

## ĐỊNH TUYẾN TỐI ƯU CHO MẠNG ATM

NGUYỄN QUỐC KHÁNH, NGUYỄN TẮT ĐẮC

*Văn phòng Tổng công ty Bưu chính Viễn thông Việt Nam*

**Abstract.** This paper presents a method of optimal routing based on the dynamic flow model for Asynchronous Transfer Mode networks. The Pontriagin minimum principle is used to optimize the objective function.

**Tóm tắt.** Bài này trình bày một phương pháp định tuyến tối ưu trên cơ sở mô hình luồng động cho mạng ATM (Asynchronous Transfer Mode). Nguyên lý cực tiểu Pontriagin được sử dụng để tối ưu hóa hàm mục tiêu.

### 1. MỞ ĐẦU

Định tuyến trong mạng ATM là quá trình thiết lập cuộc nối trên đường ảo (VP) và cách chọn đường ảo trong tập các đường ảo nếu cuộc nối đó đã được chấp nhận. Trong các mạng băng rộng, chức năng định tuyến có tầm quan trọng, nó cho phép sử dụng một cách hiệu quả dung lượng mạng trong điều kiện biến động tải không được dự báo trước, một đặc trưng cơ bản của định tuyến trong ATM đó là lưu lượng trong mạng ATM có thể bùng phát.

Trong mạng ATM, một tuyến được thiết lập bằng cách tạo ra các bảng định tuyến ATM được nối chéo giữa các đầu cuối VP. Tuyến sẽ được thay đổi bằng cách thay đổi thông tin định tuyến trong bảng kết nối ở các nút trên tuyến. Mỗi đầu vào có các bảng chuyển đổi bộ nhận dạng đường dẫn ảo (VPI) (Virtual Path Identifier) của nó. Điều khiển định tuyến VP chính là việc thay đổi nội dung trong bảng. Với mô hình định tuyến tĩnh thì bảng này là cố định, với mô hình định tuyến động, mỗi nút phải duy trì một bảng chỉ dẫn, tại mỗi thời điểm tuyến được chọn phụ thuộc vào trạng thái mạng lúc đó. Trong mạng ATM, có nhiều phương pháp định tuyến như: định tuyến tuần tự, định tuyến luân phiên, định tuyến tải tối thiểu, định tuyến thích nghi, định tuyến chi phí thấp nhất v.v... Một trong các giải pháp định tuyến được chúng tôi trình bày đó là định tuyến tối ưu trên cơ sở luồng động. Trong bài báo này chúng tôi trình bày thuật toán định tuyến tối ưu trên cơ sở luồng động tham số để quyết định chọn là bảng thông hiệu dụng, đề xuất lưu đồ thuật toán, chương trình giả định (Pseudo code).

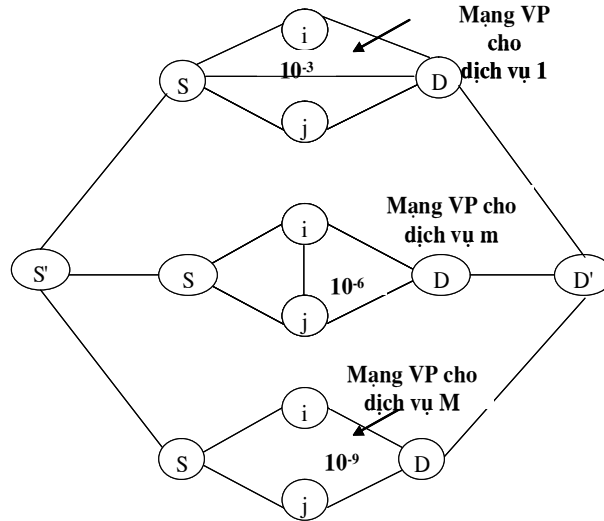
### 2. GIẢI PHÁP ĐỊNH TUYẾN TỐI ƯU TRÊN CƠ SỞ LUỒNG ĐỘNG

Trong phần này chúng tôi trình bày giải pháp định tuyến tối ưu trên cơ sở luồng động ([2]).

