiếp hình thành khi lưu lượng được chuyển tiếp nhờ bộ định tuyến quay trở lại bộ định tuyến. Hình 3.19(b) là một thí dụ của vòng chuyển tiếp giữa các nút C, D và E.



Hình 3.19 - Các vòng định tuyến

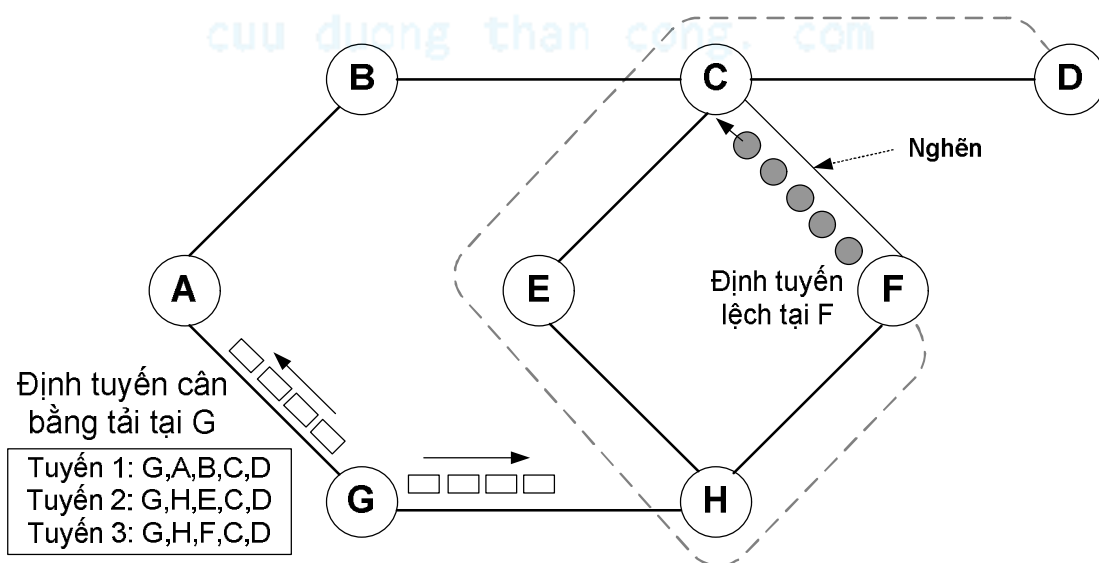
Một vòng định tuyến có thể tồn tại lâu hoặc tạm thời phù hợp với thời hạn của vòng. Các vòng tạm thời là phổ biến nhất và gây ra tổn hại hoặc sự cố ít hơn và có thể nhanh chóng dẫn đến tắc nghẽn trên các thành phần mạng. Các vòng tồn tại lâu lại nghiêm trọng hơn và có thể yêu cầu chấm dứt hoạt động một bộ phận của mạng. Các vòng tồn tại lâu không những gây ra nghẽn và bỏ phí tài nguyên mạng, mà còn làm suy yếu các dịch vụ.

3.3.2.8. Dao động định tuyến

Dao động định tuyến liên quan đến các mẫu định tuyến hoặc sự dao động của các tuyến định tuyến. Dao động định tuyến được mô tả trong một số tình huống. Thí dụ, nó có thể có hiệu quả khi định tuyến cân bằng tải tách lưu lượng thành các đường định tuyến khác nhau. OSPF được trang bị ECMP sử dụng sơ đồ phân phối

dùng chung trong số các đường chi phí bằng nhau để tới đích. Định tuyến lịch có thể gây ra dao động định tuyến. Trong mạng WDM không đệm, định tuyến lịch là rất hấp dẫn, vì nó có thể được sử dụng như là một sơ đồ giải quyết tranh chấp. Trong các mạng IP thông thường, định tuyến lịch được sử dụng để tránh tắc nghẽn và mất gói.

Tuy nhiên, dao động định tuyến có thể gây ra những vấn đề khác. Thứ nhất, gây ra các tuyến không vững chắc. Các ứng dụng khi sử dụng các tuyến chịu tổn thất nhiều nhất. Không thể theo dõi thời gian hành trình và độ rộng băng tần khả dụng nữa. Vì vậy không đảm bảo sử dụng QoS hoặc SLA. Thứ hai, khi lưu lượng TCT tách ra trên các tuyến khác nhau thì lưu lượng có thể đến đích không đúng thứ tự. Thu không đúng thứ tự thường gây ra hết thời gian và bổ sung trễ tại máy thu. Trong trường hợp hết thời gian, mỗi lần phát lại đã gây lãng phí tài nguyên mạng và phải đối mặt với thách thức của phân mảnh từng đợt tại máy thu. Thứ ba, dao động định tuyến thường làm tăng mức độ không đối xứng lưu lượng, gây khó khăn cho kỹ thuật lưu lượng và tối ưu mạng. Trong thí dụ tại Hình 3.20, nút G hoạt động định tuyến cân bằng tải, trong đó lưu lượng của cùng một đích được tách thành các tuyến khác nhau. Khi phát hiện nghẽn trên cạnh CF, nút F sử dụng định tuyến lịch để tránh nghẽn.



Hình 3.20- Dao động định tuyến

- Hỏng định tuyến

Định tuyến trong hệ thống phân tán cao có thể bị hỏng vì các lý do sau đây:

- Định tuyến hỏng do hỏng phần mềm điều khiển. Thí dụ, phá vỡ giao thức, hoặc là các phiên bản khác nhau của cùng giao thức tồn tại trong mạng.

- Định tuyến hỏng do ngừng hoạt động tạm thời. Ngừng hoạt động tạm thời có thể gây ra do nghẽn nghiêm trọng hoặc do hỏng kết nối tạm thời. Cấu hình mạng WDM thay đổi kết nối cũng có thể gây ra ngừng hoạt động tạm thời.

