

CÁC THUẬT TOÁN ĐỊNH TUYẾN TRONG MẠNG TRUYỀN TẢI QUANG DUNG LƯỢNG CAO

ĐINH MINH SƠN, HOÀNG MINH

I. MỞ ĐẦU

Thông tin quang sẽ chiếm ưu thế trong mạng trục, mạng vùng/metro với dung lượng từ 40 Gbit/s, 80 Gbit/s cho tới 1,28 Tbit/s trên khoảng cách từ 40 - 450 km. Trong 15 năm tới, tốc độ mỗi kênh sẽ tăng từ 2,5 - 10 Gbit/s tới 40 - 160 Gbit/s trên một đôi sợi. Các lớp quang sẽ thông minh hơn, chức năng thực hiện trong lớp quang sẽ tăng lên và chế độ bảo vệ sẽ có trong lớp quang. Vì vậy, việc xây dựng một hệ thống truyền tải có dung lượng lớn đã đặt ra yêu cầu phải có các giải pháp tối ưu các tuyến truyền dẫn theo lưu lượng nhằm tối ưu việc sử dụng nguồn tài nguyên hữu hạn.

Thành công trong hiện tại và tương lai của mạng truyền tải quang dung lượng cao là khớp nối hiệu quả của chuyển mạch và định tuyến quang. Vì vậy, trong bài viết này sẽ đề cập đến Các thuật toán định tuyến ứng dụng cho mạng truyền tải quang dung lượng cao.

II. CÁC CƠ SỞ XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

1. Mở rộng phân cấp các con-ten-nơ và các bộ trộn

Trong mạng quang thế hệ thứ nhất, khái niệm con-ten-nơ chỉ các mức phân cấp đồng bộ số. Ví dụ STM-1 cơ sở có tốc độ 155 Mb/s; STM-16 có tốc độ 2,5 Gb/s...

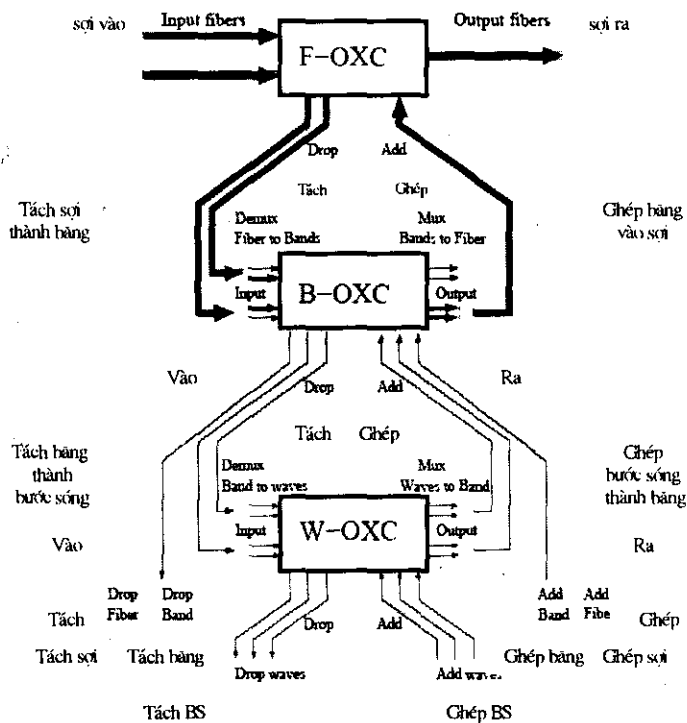
Trong mạng truyền tải dung lượng cao, về mặt lý thuyết, cần mở rộng khái niệm này và coi con-ten-nơ cấp cao nhất chính là sợi quang. Trong những con-ten-nơ này là những băng thông mà chính nó lại chứa đựng những bước sóng. Khái niệm con-ten-nơ và phân cấp con-ten-nơ được mở rộng cho sợi, băng thông và bước sóng. Chính *khái niệm mới về ba bậc các con-ten-nơ mức sợi, mức băng thông, mức bước sóng* là cơ sở xây dựng các thuật toán tính toán định tuyến mới và các thuật toán khác cho phép điều khiển các phân bậc này trong mạng thông tin quang WDM và sẽ được trình bày trong khuôn khổ bài viết này.

Từ khái niệm phân bậc này cho phép xác định W như là một hệ số ghép của một con-ten-nơ. Nếu $W_{x,y}$ là số các con-ten-nơ kiểu y có thể gói vào trong một con-ten-nơ kiểu x thì ta có:

- $W_f = W_{f,w}$ là hệ số ghép bước sóng của một sợi.
- $W_b = W_{b,w}$ là hệ số ghép bước sóng của một băng.

