ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

VŨ THỊ NAM

MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐỊNH VỊ LIÊN KẾT LỖI TRÊN MẠNG QUANG

Mã số: 60 48 01 01
Chuyên ngành: KHOA HỌC MÁY TÍNH

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC MÁY TÍNH

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

PGS. TS LÊ TRỌNG VĨNH

MỞ ĐẦU

Trong vài thập kỷ qua, ảnh hưởng của "mạng" ngày càng rõ rệt trong việc tổ chức hệ thống máy tính. Mạng máy tính là một hệ thống những máy tính độc lập được kết nối với nhau nhằm đáp ứng công việc chung của tổ chức. Mạng đem lại những thuận tiện trong cuộc sống như: cung cấp phương tiện liên lạc, chia sẻ những tài nguyên sẵn có, cải tiến sự tin cậy của dịch vụ, giảm thiểu chi phí…

Mạng thông tin phát triển một cách mạnh mẽ cùng với sự phát triển nhanh chóng của các công nghệ quang học, thiết bị giao tiếp liên tục phát triển hướng đến mạng cáp quang (AONs). Trong những mạng cáp quang WDM (phương thức ghép kênh theo bước sóng), hàng trăm bước sóng được tích hợp trên một sợi quang đơn. Vì vậy một sợi quang bị đứt sẽ làm mất mát một lượng dữ liệu lớn. Chính vì thế mà việc phát hiện và định vị lỗi nhanh chóng là một trong những vấn đề rất quan trọng trong quá trình vận hành và khai thác mạng cáp quang.

Phát hiện lỗi liên kết trong mạng cáp quang có thể được thực hiện ở nhiều tầng khác nhau: tầng quang, tầng vật lý, tầng mạng,… và hầu hết các phương pháp định tuyến đều có cơ chế phát hiện lỗi. Để đẩy nhanh tốc độ phát hiện lỗi, người ta cũng đề xuất thiết kế các tầng liên kết chéo (cross-layer). Tuy vậy, với kỹ thuật này thời gian phát hiện lỗi trong vài giây và lâu hơn so với yêu cầu đặc trưng của mạng quang. Do đó người ta hướng đến việc phát hiện lỗi ở tầng quang. Nói cách khác, các phương thức đã thiết kế cho mạng cáp quang truyền thống không thể áp dụng trực tiếp cho mạng cáp quang hoàn toàn(AONs).

Ở tầng quang, một lỗi có thể được phát hiện bằng việc đo năng lượng quang, phân tích quang phổ,... Điều này được thực hiện bởi một thiết bị quang đặc biệt được gọi là trạm kiểm soát (monitor). Phương pháp kiểm soát dựa trên kênh sử dụng trên mỗi kênh bước sóng của một liên kết một trạm kiểm soát. Điều này yêu cầu quá nhiều trạm kiểm

soát. Phương thức kiểm soát trên liên kết là khái niệm tốt hơn, nhưng vẫn yêu cầu mỗi liên kết một trạm kiểm soát.

Để giảm thiểu số lượng trạm kiểm soát cần thiết phải có, các tác giả đã đưa ra khái niệm monitoring-cycle (m-cycle), m-tree, m-trail. Ý tưởng chính của các cách tiếp cận này là: *Đối với: m - cycle* tìm tập M các m-cycle $\{c_1, c_2, \ldots c_M\}$ sao cho tập này bao phủ tất cả các liên kết trong mạng, và gán cho mỗi m-cycle một trạm kiểm soát. Mỗi liên kết có thể được bao phủ bởi nhiều m-cycle. Nếu một liên kết bị lỗi nó sẽ gây ra mỗi mã cảnh báo trên tất cả các m-cycle bao phủ lên liên kết này. *Đối với m-tree* chỉ cần một diot laser duy nhất thường là đủ để theo dõi tất cả các mạng. Diot laser này được đặt tại một nút và truyền tín hiệu giám sát một hướng duy nhất của mình trên một liên kết duy nhất được gọi là "ngọn của cây" (*head of the tree*). Tại một nút dọc theo một liên kết đầu vào, tín hiệu giám sát có thể bị dừng và chuyển tiếp qua một liên kết ra duy nhất, nhân bản và gửi qua hai hay nhiều liên kết ra. *Đối với m-trail:* Cho một bộ các nút giám sát $MN = \{MN_0, \ldots, MN_n\}$, chúng ta cần thiết kế một giải pháp m-trail với số lượng nhỏ nhất các bước sóng cần cho việc giám sát, như mỗi MN có thể thực hiện nhanh và định vị rõ liên kết lỗi dựa trên tín hiệu báo động quang thu được một cách cục bộ.