- Không đến được đích do quá nhiều chặng. Thí dụ, một gói dữ liệu IP có một trường TTL trong đầu đề để tính thời gian hiện hữu của nó khi căn cứ vào số lượng các chặng có thể đi ngang qua mạng.

3.3.2.9. Độ ổn định định tuyến

Độ ổn định định tuyến liên quan đến các tuyến thường thay đổi thế nào và bền vững đến mức nào. Có hai quy định của độ ổn định định tuyến sau đây:

- **Phổ biến:** độ ổn định định tuyến có thể qui định dựa vào tính phổ biến, đó là xác suất của quan sát một tuyến cho trước trong khung thời gian cho trước. Khi quan sát tuyến, tính phổ biến chỉ rõ chúng ta một lần nữa nhìn thấy tuyến giống nhau trong tương lai xảy ra như thế nào. Các mức cao của tính phổ biến có nghĩa là môi trường định tuyến ổn định hơn.
- **Bền bỉ:** độ ổn định định tuyến cũng có thể được quy định dựa vào tính bền bỉ, đó là khung thời gian mà tuyến vẫn tiếp tục tồn tại trước khi nó thay đổi. Khi chúng ta quan sát tuyến tại một thời điểm riêng biệt, tính bền bỉ cho biết thời gian từ thời điểm riêng biệt đến khi tuyến có khả năng thay đổi dài như thế nào. Mức cao của tính bền bỉ có nghĩa là môi trường định tuyến ổn định hơn.

Tính phổ biến và bền bỉ có thể kết hợp với nhau để mô tả độ ổn định định tuyến. Mức cao của tính phổ biến và tính bền bỉ thể hiện mạng rất ổn định; tính phổ biến ở mức cao nhưng tính bền bỉ ở mức thấp chỉ rõ rằng mạng có các vòng định tuyến có khả năng không ổn định; tính phổ biến ở mức thấp nhưng tính bền bỉ ở mức cao thể hiện mạng ổn định; tính phổ biến và tính bền bỉ ở mức thấp chỉ rõ mạng rất không ổn định. Môi trường định tuyến không ổn định khi xuất hiện các vấn đề sau đây:

- Các đặc tính của các tuyến mạng không thể dự đoán.
- Thực nghiệm và nghiên cứu hoạt động dựa vào các phép đo trước không tin cậy.

3.3.2.10. Mở rộng cấp độ định tuyến

Giải pháp và kiến trúc định tuyến có thể mở rộng cấp độ, nghĩa là nó có thể thực hiện hoạt động theo yêu cầu, thậm chí khi mạng mở rộng tới một kích cỡ lớn nào đó. Thí dụ, OSPF được mở rộng tối thiểu tới 200 nút.

Mở rộng cấp độ có thể dựa vào các yếu tố sau đây:

- Kiểu mạng có thể có, nghĩa là mạng IP hoặc mạng chuyên mạch kênh quang;
- Tô pô mạng là sự kết hợp của các tuyến và các nút.

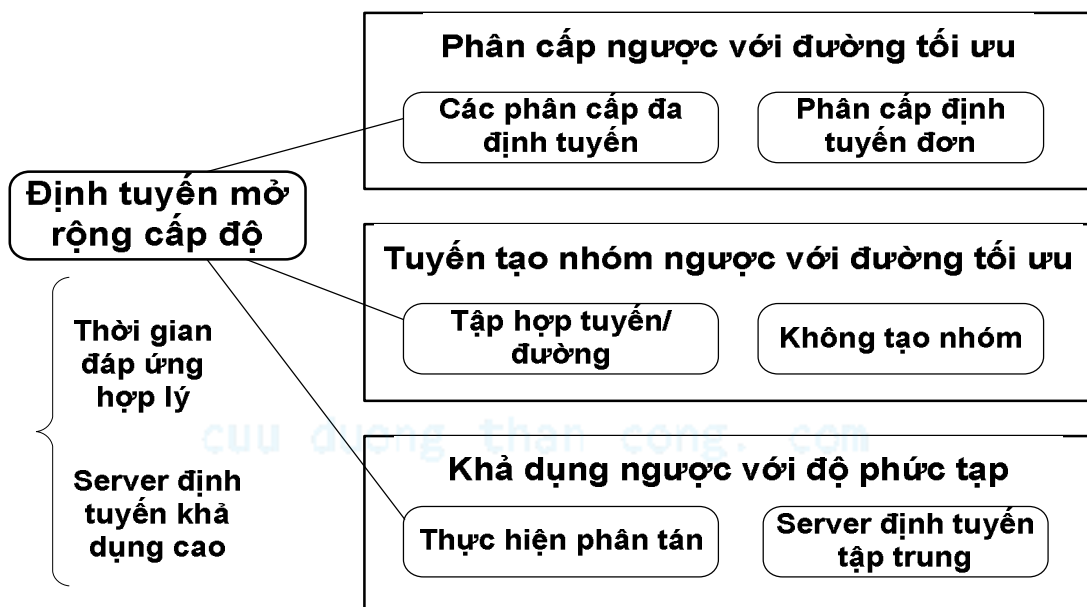
Mở rộng cấp độ định tuyến có thể được đo theo:

- Thời gian đáp ứng: mỗi lần thiết bị dịch vụ định tuyến nhận được một yêu cầu, nó có thể tính toán và cung cấp tuyến định tuyến nhanh như thế nào.

- Độ khả dụng: thời gian đợi một yêu cầu trước khi xử lý nhờ thiết bị dịch vụ định tuyến là bao nhiêu.

Tối ưu tuyến liên quan đến chất lượng và độ chính xác của tuyến định tuyến. Mặc dù tối ưu tuyến là điều mong muốn nhưng mở rộng cấp độ định tuyến lại có các mục tiêu khác. Hình 3.21 chỉ rõ giải pháp định tuyến mở rộng cấp độ được thiết kế như thế nào.