Các nút của mạng quang có chức năng trộn sẽ cho phép chuyển các con-ten-nơ truyền trong mạng tới điểm cần đến và thực hiện một sự phân bổ, xếp xấp mới cho các bước sóng và gọi chung đó là những Bộ trộn phân bậc HXC (đầu chéo phân bậc). Các OXC được phân biệt theo các mức của con-ten-nơ.

1. *Bộ trộn sợi F-OXC (Fibre Optical Crossconnect)* trộn các sợi và điều khiển các bước sóng theo cùng một cách chung không phân biệt, gọi là con-ten-nơ “sợi”.
2. *Bộ trộn sợi B-OXC (band Optical Crossconnect)* Là mức trung gian giữa bước sóng đơn và sợi gồm từ 8 đến 24 bước sóng và có khả năng đầu chéo băng thông quang.
3. *Bộ trộn bước sóng W-OXC (Wavelength Optical crossconnect)*. Để trộn và đầu chéo bước sóng quang và cho phép chuyển mạch một bước sóng trong nút.



Hình 1. Sơ đồ chi tiết của một bộ trộn 3 mức

Hình 1 giới thiệu mô hình chức năng của bộ trộn cho phép đưa vào (Add) hay lấy ra (Drop) một sợi, một băng tần, hay một bước sóng ở một trong các mức F-OXC, B-OXC hay W-OXC.

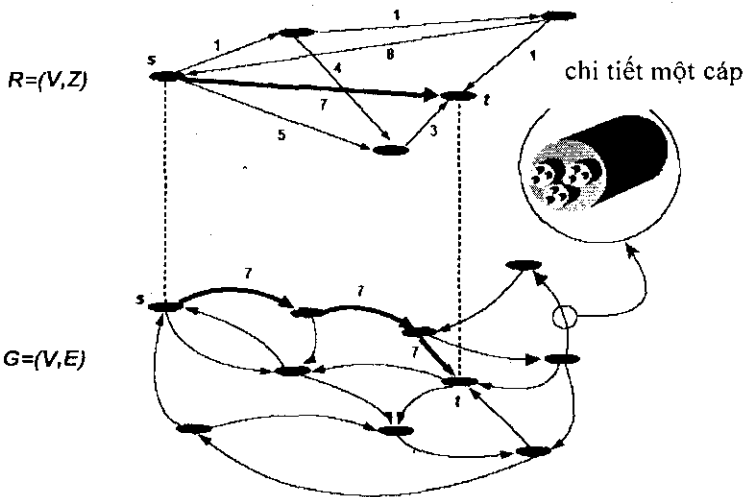
2. Mô hình hóa các mạng WDM

Với một mạng đang khai thác, có thể biết trước những đặc điểm phân bố để xây dựng mô hình mạng. Có thể mô hình hóa một mạng WDM bằng một biểu đồ định hướng $G = (V, E)$. Trong đó, V là tập hợp các nút mạng và E là tập hợp các cung có hướng chính là các sợi quang trên mạng. Một cung e của mạng được xác định giá trị bởi $c(e)$ là dung lượng của cáp quang tương ứng, biểu thị bằng số sợi. Để xây dựng cơ sở cho các thuật toán định tuyến chúng ta sử dụng khái niệm ma trận lưu lượng để mô hình hoá mạng quang WDM. Ma trận lưu lượng hay tập các lưu lượng đặc trưng cho yêu cầu chuyển dữ liệu từ nút (node) s đến nút t . Ma trận này xác định yêu cầu đường truyền giữa những cặp đỉnh (s, t) của $V \times V$ đỉnh. Định nghĩa Z là tập lưu lượng thoả mãn.

Cho $z = (s,t) \in Z$, còn $Size(z)$ là số bước sóng chuyển từ s tới t trong mạng. Cần phải giảm thiểu số bước sóng cần cho truyền dẫn. Lưu lượng nhỏ nhất có thể (lưu lượng đơn vị) là một bước sóng từ s tới t . Tập những yêu cầu của ma trận lưu lượng định hướng được biểu thị bằng biểu đồ định hướng lưu lượng $R = (V, Z)$. Khái niệm Ma trận lưu lượng này là tĩnh và hoàn toàn biết trước.