Bảng thông hiệu dụng sẽ chuyển tải lưu lượng thông tin với yêu cầu chất lượng dịch vụ thể hiện ở mức tổn thất tế bào cho phép. Trong phần này chúng ta sử dụng bảng thông hiệu dụng để phát triển một chiến lược định tuyến thông qua mô hình lưu lượng động.

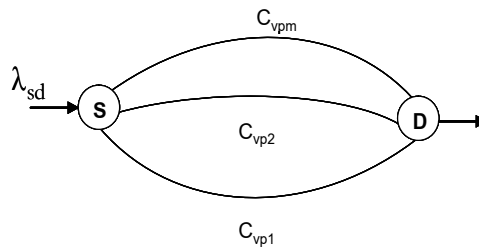
Giả thiết rằng mỗi loại dịch vụ sử dụng VP riêng, mô hình mô tả trong hình 1 sẽ gồm nhiều loại dịch vụ với đa dạng loại VP được sử dụng. Nếu một cuộc gọi đòi hỏi nhiều hơn một loại dịch vụ, chẳng hạn trong truyền thông đa phương tiện, định tuyến có thể được thực hiện trên các mạng VP đa dạng. Ví dụ: Một cuộc hội thảo truyền hình từ xa, khi truyền

thông dịch vụ này bao gồm tín hiệu âm thanh, dữ liệu số liệu và tín hiệu hình ảnh. Khi tiến hành định tuyến đối với dịch vụ đó có thể được thực hiện một cách riêng biệt các dạng VP cho âm thanh, dạng VP cho dữ liệu, và dạng VP cho hình ảnh.



Hình 1. Mạng VP với đa dạng dịch vụ

Xem xét tới một tập hợp của m VP giữa nút nguồn (S) và một nút đích (D) đối cho một dạng của dịch vụ như trong sơ đồ hình 2. Trong đó chuyển mạch VP tại các nút trung gian coi như đã được thực hiện. Mặc dù định tuyến là được giả thiết dựa trên chuyển mạch VP, kết quả có thể dễ dàng được sử dụng cho chuyển mạch VC.



Hình 2. Mạng VP với đa dạng dịch vụ i

Lưu lượng đến nút nguồn ( $\lambda_{sd}$ ) được giả thiết theo luật phân bố Poisson. Cho  $\lambda_{sdi}$  và  $\mu_{sdi}$  biểu thị giá trị trung bình tốc độ luồng đến của lưu lượng nguồn và tốc độ dịch vụ đối với phân lớp  $i$ . Gọi  $C_{vpbn_i}$  là độ rộng băng thông hiệu dụng VP<sub>n</sub> phân lớp  $i$ ,  $h_{eni}$  độ rộng băng thông hiệu dụng của một kết nối đơn  $i$  liên hợp với VP<sub>n</sub>,  $CVP_n$  là độ rộng băng thông mà VP<sub>n</sub> được cấp phát,  $C_{vpbn}$  là độ rộng băng thông hiệu dụng của VP<sub>n</sub>,  $\lambda_{sdi}(t)$  là lưu lượng được đưa từ nút nguồn (S) tới nút đích (D) tại thời điểm  $t$  trên phân lớp  $i$ ,  $\lambda_{ni}(t)$  là lưu lượng giao cho VP<sub>n</sub> tại thời điểm  $t$  trên phân lớp  $i$ . Mạng ATM thực hiện theo một phương thức hướng truy cập trong đó định tuyến và lưu lượng chuyển tiếp được thực hiện qua việc sử dụng một VP. Như vậy ta có:

$$\lambda_{ni}(t) = \lambda_{sdi} \cdot \alpha_n^{sd}(t) \tag{1}$$

Trong đó  $\alpha_n^{sd}(t)$  là biến số định tuyến của VP giữa nút nguồn (S) và nút đích (D) qua

tuyến thay thế  $n$  tại thời điểm  $t$ , như vậy :

$$\sum_{n=1}^m \alpha_n^{sd}(t) = 1 \quad \text{và} \quad \alpha_n^{sd}(t) \geq 0, \quad (2)$$

trong đó  $m$  là số VP giữa nút S và nút D. Lưu lượng tập hợp trên VP $_n$  tại thời điểm  $t$ ,  $\lambda_n(t)$  là :

$$\lambda_n(t) = \sum_{i=1}^{M_n} \lambda_{ni}(t), \quad (3)$$

trong đó  $M_n$  là tổng số của phân lớp.