Thứ nhất, sử dụng phân cấp định tuyến. Mỗi mức của phân cấp định tuyến là một hệ thống định tuyến phẳng trong đó mỗi nút là đồng đẳng với nút bất kỳ khác. Trong hệ thống phân cấp định tuyến, một số nút hình thành đường trục định tuyến. Lưu lượng từ các nút không thuộc đường trục đi tới các nút đường trục được chỉ định; sau đó được gửi qua đường trục để tới vùng chung của đích. Lưu lượng tiếp tục đi từ nút đường trục cuối cùng qua một hoặc nhiều nút không thuộc đường trục để tới đích cuối cùng. Các hệ thống định tuyến phân cấp có tên là các nhóm logic của các nút miền, vùng hoặc các hệ thống tự quản. Vì vậy, định tuyến phân cấp có nghĩa là một số nút trong miền có thể thông tin với các nút trong miền khác, trong khi đó, các nút khác chỉ có thể thông tin với các nút trong miền của chúng. Tồn tại nhiều mức phân cấp định tuyến, các nút tại mức phân cấp cao nhất hình thành đường trục định tuyến. Có định tuyến phân cấp thì các nút nội miền chỉ cần biết về các nút khác trong miền của chúng. Có thể đơn giản hoá các thuật toán định tuyến, tính toán và nhiệm vụ liên quan định tuyến cũng giảm và có thể làm đặc lưu lượng nâng cấp định tuyến một cách phù hợp.



Hình 3.21- Mở rộng cấp độ định tuyến

Thí dụ, OSPF phiên bản 2 hỗ trợ hai mức phân cấp nhóm các bộ định tuyến thành hai vùng. Mạng riêng hướng tới giao diện nút mạng riêng (PNNI) và giao thức định tuyến trạng thái liên kết được diễn đàn ATM tiêu chuẩn hoá. PNNI thực

hiện phân chia phân cấp của các mạng thành các nhóm đồng đẳng (tới 104 mức). Phân cấp PNNI được cấu hình tự động dựa vào địa chỉ chuyển mạch khi sử dụng các giao thức chọn lọc động.

Thứ hai, sử dụng tập hợp đường /tuyến. Tập hợp thông tin định tuyến trong mỗi nhóm đồng đẳng có thể giảm đáng kể lưu lượng định tuyến. Cả BGP và PNNI đều hỗ trợ tập hợp tuyến. OSPF hỗ trợ các SLA giảm lược để bổ sung vào SLA bộ định tuyến và SLA kết nối. Một mạng Ethernet chỉ là một nhóm tạo ra và quảng cáo một LSA giảm lược (nhờ bộ định tuyến đã chỉ định). Tập hợp đường/tuyến và các phân cấp định tuyến thường là các thực thể đối tượng và làm giảm luồng thông tin liên quan, nhưng sự trừu tượng hoá có thể cản trở tối ưu hoá tuyến.

Thứ ba, hỗ trợ thực hiện phân bổ các thiết bị dịch vụ định tuyến hoặc xử lý thông minh. Giải pháp phân bổ cung cấp tính khả dụng cao thông qua nhiều thiết bị dịch vụ hiện có. Tuy nhiên, các thiết bị dịch vụ song song này yêu cầu phối hợp và đồng bộ hoá, các cơ sở thông tin định tuyến phân bổ yêu cầu tính nhất quán. Do đó, nó phức tạp hơn các cơ sở thông tin định tuyến tập trung.