3. Định tuyến và gán bước sóng mạng quang WDM theo mô hình lưu lượng

Định tuyến lưu lượng trên mạng WDM là vấn đề quan trọng nhất trong việc tối ưu nguồn tài nguyên mạng. Xuất phát từ lưu lượng, người ta tìm cách kết hợp một hay nhiều đường đi của các bước sóng. Đường đi của bước sóng là một một cung nối từ nguồn s đến điểm t của lưu lượng $z = (s,t)$ chuyển trên một số bước sóng nhất định. Như vậy, cho một biểu đồ định hướng G và một biểu đồ định hướng R của lưu lượng, thực hiện nhúng R vào trong G để xác định các tuyến cho từng lưu lượng $z \in Z$ dưới những điều kiện ràng buộc về dung lượng chính là thực hiện định tuyến.



Hình 2. Ví dụ những yêu cầu lưu lượng trong định tuyến

Không chỉ là thiết kế mạng, việc định tuyến này còn phục vụ bài toán tính dung lượng của từng cấp trên mạng, là giải pháp để tìm cách làm giảm nghẽn mạch của những đường nối để nâng cao chất lượng truyền dẫn, đảm bảo dung lượng của cấu trúc mạng. Hình 2 cho ví dụ định tuyến giữa s và t , lưu lượng 7 bước sóng được biểu diễn bằng một cung nét đậm.

Gán bước sóng hay phân bổ sử dụng bước sóng RWA (Routing and Wavelength Assignment), là khi định tuyến được thực hiện trong cùng một thời gian. Gán bước sóng nhằm tạo một mạch vòng trong các tuyến cấp trên bước sóng nào đó. Nếu không có sự chuyển đổi trong các nút thì đường nối này sẽ lại sử dụng chính bước sóng mà đã được đánh số (ví dụ số 1) khi truyền qua toàn mạng.

III. CÁC THUẬT TOÁN ĐỊNH TUYẾN

1. Định tuyến và đa bước sóng (Multiflot)

Vấn đề định tuyến là *np - đồng bộ*. Khi mà trận lưu lượng vuông (có nghĩa là mỗi nút liên hệ với tất cả các nút của mạng), các thuật toán định tuyến quang sử dụng những kỹ thuật tính toán dựa trên lý thuyết đồ thị. Nếu Tô-pô của mạng là vuông, nó cho phép đạt được một kết quả lý thuyết tốt, hoặc như trong trường hợp mạng mạch vòng chẳng hạn. Định tuyến gắn liền với thiết kế mạng, và mục đích của tính toán định tuyến là phải tìm cách tối thiểu các màu sử dụng (*RWA*) [2].

Ở đây, Chúng ta chỉ *xét những vấn đề định tuyến cho một chùm đa bước sóng* chứ không xét định tuyến đơn cho một bước sóng trên mạch.

Một bước sóng đại diện cho một luồng dữ liệu từ nguồn s đến đích t và tuân theo định luật Kirchhoff tại mỗi nút mạng (xem p.tr 2.2). Mỗi bước sóng tương ứng với một lưu lượng đã cho. Một đa bước sóng là một tập các bước sóng. Từ đa bước sóng dẫn đến việc cần phải tính các lưu lượng $z \in Z$ trên một mạch $G = (V, E)$ trong một đa thức thời gian khi mà mỗi bước sóng là một thành phần trong đa thức đó (thực hiện giảm bậc tuyến tính đa bước sóng tổng quát). Mô hình cơ bản được sử dụng là mô hình *đỉnh - cung* (tương ứng với các nút và đường truyền trên mạng) đòi hỏi bước sóng biến đổi theo cung và theo lưu lượng. Giả thiết $x_{e,z}$ là biến của một bước sóng thuộc cung e và lưu lượng z . Ta định nghĩa $add(v,z)$ và $drop(v,z)$ là bước sóng đến, bước sóng đi tại nút v theo lưu lượng z . $\delta^-(v)$ và $\delta^+(v)$ là những tập cung ra và vào nút v .

Chương trình tuyến tính 1: Đa bước sóng *đỉnh - cung*

$$\forall e \in E, \sum_{z \in Z} x_{e,z} \leq c(e) \quad (3.1)$$

$$\forall v \in V, \forall z \in Z, \sum_{e^- \in \delta^-(v), e^+ \in \delta^+(v)} x_{e^-,z} - x_{e^+,z} = drop(v,z) - add(v,z) \quad (3.2)$$

$$\forall e \in E, \forall z \in Z, x_{e,z} \geq 0 \quad (3.3)$$

$$\text{Min} \sum_{z \in Z, e \in E} x_{e,z} \quad (3.4)$$

Ưu điểm của chương trình này là có thể biểu thị dưới dạng đa thức có $(O(|E||Z|))$ biến và $(O(|V||Z| + |E||Z| + |E|))$ điều kiện: những thuật toán của chương trình tuyến tính giải nó theo các đa thức thời gian (Ví dụ phương pháp *ellipsoide*) [3]. Để giải quyết vấn đề định tuyến, phương trình *đỉnh - cung* không thuận lợi cho việc xác định các tuyến trong khi chính các tuyến này lại cần để giải quyết vấn đề tạo nhóm trong thiết kế mạng truyền tại OTN.