Trên cơ sở ý tưởng trên, đã có nhiều thuật toán xây dựng các m-cycle, m-tree, m-trail để phát hiện và định vị lỗi. Luận văn này là tìm hiểu các thuật toán xây dựng các m-cycle, m-tree, m-trail với độ dài nhỏ nhất nhằm nhanh chóng phát hiện lỗi ở tầng quang.

Bố cục vủa luận văn được trình bày như sau:

Chương 1: *Mạng cáp quang*

Giới thiệu tổng quan về mạng quang, kiến trúc của mạng quang và các vấn đề trong mạng quang.

Chương 2: *Một số phương pháp đinh vị liên kết lỗi trong mạng quang*

Trình bày các phương pháp định vị liên kết lỗi trên mạng quang, phát biểu bài toán, thuật toán xây dựng m- cycle, m - trail, m - tree.

Chương 3: *Kết quả thực nghiệm*

Thực nghiệm bằng thuật toán M^2-CYCLE . Chương trình minh họa kết quả thực nghiệm, đánh giá, nhận xét.

CHƯƠNG 1 – MẠNG CÁP QUANG

1.1 Giới thiệu chung

Mạng cáp quang hoạt động dựa trên hiện tượng phản xạ toàn phần trong sợi quang. Nó nhanh hơn mạng truyền thống vì dữ liệu được truyền qua sợi quang dưới dạng các photon, còn trong mạng truyền thống dữ liệu được truyền qua cáp đồng dưới dạng các electron. Photon có trong lượng nhỏ hơn electron, và hơn nữa giữa các photon không có sự tương tác như giữa các electron. Mặt khác, ánh sáng có tần số cao hơn nên bước sóng cũng ngắn hơn, do đó với cùng chiều dài, cáp quang truyền được nhiều thông tin hơn cáp đồng. Cùng với những đặc tính ưu việt như: cung cấp băng thông cực lớn, chi phí thấp, tỉ lệ lỗi bít cực thấp, độ nhiễu tín hiệu rất nhỏ, yêu cầu không gian nhỏ, khả năng bảo mật cao…, hiện nay mạng cáp quang đang là công nghệ hứa hẹn cho tương lai và được sử dụng rộng rãi trong mạng truyền thông backbone (mạng truyền thông đường trục).

1.2 Công nghệ WDM

Xác định lỗi là một trong những nhiệm vụ quan trọng trong việc đạt được khả năng tồn tại mạng all-optical WDM (phân chia đa hợp bước sóng). Để đảm bảo chất lượng cho người sử dụng dịch vụ (Qos) yêu cầu, thời gian dừng dịch vụ do một lỗi nên được giảm đến mức tối thiểu để tránh mất dữ liệu lớn. Trong những lỗi kế hoạch sống sót phụ thuộc, điều đó là cấp bách mà lỗi có thể được xác định một cách kịp thời, như kết nối dịch vụ bị phá vỡ có thể ngay lập tức được định tuyến lại để bỏ qua các thành phần lỗi. Để giảm thiểu thời gian xác định lỗi, chương trình giám sát lỗi quang học được xem xét để tránh tín hiệu phức tạp. Mục đích là xác định được lỗi liên kết nhanh và rõ ràng nhất, và trong lúc ấy giảm thiểu đến mức thấp nhất cả thời gian ước tính cho mỗi lỗi liên kết có thể và tài nguyên giám sát yêu cầu.

Theo lý thuyết, sợi quang có băng thông cực lớn (khoảng 25THz), gấp khoảng 1000 lần so với băng thông tổng cộng của sóng radio trên các vệ tinh trái đất. Tuy nhiên do tốc độ truy cập mạng của người dùng bị giới hạn bởi các tốc độ điện ở các nút mạng (vài Gb/s). Sự không tương đồng về băng thông giữa quang và điện này làm cho việc khai thác hết băng thông khổng lồ của một sợi cáp quang mà chỉ dùng một kênh truyền song là rất khó khăn. Rất may cho người sử dụng là công nghệ WDM (wavelength division multiplexing) cùng với EDFA (erbium doped fiber amplifer) ra đời đã giải quyết vấn đề này.