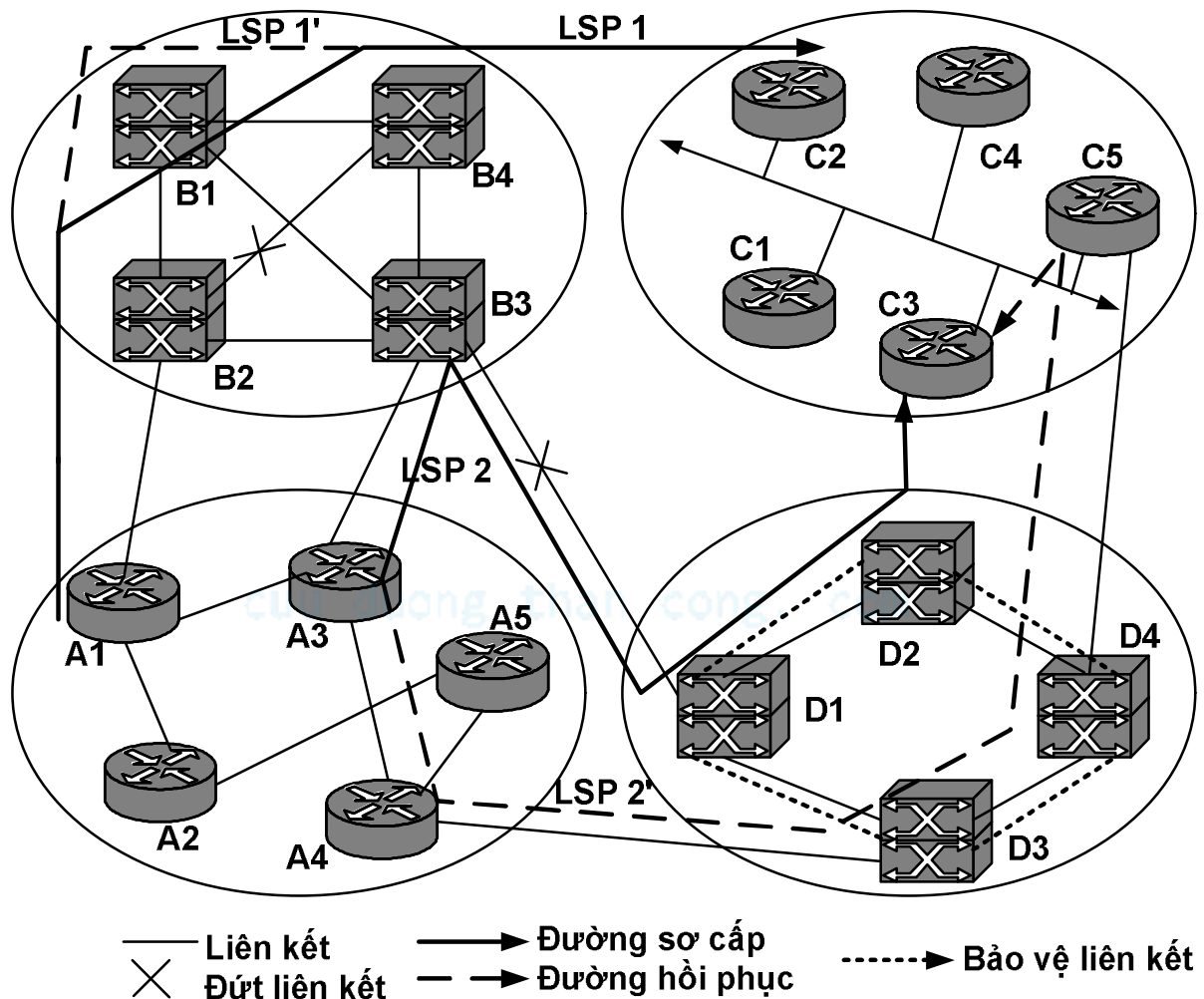
3.3.3- Hồi phục IP/ WDM

Đối với IP/WDM tiên tiến, vấn đề quan trọng của hoạt động mạng là hồi phục nhằm mục đích đưa mạng trở lại trạng thái cũ khi cung cấp giám sát mạng. Giám sát là khả năng của mạng hồi phục lưu lượng bị ảnh hưởng do hỏng mạng. Hồi phục được thực hiện theo hai cách, cung cấp và không cung cấp. Hồi phục cung cấp là bảo vệ. Bảo vệ đối phó với hồi phục sự cố tiền định khi các tài nguyên bảo vệ được dự phòng trước và có thể được sử dụng nhờ lưu lượng ưu tiên thấp nếu cho phép làm rộng trước. Bảo vệ không cung cấp liên quan đến hồi phục động các tuyến thay thế từ tài nguyên mạng dự trữ dành cho lưu lượng bị gián đoạn mỗi khi phát hiện hỏng hóc. Hồi phục động tận dụng tài nguyên tốt hơn bảo vệ, nhưng yêu cầu thời gian hồi phục dài hơn và kéo theo sự phức tạp trong báo hiệu và định tuyến.

Phân lớp trong mạng IP/WDM và kiến trúc liên mạng IP/WDM cung cấp phương tiện hoặc cơ chế hồi phục. Mạng IP/WDM có thể chuyển tải trực tiếp IP/MPLS trên WDM, hoặc IP trên ATM trên SONET/SDH trên WDM. Trong mạng IP/WDM nhiều lớp, hồi phục được cung cấp trong lớp đơn hoặc theo cách phối hợp của nhiều lớp khác nhau. Bảo vệ lớp thấp hơn sử dụng các sơ đồ bảo vệ thô sơ chẳng hạn như chuyển mạch sợi tự động trong SONET/SDH, trái lại hồi phục lớp cao hơn nhằm hồi phục mức dịch vụ.

Hình 3.22 minh hoạ một số kiểu hồi phục IP/WDM. Trong mạng WDM-D (góc bên phải, phía dưới của hình 3.22), mỗi tuyến sợi được bảo vệ nhờ sợi tối trong ring (đường kẻ đứt nét), nghĩa là chuyển mạch bảo vệ tự động (APS). Kiểu bảo vệ sợi này chỉ cần cơ chế điều khiển và quản lý mạng đơn giản và cung cấp hồi phục nhanh, thí dụ, nhỏ hơn 50 ms. Tuy nhiên, phương pháp này hiệu suất thấp, chỉ có

50% dung lượng mạng được sử dụng cho lưu lượng. Kiểu khác của hồi phục IP/WDM là bảo vệ/hồi phục tuyến sử dụng độ rộng băng tần hiệu quả hơn nhưng thời gian hồi phục chậm. NMS bắt buộc hồi phục tuyến với tư cách yêu cầu của người sử dụng hoặc các cơ chế QoS do mạng cung cấp. Trong mạng WDM, hồi phục tuyến có thể được thực hiện tại mức làm mịn tốt, chẳng hạn kênh bước sóng. Trong các mạng IP/MPLS/WDM cần thiết kế bảo vệ tuyến cho các kênh ảo.



Hình 3.22- Hồi phục IP/WDM

Về nguyên tắc, hồi phục động có thể áp dụng cho các kênh bước sóng phụ hoặc các kênh ảo làm mịn tốt, nhưng mức hồi phục này thường tạo ra một lượng lớn lưu lượng điều khiển và vì vậy gây trở ngại cho hoạt động 'thời gian thực' và mở rộng cấp độ xảy ra tiếp theo. Có ba phương án bảo vệ/hồi phục tuyến:

3.3.3.1. Bảo vệ/hồi phục liên kết

Trong bảo vệ liên kết, tuyến dự phòng ngưng liên kết liên kết dành sẵn được thiết lập trước trong quá trình tạo lập tuyến quang hoặc LSP dành cho liên kết sơ

cấp. Trong trường hợp hỏng liên kết, các nút lân cận phát hiện được điều này thì nút lân cận trong luồng lên chuyển mạch sang đường dự phòng nếu có một đường bảo vệ hoặc tính toán nhanh một tuyến để thay thế liên kết bị hỏng. LSP 1 trong hình 3.20 là một thí dụ của hồi phục liên kết.