Mô hình thứ hai là mô hình *cung - đường* gồm những tính toán cho các bước sóng trên các cung trong mạch nhờ tập các đường truyền cho mỗi lưu lượng xem xét. Trở ngại của phương pháp tính *cung - đường* này là phải biểu diễn tất cả các tuyến có thể cho từng lưu lượng $z = (s,t) \in Z$. Độ lớn của tập các tuyến truyền dẫn này tăng theo hàm số mũ của kích cỡ của mạng.

Lưu ý, P_z là tập các đường truyền dẫn đáp ứng cho lưu lượng z . Còn $\delta_{p,z}^A$ là biến yêu cầu số lượng bước sóng đáp ứng cho đường truyền $p \in P_z$ cho một lưu lượng z .

Chương trình tuyến tính 2: Đa bước sóng *cung - đường*

$$\forall z \in Z, \sum_{p \in P_z} \delta_{p,z}^A = size(z) \quad (3.5)$$

$$\forall e \in E, \sum_{z \in Z, p \in P_z, e \in p} \delta_{p,z}^A \leq c(e) \quad (3.6)$$

$$\forall z \in Z, \forall p \in P_z, \delta_{p,z}^A \geq 0 \quad (3.7)$$

$$Min \sum_{z \in Z, p \in P_z, e \in p} \delta_{p,z}^A \quad (3.8)$$

Chương trình tuyến tính này có $O(|Z||P_Z|)$ biến và $O(|Z||P_Z| + |Z| + |E|)$ điều kiện, ở đây, $|P_Z|$ chỉ rõ kích thước tiệm cận của các tập P_Z .

Các hàm mục tiêu đã đưa ra trong hai chương trình tuyến tính sẽ tính toán kích thước tổng của đa bước sóng sử dụng trên mạng. Nó cũng tác động đến toàn bộ lưu lượng và các tuyến truyền dẫn đã định tuyến trong số những bước sóng cho từng cung đường truyền.

2. Ứng dụng đa bước sóng trong định tuyến

Việc tối thiểu tổng số bước sóng trên mạng là một mục tiêu đúng. Nhưng về nguyên tắc, ta cần tính số lượng các sợi sử dụng trong mạng chứ không tính đến số lượng bước sóng.

Nếu giảm điều kiện bao toàn các biến số các chương trình tuyến tính đa bước sóng, sẽ đạt được một chương trình tuyến tính thành phần. Giải các chương trình tuyến tính ở trên sẽ được một đa thức. Định tuyến đạt được theo một bước sóng tổng quát, có nghĩa là dù các đường hay các bước sóng được chọn đều phải là những kết quả tổng hợp của các bước sóng trọn vẹn trên mạng. Trong trường hợp này, chúng ta sử dụng hàm mục tiêu để tính số sợi thay cho hàm mục tiêu bước sóng để đưa vào lời giải (hàm mục tiêu biến đổi theo “bước nhảy” trong quá trình xử lý tối ưu; mỗi bước bằng W_f là hệ số ghép bước sóng tại điểm nhảy của chỉ một bước sóng). Chúng ta đưa vào biến $nb_f(e)$ vào để biểu thị số sợi trên cáp e . Các chương trình tuyến tính trình bày trong mục III.1 trên trở thành:

Chương trình tuyến tính 3: Định tuyến định- cung

$$\forall e \in E, \sum_{z \in Z} x_{e,z} \leq W_f \times nb_f(e) \quad (3.09)$$

$$\forall e \in E, W_f \times nb_f(e) \leq c(e) \quad (3.10)$$

$$\forall v \in V, \forall z \in Z, \sum_{e^- \in \delta^-(v), e^+ \in \delta^+(v)} x_{e,z} - x_{e,z}^+ = drop(v, z) - add(v, z) \quad (3.11)$$

$$\forall e \in E, \forall z \in Z, x_{e,z}, nb_f(e) \text{ Tổng quát} \quad (3.12)$$

$$Min \sum_{e \in E} nb_f(e) \quad (3.13)$$

Chương trình tuyến tính 4: Định tuyến cung - đường

$$\forall z \in Z, \sum_{p \in P_z} \delta_{p,z}^A = size(z) \quad (3.14)$$

$$\forall e \in E, \sum_{z \in Z, p \in P_z, e \in p} \delta_{p,z}^A \leq W_f \times nb_f(e) \quad (3.15)$$