Gọi  $X_{ni}(t)$  là số các kênh hiệu dụng cho lưu lượng thuộc lớp kết nối  $i$  liên hợp với VP $_n$  tại thời điểm  $t$ . Giá trị của  $X_{ni}(t)$  được xác định bằng việc đo băng thông hiệu dụng  $C_{vpebni}$  và  $h_{eni}$  trong suốt một quá trình giám sát  $(t - \Delta t, t)$  :

$$X_{ni} = \left\lfloor \frac{C_{vpebni}}{h_{eni}} \right\rfloor, \quad (4)$$

trong đó  $X_{ni}$  lấy phần nguyên lớn nhất. Trong suốt khoảng thời gian giám sát  $(t - \Delta t, t)$ , số tập hợp hiệu suất của các kênh trên VP $_n$  được coi tại thời điểm  $t$ ,  $X_n(t)$  là:

$$X_n(t) = \sum_{i=1}^{M_n} X_{ni}(t). \quad (5)$$

Phương trình động học cho lớp lưu lượng  $i$  liên kết với VP $_n$  được xây dựng từ điều kiện tối ưu Pontriagin và luồng được xây dựng từ biểu thức luồng động được đề cập ở [2]:

$$\frac{dX_{ni}(t)}{dt} = -\mu_{ni}F(X_{ni}(t)) + \lambda_{sdi}(t)\lambda_n^{sd}(t), \quad (6)$$

trong đó  $\mu_{ni}$  là tốc độ dịch vụ trung bình đối với lớp  $i$  trên VP $_n$ ,  $i = 1, \dots, M_n$  và  $n = 1, \dots, m$ . Nếu xây dựng hàm mục tiêu trên tiêu chí tối ưu là hiệu suất của sự phân phối lưu lượng giữa các VP cùng loại từ [2] ta có hàm mục tiêu sau:

$$J = \int_{t_0}^{t_f} \sum_{n=1}^m \left[ N_{vpn} - \sum_{i=1}^{M_n} X_{ni}(t) \right]^2 dt, \quad (7)$$

trong đó  $N_{vpn}$  là số tương đương của các kênh được xác định bằng công thức sau:

$N_{vpn} = \left\lfloor \frac{C_{vpn}}{h_{en}} \right\rfloor$  ( $N_{vpn}$  lấy phần nguyên lớn nhất) và  $h_{en}$  được tính theo công thức sau:

$$h_{en} = \frac{1}{M_n} \sum_{i=1}^{M_n} h_{eni}.$$

Vấn đề định tuyến tối ưu trong các mạng ATM chính là việc tối ưu hóa hàm mục tiêu (7) với các ràng buộc (6). Chúng ta có thể chọn được biểu thức gần đúng đối với biến số định tuyến tối ưu căn cứ trên các điều kiện cần thiết của sự tối ưu theo nguyên lý cực tiểu Pontryagin đưa ra.

Đối với hàm trạng thái:

$$\frac{dX(t)}{dt} = \frac{\partial \hat{H}}{\partial P}.$$

Đối với hàm đồng trạng thái:

$$\frac{P}{dt} = -\frac{\partial \hat{H}}{\partial X}. \quad (8a)$$

Hàm số Hamilton cho định tuyến tối ưu được xác định như sau:

$$\hat{H}(X, P, t) = \sum_{n=1}^m \left\{ [N_{vpn} - \sum_{i=1}^{M_n} X_{ni}] + \sum_{i=1}^{M_n} P_{ni} [-\mu_{ni} F(X_{ni}) + \alpha_n^{sd} \lambda_{sdi}] \right\}, \quad (8b)$$

trong đó  $P_{ni}$  là biến số đồng trạng thái liên hệ với phương trình (6), còn  $X$  và  $P$  tương ứng là các véc tơ của  $X_{ni}$  và  $P_{ni}$ . Thay thế phương trình (6) vào phương trình (8a), phương trình đồng trạng thái (costate) được đưa ra như sau:

$$\frac{dP_{ni}}{dt} = -\frac{\partial \hat{H}}{\partial X_{ni}} = 2(N_{vpn} - \sum_{i=1}^{M_n} X_{ni}(t)) + P_{ni}(t) \mu_{ni} \frac{dF(X_{ni}(t))}{dX_{ni}}.$$