3.3.3.2. Bảo vệ/hồi phục tuyến quang hoặc LS

Khi phát hiện một liên kết bị hỏng thì các nút lân cận thông báo với các nút đi vào và đi ra của các tuyến quang thuộc các LSP đi ngang qua liên kết bị hỏng. Các nút đi vào và đi ra sử dụng đường bảo vệ từ đầu cuối đến đầu cuối đã được cung cấp hoặc tính toán một đường từ đầu cuối đến đầu cuối mới dựa vào khả năng và điều kiện mạng hiện tại. Mỗi lần đường bảo vệ được thiết lập, các nút đi vào và đi ra chuyển mạch từ đường sơ cấp bị hỏng sang đường dự phòng. Loại đặc thù của hồi phục tuyến quang là hồi phục đường ngưng liên kết liên kết được thiết kế cho trường hợp có nhiều sự cố đồng thời trên đường sơ cấp. LSP 2 trong hình 3.22 là một thí dụ của hồi phục LSP ngưng liên kết liên kết.

3.3.3.3. Bảo vệ/hồi phục từng phần

Bảo vệ/hồi phục từng phần tạo hồi phục cho một đoạn trong toàn bộ đường hoặc một số liên kết. Liên quan đến phạm vi bảo vệ, kiểu này nằm giữa hồi phục liên kết và hồi phục tuyến quang.

Bảo vệ đường có thể sử dụng các đường dành sẵn hoặc các đường dùng chung. Kiểu 1+1 và 1:1 đều có các đường bảo vệ dành sẵn, trong khi đó kiểu 1:N và M:N sử dụng các đường bảo vệ dùng chung. Trong bảo vệ đường 1+1, tín hiệu truyền đồng thời trên cả đường sơ cấp và đường dự phòng và bộ chọn tại phía thu chọn tín hiệu tốt hơn. Trong bảo vệ đường 1:1, đường dự phòng được thiết lập trước dành cho đường sơ cấp. Trong bảo vệ đường M:N, N tín hiệu truyền dọc theo các đường sơ cấp và M đường dự phòng được thiết lập để chuyển mạch bảo vệ dùng chung cho N đường sơ cấp. Đối với bảo vệ 1:N, N đường sơ cấp dùng chung một đường dự phòng.

Hồi phục tồn tại trong IP/MPLS. Hồi phục lớp thấp hơn đặt trọng tâm vào giám sát mạng, ngược lại các lớp cao hơn chẳng hạn hồi phục MPLS tập trung vào lưu lượng. Vì MPLS trói buộc các gói vào một đường thông qua nhãn, nên MPLS có khả năng cung cấp bảo vệ và hồi phục lưu lượng là điều bắt buộc. MPLS hỗ trợ báo hiệu nhanh và đưa ra ưu tiên bảo vệ/hồi phục để cung cấp cơ chế khác biệt cho các ứng dụng có độ tin cậy cao. IP/MPLS cho phép sử dụng hiệu quả hơn dung lượng mạng liên quan đến hồi phục. Hồi phục IP/MPLS gồm bốn bước, phát hiện sự cố, định vị sự cố, thông báo sự cố và hồi phục.

Tính toán đường sơ cấp của tuyến quang trong mạng WDM thực chất là vấn đề định tuyến dựa vào ràng buộc. Tiêu biểu của ràng buộc là tính khả dụng của bước sóng yêu cầu đối với tuyến quang, có thể là ràng buộc quản lý và ràng buộc

chính sách. Tính toán đường dự phòng thực chất là vấn đề đường ngưng liên kết. Liên quan đến lý thuyết đồ thị, có hai mức ngưng liên kết: ngưng liên kết liên kết và ngưng liên kết nút. Nếu không có liên kết đơn chung cho hai đường thì hai đường này là ngưng liên kết liên kết. Một đường đi ngang qua một tập hợp các nút. Nếu không có nút đơn (trừ hai đầu cuối) chung cho hai tập hợp nút mà mỗi tập hợp đi ngang qua gần một đường thì hai đường này là ngưng liên kết nút. Rõ ràng là ngưng liên kết nút có nhiều loại khác nhau hơn ngưng liên kết liên kết. Tuy nhiên, chiến lược hợp lý là tìm kiếm trước hết một đường ngưng liên kết nút; nếu không tìm được thì tìm một đường ngưng liên kết liên kết. Cách này có thể đảm bảo mức bảo vệ cực đại.

Điều quan trọng là các SRLG trong đường sơ cấp hiểu được trong thời gian tính toán đường thay thế, còn có tính khả dụng của tài nguyên trong các liên kết thuộc về các SRLG khác. Giả thiết thông tin trên đây là khả dụng cho mỗi bó tại mỗi nút, có một số giải pháp có khả năng để tính toán đường.

Trước hết tính toán đường sơ cấp và tiếp đó tính toán dự phòng dựa vào các SRLG đã được chọn cho đường sơ cấp. Trình tự tính toán đường sơ cấp có thể cung cấp một loạt các nhóm liên kết có đường đi qua. Vì một nhóm liên kết được nhận dạng thống nhất cùng với một tập hợp của các SRLG nên đường thay thế có thể được tính toán đúng khi dựa vào sự hiểu biết này. Tuy nhiên, nếu thiết lập đường sơ cấp không thành công do thiếu tài nguyên trong nhóm liên kết đã chọn thì các đường sơ cấp và dự phòng phải được tính toán lại. Trong trường hợp khác, nếu thiết lập đường dự phòng không thành công vì thiếu các tài nguyên dưới ảnh hưởng của sự hạn chế các SRLG thì phải tính toán lại đường sơ cấp và đường dự phòng.