$$\forall e \in E, W_f \times nb_f(e) \leq c(e) \quad (3.16)$$

$$\forall z \in Z, \forall p \in P_z, \delta_{p,z}^A, nb_f(e) \quad \text{Tổng quát} \quad (3.17)$$

$$\text{Min} \sum_{e \in E} nb_f(e) \quad (3.18)$$

Cả hai trình bày này trong chương trình tuyến tính đa bước sóng có kích thước tương tự nhau: Chương trình tuyến tính 3 sử dụng $O(|E||Z|+|E|)$ biến và $O(|V||Z|+|E||Z|+|E|)$ điều kiện. Còn chương trình tuyến tính 4 có $O(|P_z||Z|+|E|)$ biến và $O(|P_z||Z|+|E|)$ điều kiện, với $|P_z|$ là kích thước tiệm cận của các tập P_z .

Phương pháp giải chương trình tuyến tính theo phương trình *đỉnh - cung* là *np - đồng bộ*.

3. Thiết lập các đường truyền

Sử dụng phương trình *cung-đường* để tạo các tập đường truyền kích thước hạn chế, khi đó phương trình tuyến tính là một đa thức biểu diễn tập các đường truyền dự kiến p_z , coi μ là tham số kiểm soát “độ phân tán” các đường truyền tạo ra so với các đường truyền ngắn nhất có bước sóng là $MNH(z)$ (*Minimum Number of Hops*). Tham số nb_f kiểm soát số đường truyền được thiết lập. Phương pháp này thiết lập đường truyền theo kiểu tiến triển không tuần tự (*Raghvan*). Xây dựng một *tiến triển không tuần tự* xuất phát ở nút s và thử thăm dò chấp nối với nút t . Cấu trúc thiết lập được mô tả theo quá trình hồi quy sau:

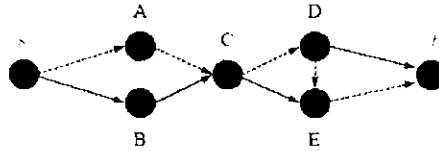
Tại khoảng k của quá trình, một đường truyền $p = (s, u_1, \dots, u_k)$ được hình thành nhờ quá trình tiến triển không tuần tự. Ví dụ $v_1, \dots, v_k$ là những lân cận của nút u_k . Người ta kéo dài với một xác suất $1/k$ lân cận u_{k+1} trong tập $v_1, \dots, v_k$. Đường truyền mới lúc này sẽ là $p = (s, u_1, \dots, u_k, u_{k+1})$.

Các chỉ tiêu dừng. Các điều kiện dừng của quá trình.

- Nếu $u_{k+1} = t$, đường truyền $(s, u_1, \dots, u_k, t)$ được tìm thấy và cộng thêm trong P
- Nếu lân cận u_{k+1} của u_k đã thuộc về p thì một mạch vòng được thiết lập. Loại đi đường truyền sinh ra do chọn lựa của u_{k+1} .
- Nếu bước sóng (theo số nhánh) của p là bậc cao tại $MNH_{(z)} + \mu$, đường truyền bị loại.
- Cuối cùng, nếu $|P_z| > nb_f$, việc thiết lập kết thúc.

Hình thành theo chùm. Cần phải tạo ra một kết quả hài hòa giữa những đường truyền rất gần các đường ngắn nhất và những đường truyền dài sử dụng những đường đi

vòng. Phương pháp đã trình bày cho phép xây dựng các đường truyền theo “chùm” xung quanh đường ngắn nhất: Sự thiết lập theo bề rộng được giới hạn bởi một khoảng cách tối đa hạn chế có những đường truyền quá xa với những đường ngắn nhất và sự tiến triển không tuần tự cũng được điều khiển bởi một điều kiện kích thước tối đa. Việc rút gọn trên một “chùm” các đường truyền đóng góp nhiều vào việc giảm kích thước cần thiết khi giải quyết trong trường hợp phương trình *cung-đường*. Tham số μ rất quan trọng vì nó điều khiển độ rộng của chùm. μ càng tăng, các đường truyền được tạo ra càng dài, làm tiêu tốn càng nhiều dung lượng trên cáp nếu bước sóng đại diện cho định tuyến thông tin trên một mạng.



Hình 3. Tiến triển không tuần tự từ s đến t và $\mu = 1$

Ích lợi ở giới hạn kích thước các đường truyền như vậy, ví dụ, có được kích thước của đường truyền ngắn nhất giảm tới hai lần. Người ta nói rằng một *Hệ số co giãn* cố định μ bằng 2 như là $0 \leq \mu \leq \max_{v \in V} MNH_{(v)}$.