WDM là phương thức ghép kênh quang theo bước sóng. Thông thường trong tuyến thông tin quang điểm nối điểm, mỗi sợi quang cho một tia laser với một bước sóng ánh sáng truyền qua, tại đầu thu, bộ tách sóng quang tương ứng sẽ nhận tín hiệu từ sợi này. Mỗi một sóng laser mang một số tín hiệu điện với một phổ nhất định. Từ những năm 1980, công nghệ sợi quang có nhiều tiến bộ nên phương thức ghép kênh quang theo bước sóng được ứng dụng trong mạng viễn thông đường trục và quốc tế. Ở đây, WDM cho phép ta tăng dung lượng kênh mà không cần tăng tốc độ bít của đường truyền và cũng không dùng thêm sợi dẫn quang. Nó cho phép khai thác một cách đơn giản và kinh tế lượng thông tin vào một sợi quang đơn (sợi quang chỉ cho một chùm laser truyền qua lõi của nó, còn sợi quang đa chế độ thì do nhiều chùm laser truyền qua lõi của nó dưới các góc khác nhau) trên cự ly dài và tăng độ mềm dẻo của cấu trúc phân phối. Những đường truyền dẫn thử nghiệm đã đạt được tốc độ lưu lượng 160Gbit/s phân phối trên 8 kênh ghép theo bước sóng. Hơn nữa, ghép kênh theo bước sóng WDM không chỉ giảm bớt ảnh hưởng của tán sắc mà còn chống được tổn hao do phân cực. Các hệ thống tin quang hiện đại có sử dụng bộ khuếch đại quang để ghép nhiều kênh theo WDM. Nếu với lưu lượng là 2,5Gbit/s, ghép theo WDM từ 8 đến 16 luồng thì ta thực hiện được một đường thông tin quang với lưu lượng là 20Gbit/s đến 40Gbit/s trên một sợi đơn mà vẫn dùng lại được cá thiết bị ghép kênh và phân kênh

hiện có. Nói một cách khác, WDM cho phép tăng tích số lưu lượng nhân với cự ly trên một sợi quang

1.3 Một số khái niệm trong mạng cáp quang

1.3.1 Định tuyến và gán bước sóng

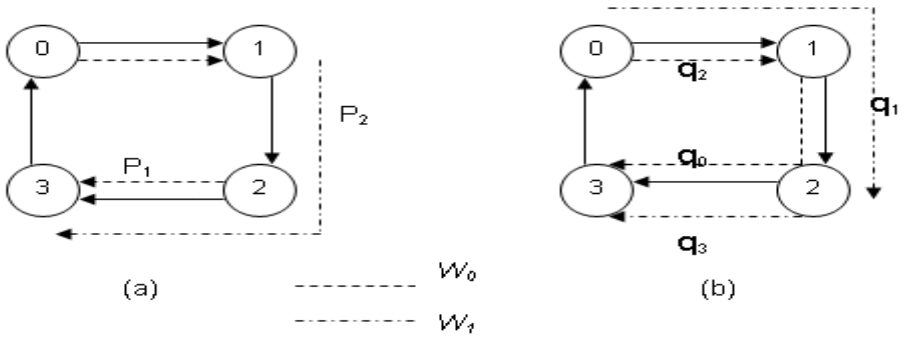
Trong mạng cáp quang, một kết nối được thực hiện bởi một lightpath. Thuật toán để chọn tuyến (path) và bước sóng (wavelength) cho việc thiết lập các lightpath được gọi là thuật toán định tuyến và ấn định bước sóng (RWA).

Yêu cầu kết nối (hay lưu lượng) mạng có thể là tĩnh hoặc động. Đối với lưu lượng mạng là tĩnh, những yêu cầu kết nối thường được biết trước. Lưu lượng mạng được xác định theo những cặp nguồn-đích dựa trên sự đánh giá chiều dài liên kết giữa chúng. Chúng ta cần chọn các tuyến và các bước sóng sao cho tất cả các nhu cầu được đáp ứng với số bước sóng cần sử dụng ít nhất, hoặc cực đại số nhu cầu được thỏa mãn với số bước sóng cố định. Vấn đề này nằm trong bài toán thiết lập các lightpath tĩnh (SLE). Bài toán SLE đã được chứng minh là NP đầy đủ, do vậy các thuật toán giải gần đúng với thời gian đa thức thường được sử dụng.