Mong muốn tính toán các đường sơ cấp sử dụng thông tin mức bó (nghĩa là tính khả dụng tài nguyên trong tất cả các nhóm liên kết thuộc một bó) hơn là thông tin mức nhóm liên kết riêng biệt. Trong trường hợp này, trình tự tính toán đường sơ cấp cũng đưa ra một loạt các bó đi ngang qua đường. Mỗi OXC trong đường có quyền tự do lựa chọn nhóm liên kết riêng biệt hướng tới đoạn này của đường sơ cấp. Trình tự này làm tăng khả năng thiết lập thành công đường sơ cấp khi thông tin trạng thái liên kết không được cập nhật khắp nơi. Nhưng phải chiếm nhóm liên kết riêng đã chọn và vì vậy cả các SRLG trong đường sơ cấp trong khi thiết lập đường sơ cấp, thí dụ, khi sử dụng đối tượng lưu trữ tuyến RSVP-TE. Thông tin SRLG này sau đó được sử dụng để tính toán đường dự phòng. Đường dự phòng cũng có thể được thiết lập khi định rõ việc thiết lập các SRLG để tránh đoạn cho trước hơn là thiết lập để sử dụng. Điều này sẽ tăng khả năng thiết lập dự phòng. Như một lựa chọn, đường sơ cấp và đường dự phòng được tính toán cùng trong một bước. Trong trường hợp này, các đường phải được tính toán khi sử dụng thông tin nhóm liên kết riêng biệt.

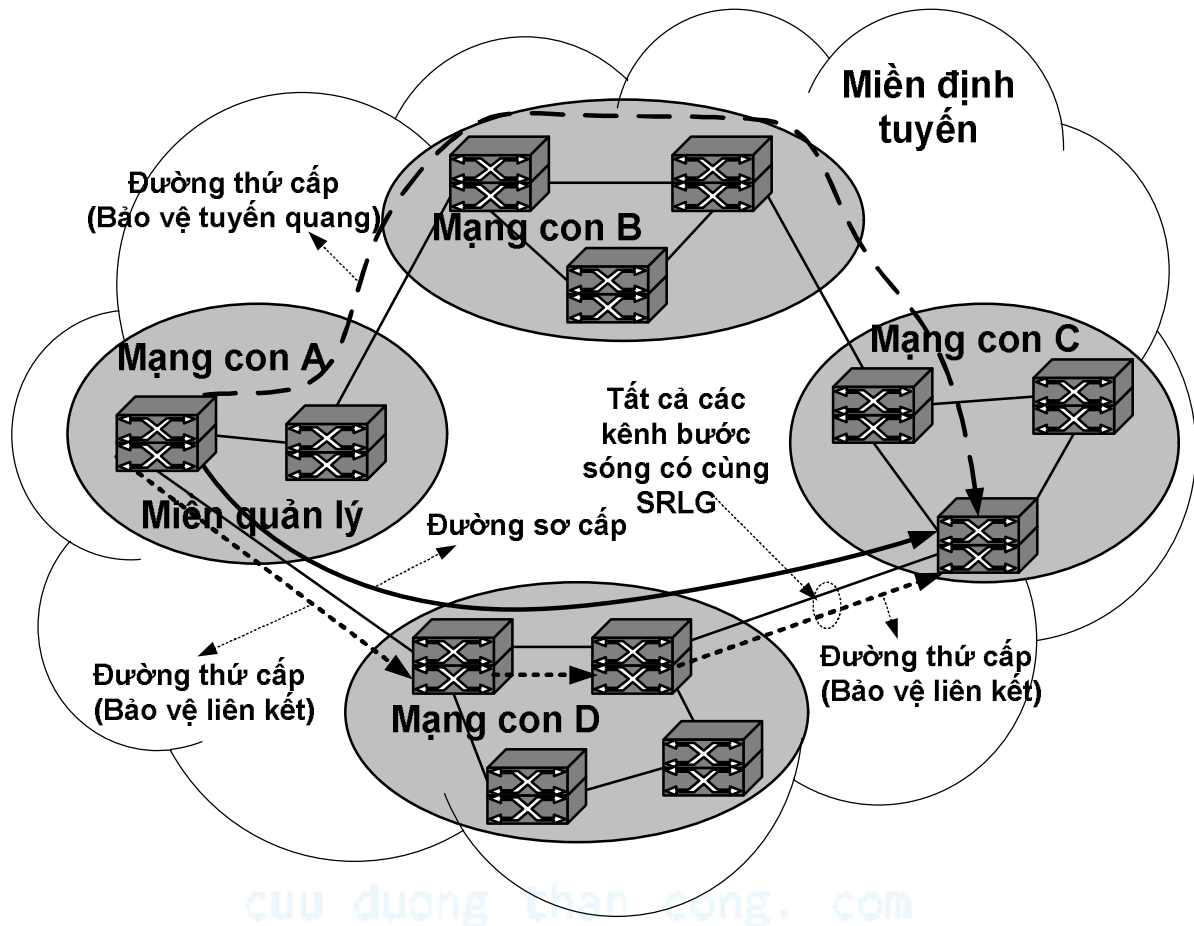
Tóm lại, nhất thiết phải dành được thông tin có ích trong các LSA bó liên kết để dàn xếp các thủ tục tính toán đường khác nhau và tăng khả năng thiết lập đường thành công. Phụ thuộc vào thủ tục tính toán đường được sử dụng, kiểu nhu cầu hỗ trợ khi thiết lập đường (thí dụ, lưu trữ thông tin nhóm đường hoặc SLRG trong khi thiết lập đường) có thể khác nhau.