Thực tế, không thể hy vọng giảm hơn hai lần tài nguyên mạng để chuyển tải lưu lượng (có bảo vệ 1+1), so với sự đòi hỏi tối thiểu cần đạt được nếu ta có thể định tuyến lại tất cả các lưu lượng theo những đường truyền ngắn nhất. Giá trị của μ được xác định bằng thực nghiệm.

Cần chú ý rằng các thiết lập này là tĩnh, khi so sánh các phương pháp định tuyến lưu lượng hay thiết lập các đường truyền định tuyến động bởi lưu lượng đã được định tuyến. Thiết lập tĩnh của đường truyền sẽ có lợi cho những phương trình bảo vệ trong mạng toàn quang WDM sử dụng những tập đường truyền đã tính trước này.

4. Thuật toán đánh dấu các đỉnh để đặt trục của các đường truyền ngắn nhất

Thuật toán Đánh dấu các đỉnh để đặt trục của các đường truyền ngắn nhất.

Vào: $T(s)$ một trục của các đường truyền ngắn nhất phát sinh từ $s, s \rightarrow t$ là một đường truyền ngắn nhất.

Ra: Một cách tô màu hợp lí của các đỉnh cùng màu đỏ.

- 1: $\{ \text{Bắt đầu} \} \forall y \neq s$ một đỉnh từ $s \rightarrow t$, đi đến $(M, \langle y, l(s, y) \rangle)$.
- 2: **Khi không- rỗng (m) thực hiện.**
- 3: $\langle v, l(s, v) \rangle \leftarrow$ rút ra- cực tiểu (m).
- 4: Nếu $\exists q \neq M$ lân cận không đỏ của v thì $q.l(s, q) = l(s, v) + 1$ vậy.
- 5: $P(v) \leftarrow q$ { v là màu hồng }.
- 6: **Nếu không.**

7: màu đỏ(v) $\leftarrow$ đỏ.

8: Đối với mọi v là đường nối của $v \notin M$ thực hiện.

9: Đi đến $(M, \langle v, l(s, v) \rangle)$.

10: kết thúc với.

11: Kết thúc nếu.

12: Kết thúc khi.

Những thuật toán thường dùng cập nhật các đường truyền biên cho các đường truyền ngắn nhất đạt được bằng những tính phép tính thay đổi một cung một cách đồng thời, chúng ta mở rộng thuật toán của frigioni, marchetti-spaccamela, và nanni [4] trong trường hợp biến đổi tất cả những đường cạnh trên một đường truyền trong số các đường truyền biên.

Đặt trục của những đường truyền ngắn nhất như vậy khi tăng độ dài của một cung được phân thành hai giai đoạn. giai đoạn 1 nhuộm màu tập hợp các đỉnh v của mạch như sau:

- $q \in V$ là **đỏ** nếu khoảng cách của nó đến s tăng.
- $q \in V$ là **hồng** nếu q giữ khoảng cách của nó tại s nhưng phải thay đổi gốc trong $T(s)$.

- $q \in V$ là **trắng** nếu q không thay đổi hoặc khoảng cách hoặc gốc. Hệ thống phân loại này cho phép chuyển sang giai đoạn 2 để tính những khoảng cách mới cho những đỉnh **đỏ** trong việc áp dụng một trình tự tương tự nhờ thuật toán *dijkstra*. Cũng cần tránh những phép tính vô ích trên các đường biên không **đỏ** khi nó tác động đến sự bổ xung các đường biên của những đường truyền ngắn nhất. Trong thuật toán 2, chúng ta chia nhỏ quá trình nhuộm màu được sử dụng:

Khoảng cách từ s đến một nút u được chú thích $l(s, u)$ và trục $T(s)$ của các đường truyền ngắn nhất sinh ra từ s được hiểu ngầm nhờ tập các gốc của các nút trong $T(s)$ được kí hiệu là $P(v), \forall v \in V$.

Thuật toán bắt đầu bằng sự chú ý đến các đỉnh của đường truyền $s \rightarrow t$ trong một dãy m (dòng 1). Dãy này không chỉ gồm những đỉnh có liên quan tới sự biến đổi (những đỉnh màu đỏ và những đỉnh màu hồng). Tiếp theo, khi m không rỗng (dòng 2), nó định ra đỉnh gần s nhất (dòng 3) và xác nhận nếu khoảng cách của nó được bảo tồn (dòng 4).