Với điều kiện véc tơ đồng trạng thái là trạng thái tĩnh ta có:

$$P_{ni} = -2(\mu_{ni} \frac{dF_{ni}}{dX_{ni}})^{-1} (N_{vpn} - \sum_{i=1}^{M_n} X_{ni}), \quad (9)$$

$F(X_{ni})$  được giả thiết thành hàm số tuyến tính đối với  $X_{ni}$ . Giả thiết này phù hợp với các dạng lưu lượng của các dịch vụ hiện đang sử dụng trong viễn thông, lúc này  $P_{ni}$  được xác định bằng công thức sau:

$$P_{ni} = -(N_{vpn} - \sum_{i=1}^{M_n} X_{ni}) = -(N_{vpn} - X_n \text{ big}). \quad (10)$$

Chúng ta gọi  $Z_n$  mức định tuyến (Routing length) được xác định:

$$Z_n = N_{vpn} - X_n \quad n = 1, \dots, m. \quad (11)$$

Biến số định tuyến  $\alpha_n^{sd}$ ,  $n = 1, \dots, m$  có thể thu được bởi việc giải hệ phương trình tuyến tính sau:

$$\min_{\alpha_n^{sd}} \sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^{M_n} P_{ni} \alpha_n^{sd} = \max_{\alpha_n^{sd}} \sum_{n=1}^m Z_n \alpha_n^{sd}. \quad (12a)$$

$$\sum_{n=1}^m \alpha_n^{sd} = 1. \quad (12b)$$

Chúng ta gọi băng thông dỗi lớn nhất trong các VP là  $B_{u \max n^*}$  và VP đó là  $VP_{n^*}$ , như mức định tuyến đối với các VP ta có:

$$B_{u \max n^*} = \max_n Z_n = \max_n (N_{vpn} - X_n) = \max_n (C_{vpn} - C_{vpein}). \quad (13)$$

Giải hệ phương trình (12), ta được:

$$\alpha_n^{sd} = 0 \quad \text{nếu} \quad Z_n < B_{u \max n^*}$$

$$\alpha_{n^*}^{sd} > 0 \quad \text{nếu} \quad Z_n < B_{u \max n^*}$$

Biến số định tuyến  $\alpha_n^{sd}$  được xác định bằng công thức:

$$\alpha_n^{sd} = \frac{B_{u \max n}}{\sum_{n^0} B_{u \max n}}. \quad (14)$$

Lựa chọn một tuyến căn cứ trên phương trình (13) và phương trình (14) được gọi là định tuyến bằng thông không sử dụng tối đa (hay chọn một tuyến giữa nút nguồn và nút đích với băng thông rỗi lớn nhất).

Trường hợp khác, nếu hàm mục tiêu được lấy:

$$J = \int_{t_0}^{t_f} - \sum_{n=1}^m [N_{vpn} - \sum_{i=1}^{M_n} X_{ni}(t)]^2 dt. \quad (15)$$

Trong trường hợp này gọi băng thông dỗi là nhỏ nhất trong các VP là  $B_{u \min n^*}$  và VP đó là  $VP_{n^*}$ , như mức định tuyến với các VP ta có:

$$B_{u \min n^*} = \min_{n^*} Z_n = \min_{n^*} (N_{vpn} - X_n) = \min_{n^*} (C_{vpn} - C_{vpebn}). \quad (16)$$

Tương tự trường hợp trên ta có:

$$\alpha_n^{sd} = 0 \quad \text{nếu} \quad Z_n > B_{u \min n^*}$$

$$\alpha_n^{sd} > 0 \quad \text{nếu} \quad Z_n = B_{u \min n^*}$$

Biến số định tuyến được:

$$\alpha_{n^*}^{sd} = \frac{B_{u \min n^*}}{\sum_{n^*} B_{u \min n^*}} \quad (17)$$

Trong trường hợp này, lựa chọn một tuyến giữa nút nguồn và nút đích đưa ra với băng thông rỗi nhỏ nhất.