3.3.3.4. Nghiên cứu trường hợp cung cấp

Hình 3.21 là một thí dụ cung cấp tuyến quang và cung cấp liên kết. Hình này sử dụng mặt bằng điều khiển trung tâm IP trong đó mỗi chuyển mạch được định địa chỉ IP và được điều khiển nhờ OSPF và RSVP. Xét về phương diện định tuyến, các chuyển mạch được điều khiển nhờ một mẫu OSPF. Xét về phương diện quản lý, các chuyển mạch được nhóm thành các mạng con, thí dụ, phù hợp với các vị trí địa lý. Mỗi mạng con có một EMS (hệ thống phân tử mạng). Mạng vòng được quản lý nhờ NMS (hệ thống quản lý mạng). Mặc dù điều khiển mạng có thể phân tán hoàn toàn, cũng rất hợp lý để giả thiết rằng quản lý mạng là phân cấp. Có tám bước sóng trên mỗi sợi đơn hướng. Mỗi liên kết trên hình đại diện cho một sợi hai hướng. Giả thiết tất cả các kênh bước sóng trên liên kết sợi có cùng SRLG.

Trong trường hợp bảo vệ tuyến quang, NMS tiếp nhận yêu cầu kết nối từ một khách hàng và định ra sơ đồ bảo vệ (thí dụ, 1+1, 1:1, 1-1) và thông báo cho chuyển mạch biên để thiết lập tuyến. Sử dụng ký hiệu '1-1' liên quan tới một đường thứ cấp đã được tính toán, nhưng đường thứ cấp không được báo hiệu. Chuyển mạch biên tính toán đường sơ cấp và thứ cấp từ đầu cuối đến đầu cuối dựa vào bảng định tuyến cục bộ được bảo trì nhờ OSPF và ra hiệu lệnh thiết lập tuyến quang sơ cấp (và thứ cấp nếu bảo vệ 1+1 hoặc 1:1) khi sử dụng RSVP. Nếu xảy ra sự cố trên đường sơ cấp 1:1 trong khi truyền dẫn thì chuyển mạch biên chuyển mạch sang đường thứ cấp. Nếu thực hiện sơ đồ bảo vệ 1-1, đường thứ cấp cần được báo hiệu trước khi truyền dữ liệu.

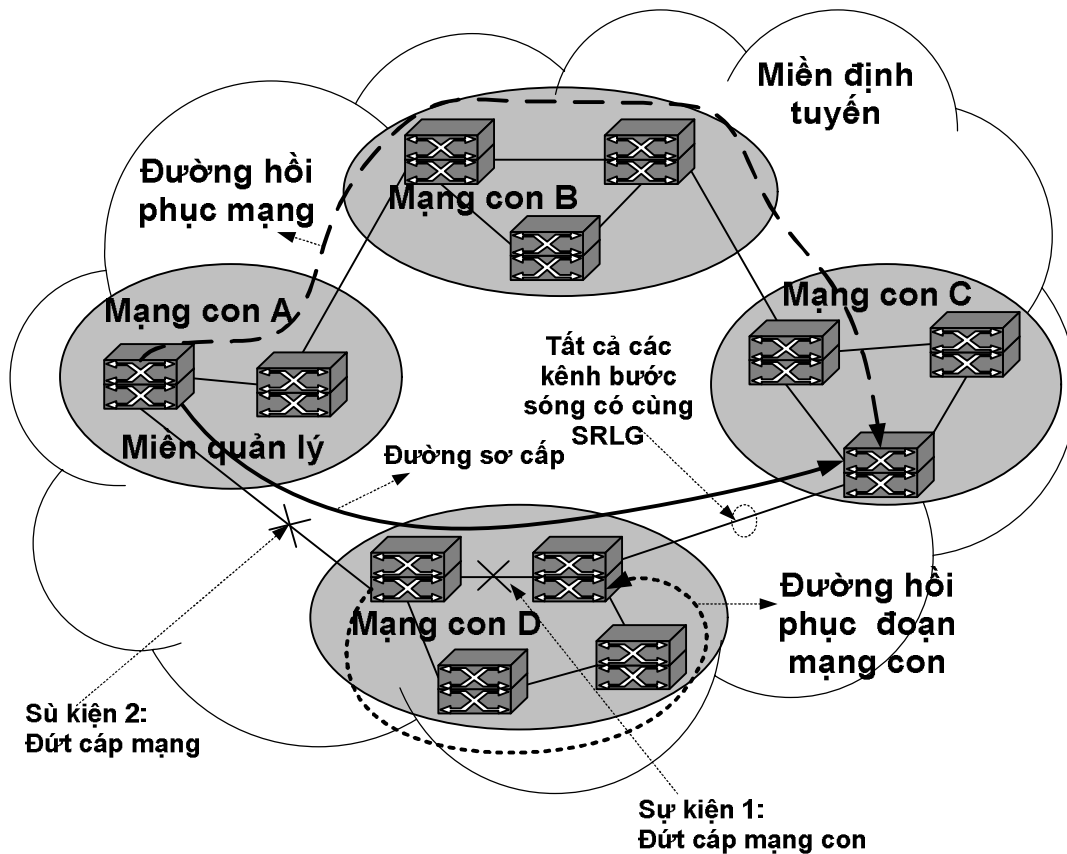
Trong trường hợp bảo vệ liên kết, NMS tiếp nhận yêu cầu kết nối, quyết định sơ đồ bảo vệ và thông báo với chuyển mạch biên để thiết lập đường. Chuyển mạch biên tính toán đường sơ cấp từ đầu đến cuối và đường thứ cấp chặng đầu tiên và ra hiệu lệnh thiết lập đường sơ cấp khi sử dụng RSVP. Chặng tiếp chặng, đường thứ cấp được tính toán. Nếu yêu cầu sơ đồ bảo vệ 1:1 thì mỗi chặng chịu trách nhiệm thiết lập đoạn của đường thứ cấp khi sử dụng RSVP. Nếu xảy ra hỏng trên đường sơ cấp trong khi truyền dẫn, chuyển mạch trung gian ở gần vị trí hỏng chuyển mạch sang đoạn đường thứ cấp. Nếu thực hiện sơ đồ bảo vệ 1-1, đoạn của đường thứ cấp cần được báo hiệu trước khi dữ liệu được truyền đi. Cần chú ý trong hình 3.23 là việc tính toán đường thứ cấp bảo vệ liên kết không đưa vào tính toán SRLG.