Trong trường hợp này, gốc của nó được xác định, đỉnh được đánh dấu ngầm là **hồng** (dòng 5), và tất cả trục con sinh ra đỉnh này được đánh dấu ngầm là **trắng** vì lẽ sẽ không bao giờ được quan tâm đến trong m nữa. Trong trường hợp ngược lại, đỉnh được đánh dấu **đỏ** (dòng 7) và những đường nối của nó đã không được chú ý trong m vì nó phải là bậc thấp hơn màu hồng (đường 8, 9). Tính hợp lí của thuật toán nhuộm màu này là:

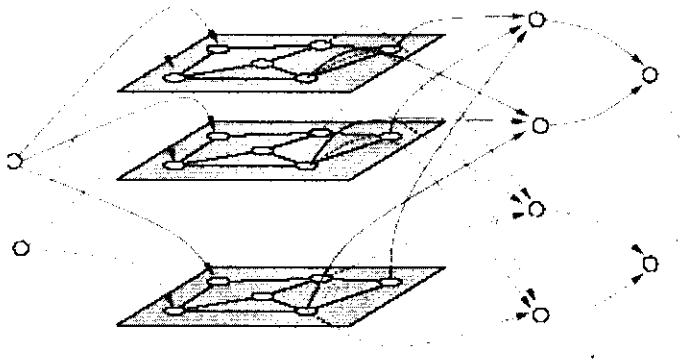
Nếu tồn tại một mạch $G=(V, E)$, thì $T(s)$ là các đường biên của các đường truyền ngắn nhất gắn liền với s và $P_{s,t}$ là đường truyền ngắn nhất từ s tới t . Nếu người

ta tăng độ dài của tất cả các cung của đường truyền $P_{s,t}$ thì thuật toán 4 nhuộm màu đúng tất cả các đỉnh của G .

5. Mô hình định tuyến và gán bước sóng

Thuật toán xấp xỉ đa bước sóng thành phần cho phép định tuyến một đa bước sóng trên một mạng mô hình hoá bằng một mạch mà các cung được xác định giá trị bằng chính dung lượng của nó. Mô hình này không chú ý tới việc tính toán bộ trộn bước sóng ở mức nút: trong đề xuất hai chiều ta biểu diễn bộ trộn này thành những lớp mạng trong mạch mà số lớp bằng số bước sóng w . Như vậy mỗi lớp mạng biểu diễn một bước sóng đã cho trên mạng và tín hiệu đi qua một nút của lớp mạng này là tín hiệu quang liên tục. Trong trường hợp này, việc định tuyến của một đa bước sóng trên một mô hình như thế đã đòi hỏi việc giải quyết vấn đề phân bổ bước sóng, theo kiểu RWA. Hình 4 biểu thị chuyển đổi của mạch ban đầu (mạch nằm gọn trong mặt phẳng màu xám) sang mạch theo lớp hay mạch phụ các đỉnh phụ được thêm cho mỗi nút nguồn s của mạng ban đầu, người ta tạo ra một siêu nút nguồn mà nó nối liền bản sao của s (một cho một lớp). người ta thực hiện như vậy cho cho mỗi nút đến t , tạo ra một siêu nút đến. cuối cùng, người ta thêm một nút điểm đến đặc biệt với mục đích dành cho tất cả các yêu cầu lưu lượng chuyển đến t (người ta nối mỗi siêu nút điểm đến như vậy tới các nút mới này).

Chú ý rằng, mô hình này không tính đến khả năng chuyển đổi các bước sóng ở mức các bộ trộn quang: thêm vào một số lượng nhất định cung giữa nhiều bản sao của cùng một nút sẽ cho phép thay đổi lớp trong mạch phụ. Người ta cũng thực hiện một biến đổi bước sóng λ_1 thành một bước sóng có độ dài khác λ_2 .



Hình 4. Ví dụ mạch theo lớp cho 4 yêu cầu lưu lượng sinh ra từ 2 nguồn và $w = 3$

Trong phiên bản hình 4, không có khả năng biến đổi bước sóng: cũng không có bất kỳ liên kết giữa hai lớp (những phần màu xám trong hình 4). Nếu mạng WDM có n nút và m đường nối, khi có w bước sóng và một nhu cầu cần thiết thông tin mà nó gồm ít hơn tất cả các cặp có thể (xấu nhất trong các trường hợp), mạch phụ có $O(n^2)$ đỉnh và $O(W.n^2)$ cung. Độ phức tạp của thuật toán của fleisher là: $O\left(\frac{\log_{1+\epsilon} n}{\epsilon^2} W n^4 (W + 2 \log n)\right)$.