Khi nhu cầu lưu lượng mạng là động, những yêu cầu kết nối mạng là ngẫu nhiên. Các lightpath được thiết lập chỉ tồn tại trong một khoảng thời gian có hạn. Khi nhu cầu lưu lượng mạng thay đổi hoặc một thành phần nào đó của mạng bị hỏng, một số lightpath đang tồn tại có thể bị loại bỏ, và một số lightpath mới được thiết lập để phù hợp với sự thay đổi đó. Không giống như bài toán RWA tĩnh, bất cứ lời giải nào cho bài toán RWA động cũng đều là những tính toán đơn giản, vì những yêu cầu cần được xử lý trực tuyến. Thuật toán RWA động thực hiện đơn giản hơn thuật toán RWA tĩnh vì nó không biết những yêu cầu kết nối trong tương lai, trong khi tất cả những yêu cầu kết nối đều được biết trước trong thuật toán RWA tĩnh. Thuật toán RWA động xử lý các yêu cầu kết nối hoàn toàn theo thứ tự mà chúng đến, trong khi thuật toán RWA tĩnh

xử lý các yêu cầu đó theo thứ tự được quyết định bởi một vài thuật toán heuristic. Các thuật toán Heuristic gán các bước sóng cho các tuyến theo trật tự không tăng chiều dài hop của chúng (hop là một bước truyền, 2 nút mạng được kết nối trực tiếp với nhau bởi một lightpath tạo nên một hop), vì những kết nối có số hop lớn hơn thường khó tìm được một bước sóng rỗi trên toàn tuyến của nó so với các kết nối có số hop nhỏ. Ví dụ sau đây sẽ chứng minh cho những vấn đề đã nói ở trên.

Ví dụ: Xét mạng với 4 nút và 2 bước sóng w_0 và w_1 như trong hình 1.3. Cần thiết lập các lightpath giữa những cặp nút <0,1>,<2,3>,<1,3>,<0,2>. Giả thiết rằng các yêu cầu đến theo thứ tự trên. Một thuật toán RWA động thiết lập các lightpath p_0, p_1, p_2 cho 3 yêu cầu đến đầu tiên như trong hình 1.4(a). Thuật toán này sử dụng bước sóng rỗi đầu tiên cho tuyến được chọn. Các lightpath p_0, p_1 sử dụng w_0, p_2 sử dụng w_1. Không có lightpath được thiết lập giữa nút 0 và nút 2, vì tuyến giữa 2 nút này không đảm bảo sự liên tục bước sóng. Một thuật toán RWA tĩnh thiết lập các lightpath q_0, q_1, q_2 và q_3 cho 4 cặp nút như trong hình 1.1(b). Thuật toán này xét các kết nối trong thứ tự không tăng chiều dài hop, và bước sóng rỗi đầu tiên được gán cho một kết nối. Ở đây các cặp nút được xét theo thứ tự <1,3>,<0,2>,<0,1>,<2,3>.



Hình 1.1: *Các lightpath được thiết lập với a) RWA động b) RWA tĩnh*

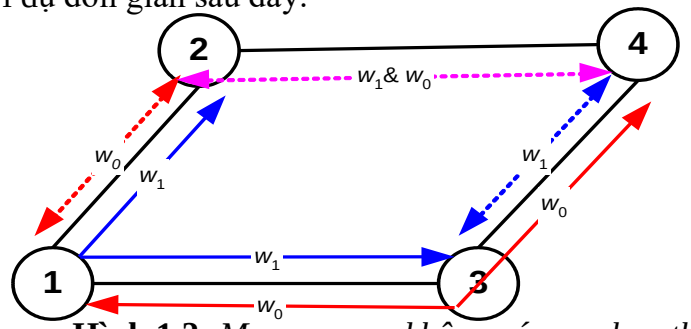
Bài toán RWA là bài toán NP-đầy đủ, vì vậy để giải nó người ta thường được chia thành hai bài toán con: Định tuyến và ấn định các bước sóng.