Hình 3.23- Bảo vệ tuyến quang khác với bảo vệ liên kết

3.3.3.5. Nghiên cứu trường hợp hồi phục

Hình 3.24 là một thí dụ của hồi phục đoạn mạng con và hồi phục mạng. Đối với hồi phục đoạn mạng con, chuyển mạch biên tính toán và thiết lập đường sơ cấp. Ở đây không báo hiệu và tính toán đường thứ cấp. Mỗi lần xảy ra sự cố trên đoạn mạng con của đường sơ cấp, chuyển mạch trung gian theo hướng liên kết có sự cố chịu trách nhiệm tính toán và báo hiệu khẩn trương cho đường thứ cấp. Khi không có các cơ chế quản lý lỗi trong các mạng IP/WDM thì RSVP sẽ phát hiện lỗi. Vấn đề này được thể hiện trong hình là trường hợp 1- sợi mạng con bị đứt. Chuyển mạch trung gian (trong mạng con) tham khảo bảng định tuyến cục bộ, tính toán một đường ngưng liên kết dựa trên SRLG và báo hiệu cho đường ngưng liên kết khi sử dụng RSVP. Sau đó nó thực hiện chuyển mạch đường vòng đoạn liên kết bị ảnh hưởng. Để phối hợp và thể hiện tính nhất quán, chuyển mạch trung gian gửi cảnh báo tới NMS mỗi khi phát hiện sợi đứt và gửi thông báo tới NMS mỗi khi hoàn thành chuyển mạch.



Hình 3.24 - Hồi phục đoạn mạng con khác với hồi phục mạng

Đối với hồi phục mạng, trước tiên đường sơ cấp được tính toán và báo hiệu. Nếu xảy ra sự cố trên đoạn của đường sơ cấp, khi sử dụng RSVP, thì thông tin về sự cố (bao gồm SRLG bị ảnh hưởng) được chuyển tiếp tới chuyển mạch biên. Sau đó chuyển mạch biên lựa chọn đường thứ cấp, báo hiệu đường và thực hiện chuyển mạch tới đường thứ cấp. Chuyển mạch biên cũng gửi cảnh báo và thông báo tới NMS. Điều này được thể hiện trong hình vẽ qua trường hợp 2- sợi mạng bị đứt. Mỗi lần chuyển mạch biên nhận được thông báo lỗi RSVP, nó tính toán và thiết lập tuyến quang thứ cấp từ đầu đến cuối.

3.4 KẾT LUẬN

IP-giao thức Internet quy định định dạng và các quy tắc xử lý gói dữ liệu. Do IPv4 có một số hạn chế như không gian địa chỉ, định tuyến thiếu hiệu quả v.v. nên bổ sung phiên bản IPv6. Hai phiên bản này cùng tồn tại.

Về phương diện truyền tải thì IP trên WDM (IP/WDM) là yếu tố quan trọng để lựa chọn giao thức IP làm giao thức thống nhất cho mạng truyền tải. IP/WDM bao gồm IP/WDM điểm nối điểm, IP/WDM cấu hình lại và IP/WDM chuyển mạch. Trong IP/WDM chuyển mạch tồn tại các công nghệ như OBS, OPS và OLS. OBS và OPS đã và đang sử dụng, OLS- chuyển mạch nhãn quang sẽ phát triển trong tương lai. Các mô hình điều khiển mạng IP/WDM là xếp chồng, tăng lên và ngang

hàng cùng tồn tại và phát triển. Trong định tuyến mạng IP/WDM cần dựa vào giao thức OSPF.

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com

CÂU HỎI

- 1- IP/ WDM có chức năng chính là là:
 - a. Cung cấp khả năng truyền dẫn trực tiếp các luồng số PDH/SDH trên nền WDM.
 - b. Cung cấp khả năng truyền dẫn trực tiếp gói dữ liệu IP trên kênh quang.
 - c. Cung cấp một cơ chế cân bằng dung lượng trên tất cả các kênh quang.
- 2- Lý do chính để phát triển IPv6 là:
 - a. Các kỹ thuật định tuyến truyền thống trong IPv4 không hiệu quả.
 - b. Không gian địa chỉ của IPv4 đã trở nên chật hẹp.
 - c. Địa chỉ trong IPv6 có thể biểu diễn dưới dạng thập phân điều này giúp đơn hóa quá trình quản lý mạng.
- 3- Trong kỹ thuật IP/ WDM, mô hình ngang hàng dựa trên giả thiết là việc điều khiển ở lớp quang được chuyển sang thực hiện ở:
 - a. Lớp WDM.
 - b. Lớp IP.
 - c. Lớp SDH.
- 4- Theo mặt bằng dữ liệu, mạng IP/ WDM có cấu trúc:
 - a. Điểm - điểm.
 - b. Cấu hình lại.
 - c. Chuyển mạch.
 - d. Cả ba câu trên
- 5- Theo mặt bằng điều khiển, mô hình kết nối cho IP/ WDM là:
 - a. Mô hình điều khiển xếp chồng.
 - b. Mô hình điều khiển tăng lên.
 - c. Mô hình điều khiển ngang hàng.
 - d. Cả ba câu trên
- 6- Trong chuyển mạch burst quang:
 - a. Mào đầu điều khiển và burst được truyền cùng một lúc.
 - b. Mào đầu điều khiển được truyền trước một khoảng thời gian so với thời điểm truyền burst.

c. Mào đầu điều khiển được truyền sau một khoảng thời gian so với thời điểm truyền burst.

7- Trong mạng truyền tải IP/WDM sử dụng kiểu cơ chế:

- a. Bảo vệ/hồi phục liên kết.
- b. Bảo vệ/hồi phục tuyến quang hoặc LS.
- c. Bảo vệ/hồi phục từng phân.
- d. Cả ba câu trên

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com