Nhưng, chúng ta nhận thấy rằng cấu trúc mạch đưa đến một trường hợp đặc trưng đơn giản của thuật toán các đường truyền ngắn nhất: chúng ta không quan tâm đến cả

bó đường truyền ngắn nhất, mà là một đường truyền trong bó này và chạy suốt từ điểm nguồn đến tận điểm đến. Đường truyền này chỉ đi qua và duy nhất một lớp của mạch phụ và điều này sẽ giới hạn số lượng các đường lân cận có liên quan đến thuật toán *ussp*: nó đặt đủ một cấu trúc nằm trong một lớp mà trong lớp đó *metric* đã thay đổi để tạo các liên kết giữa các điểm nút, các liên kết này được thực hiện trong thời gian $O(\log nW)$ bằng một mạch thực tế.

Độ phức tạp của *ussp* trở thành $O(\alpha\beta \log nW) < O(m + n \log n)$. Lưu ý quan trọng trong trường hợp này, người ta có thể sử dụng lợi thế của việc sử dụng *ussp* bởi một hệ số w .

Hơn nữa, khi tính toán đường truyền ngắn nhất giữa một siêu nút nguồn và một siêu nút đến. Những siêu nút nguồn và một siêu nút đến có thể được bỏ qua trong thuật toán thiết lập. Như vậy, số đỉnh đề cập trong mỗi tính toán của đường truyền ngắn nhất không bằng $O(n^2)$ nhưng bằng $O(nW)$ và số cung là $O(mW)$. Tuy nhiên, số lượng

cung đề cập trong thuật toán đa bước sóng còn lại bằng $O(Wn^2)$, nghĩa là toàn bộ mạch. Theo kết quả, một phép tính đa bước sóng không biến đổi, thuật toán của Fleisher nhận một thời điểm xấu nhất: $O\left(\frac{\log_{1+\varepsilon} n}{\varepsilon^2} n^2 W (m + n \log n)\right)$ nghĩa là có một sự cải thiện của một hệ số $O(w)$ tùy thuộc vào phiên bản trước và một hệ số

$O\left(\frac{n^4 W^2 \varepsilon^2}{\log n}\right)$ tùy thuộc vào $O(n^8 W^3)$ cần thiết cho việc giải phương trình tuyến tính. Số nút được giảm đi đáng kể và kích thước mạng cũng được giảm. Khi xác định một đường truyền ngắn nhất, số cung rất gần số dư giới hạn.

IV. KẾT LUẬN

Mạng truyền tải quang OTN được coi là bước tiếp theo tự nhiên trong quá trình phát triển mạng truyền tải. Chúng ta đã trình bày những phương trình truyền thống cho phép tính toán các đa bước sóng: phương trình *đỉnh - cung* và *cung - đường* và đã chỉ ra đề xuất thiết lập các đường truyền để chọn lựa đưa vào định tuyến nhờ phép tiến triển không tuần tự. Lời giải của những mô hình này nằm trong mô hình tuyến tính tổng quát và là một *np - đồng bộ*. Chúng ta đã đưa vào một thuật toán đánh dấu để đặt trực các đường truyền ngắn nhất được thiết lập. Cách biểu diễn thuật toán định tuyến và gán bước sóng theo lớp rất thích hợp cho định tuyến tĩnh trong mạng quang không biến đổi. Cuối cùng, mô hình này sẽ cho phép mở rộng lý luận về định tuyến trong mạng toàn quang WDM dung lượng cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Bá Hưng - Nghiên cứu các kỹ thuật chuyển mạch quang tiên tiến và phương án ứng dụng trong mạng viễn thông Việt Nam.
2. V. Kumar - Approximating circular arc coloring and bandwidth allocation in alloptical ring networks, In: Proc. of the International Workshop on Approximation Algorithms for Combinatorial Optimization (APPROX'98),

Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1444, Springer-Verlag, 1998, pp. 147-158.

3. G. L. Nemhauser and L. A. Wolsey - Integer and Combinatorial Optimization, John Wiley & Sons, 1988.
4. D. Frigioni, A. Marchetti-Spaccamela, and U. Nanni - Fully dynamic algorithms for maintaining shortest paths trees, Journal of Algorithms **34** (2) (2000) 51-281.

SUMMARY

THE ROUTING ALGORITHMS FOR DESIGNING THE WDM OPTICAL TRANSPORT NETWORK

In the high capacity optical transport network (OTN) used the wavelength division multiplexing (WDM), The routing traffic is the key's problem for optimal resources. Therefore, in this paper, a new routing algorithm in the OTN design is presented. In detail, we propose a new routing algorithm and a new heuristic method for routing and wavelength assignment. This routing algorithm and new RWA model using in the OTN is aimed at minimizing the cost of the whole network.

Địa chỉ:

Nhận bài ngày 22 tháng 5 năm 2007

Ban khoa học công nghệ, Tập đoàn Bưu chính Viễn thông Việt Nam.