Có 3 phương pháp định tuyến quan trọng: định tuyến cố định (fixed routing), định tuyến luân phiên (fixed alternate routing), và định tuyến đầy đủ (exhaust routing). Phương pháp định tuyến cố định chọn một tuyến duy nhất giữa một cặp nút, và thông thường tuyến đó là tuyến ngắn nhất giữa cặp nút này. Phương pháp định tuyến luân phiên dùng hai hay nhiều tuyến giữa một cặp nút. Những tuyến này được tìm lần lượt theo một thứ tự định trước, thường là theo thứ tự không tăng chiều dài hop của chúng. Phương pháp định tuyến đầy đủ tìm kiếm trên tất cả các tuyến có thể giữa một cặp nút và chọn tuyến ngắn nhất (cái mà có thể ấn định được một wavelength) theo trạng thái của mạng. Phương pháp định tuyến đầy đủ có tính khả thi cao hơn hai phương pháp kia nhưng nó lại yêu cầu sự tính toán phức tạp hơn. Tương tự phương pháp định tuyến cố định yêu cầu tính toán đơn giản hơn phương pháp định tuyến chọn lọc, nhưng tính khả thi của nó lại thấp hơn.

Phương pháp ấn định bước sóng được chia thành bốn loại: bước sóng được sử dụng nhiều nhất (most used), bước sóng được sử dụng ít nhất (least used), thứ tự các bước sóng là cố định (fixed oder) và thứ tự các bước sóng là ngẫu nhiên (random oder). Trong phương pháp thứ nhất, các bước sóng được tìm theo thứ tự không tăng khả năng tận dụng nó trong mạng. Các lightpath được nhóm lại để có nhiều bước sóng sẵn sàng cho những yêu cầu kết nối sau. Trong phương pháp thứ hai, các bước sóng cũng được tìm theo thứ tự không tăng khả năng tận dụng nó trong mạng. Phương pháp này ấn định bước sóng cho các lightpath để sự khác nhau về bước sóng giữa chúng là nhiều nhất có thể. Ý tưởng ở đây là một yêu cầu mới có thể tìm được một tuyến ngắn nhất với một bước sóng còn rỗi trên nó. Phương pháp thứ ba ấn định các bước sóng theo một thứ tự cố định. Mỗi bước sóng được gán một chỉ số, bước sóng với chỉ số thấp nhất được kiểm tra đầu tiên. Trong phương pháp thứ tư, các bước sóng được gán theo một thứ tự ngẫu nhiên. Theo các tài liệu báo cáo khoa học, với một thuật toán định tuyến, hiệu quả của các phương pháp ấn định các bước sóng là như nhau.

1.3.2. Sự cần thiết của wavelength converter

Nếu không có các thiết bị chuyển đổi bước sóng (wavelength converters), thì một lightpath sẽ yêu cầu sử dụng duy nhất một wavelength trên tất cả các liên kết mà nó trải qua. Điều này được biết như là sự ràng buộc liên tục của bước sóng. Và sự rằng buộc này làm giảm hiệu năng sử dụng các tài nguyên mạng. Chúng ta có thể thấy rõ điều này qua ví dụ đơn giản sau đây:



Hình 1.2: *Mạng quang không có wavelength converter*

<u>Ví dụ:</u> *Giả sử chúng ta có mạng quang như hình 1.2 và không có các wavelength converters ở trên mạng. Mỗi một liên kết có hai wavelength là w_0 và w_1. Giả sử chúng ta có 2 kết nối giữa các cặp nút (1, 4) và (2, 3). Giả sử kết nối giữa cặp nút (1,4) sử dụng lightpath theo đường (1, 3, 4) với wavelength w_0. Kết nối giữa cặp nút (2, 3) sử dụng lightpath theo đường (2, 1, 3) với wavelength w_1. Bây giờ, giả sử có một yêu cầu kết nối mới giữa nút (1, 3). Rõ ràng chúng ta không thể thiết lập được kết nối cho yêu cầu này bởi vì: Liên kết (1,3) đang bận (cả w0 và w1 đều đang sử dụng), đường (1,2,4,3) thì không tồn tại một wavelength cho tất cả các liên kết vì liên kết (3,4) và liên kết (1,2) có hai wavlength rỗi lại khác nhau là w_0 và w_1 tương ứng.*

Rõ ràng, trong trường hợp này tài nguyên mạng đang còn rỗi nhưng lại không phục vụ được nhu cầu kết nối. Bây giờ ta lại giả sử mạng có wavelength converter tại nút số 2. Khi đó, yêu cầu kết nối giữa nút (1, 3) trong ví dụ trên như hình vẽ 1.3 dưới đây.