### 3. ĐỀ XUẤT THUẬT TOÁN ĐỊNH TUYẾN TỐI ƯU TRÊN MÁY TÍNH

#### Thuật toán định tuyến tối ưu trên máy tính

Diễn giải thuật toán:

Để đơn giản ta vẫn giả thiết với nút nguồn S và nút đích D với các nút trung gian đã kết nối. Trên cơ sở topo mạng xác định m liên kết giữa S và D coi như dữ liệu tham số mạng. Khoảng thời gian để định tuyến theo chu kỳ là  $\Delta t$ , như vậy các dữ liệu cho định tuyến được lấy từ  $t_k$  đến  $t_k + \Delta t$  được xác định là tại thời điểm  $t_k$ . Ta có các bước xây dựng thuật toán như sau:

*Bước 1.* Cho nút nguồn S và nút đích D với nhu cầu lưu lượng cần truyền từ S đến D là A. Tồn tại m đường ảo từ S đến D là các  $VP_n$  ( $1 \leq n \leq m$ ).

*Bước 2.* Cập nhật giá trị băng thông hiệu dụng của m đường ảo này vào thời điểm  $t_k$  (Băng thông tương đương cho tất cả các dịch vụ đang được truyền trên mỗi đường ảo  $VP_n$  vào thời điểm  $t_k$ )  $C_{vpebn}(t_k)$ .

*Bước 3.* Tính giá trị băng thông dỗi của mỗi đường ảo vào thời điểm  $t_k$  ( $C_{vpn} - C_{vpebn}$ ), trong đó  $C_{vpn}$  là băng thông được cấp phát cho đường ảo  $n$ .

*Bước 4.* Xác định đường ảo  $n^*$  có băng thông dỗi lớn nhất hoặc nhỏ nhất vào thời điểm  $t_k$ :  $B_{u \min n^*}(t_k)$ ,  $B_{u \max n^*}(t_k)$

$$B_{u \min n^*}(t_k) = \min_{n^*} (C_{vpn} - C_{vpebn})$$

$$B_{u \max n^*}(t_k) = \max_{n^*}(C_{vpn} - C_{vpebn})$$

*Bước 5.* Lựa chọn đường ảo  $VP_{n^*}$  đó để chuyển lưu lượng từ S đến D.

*Bước 6.* Xác định lại các biến định tuyến  $\alpha_n^{sd}(t)$ , ( $1 \leq n \leq m$ ). Đây là tỉ lệ phần trăm của lưu lượng từ S đến D truyền qua đường ảo  $n$  trên tổng lưu lượng cần truyền từ S đến D:

$$\alpha_n^{sd}(t) = \alpha_{ni}(t) / \alpha_{sdi}(t)$$

$\alpha_{sdi}(t)$  : lưu lượng cần truyền từ nút nguồn S đến nút đích D vào thời điểm  $t$ .

$\alpha_{ni}(t)$  : Lưu lượng của tuyến  $S \rightarrow D$  được cho phép truyền trên  $VP_n$  vào thời điểm  $t$

$$\sum_{n=1}^m \alpha_n^{sd}(t) = 1, \quad \alpha_n^{sd}(t) \geq 0 \quad (m \text{ là số đường ảo từ S đến D})$$

Các giá trị  $\alpha_n^{sd}(t)$  tính được chính là các biến định tuyến cần tìm. Thuật toán này được lặp lại sau một khoảng thời gian  $\delta t$ . Lưu đồ thuật toán như hình 3.

#### Chương trình giả định (Pseudo code):

Funtion Định\_tuyen\_dong

**Begin**

Label Startpoint; //loopback point

//Upgrade data

**For** n=1 to m

**Begin**

Upgrade  $C_{vpebn}(t_k)$ ;

Count  $(C_{vpn} - C_{vpebn})$ ;

**End;**

//Find the max or min unused bandwidth route

**For** i=1 to m

**Begin**

$B_{u \min n^*}(t_k) = \text{Min}_{n^*}(C_{vpn} - C_{vpebn})$

$B_{u \max n^*}(t_k) = \text{Max}_{n^*}(C_{vpn} - C_{vpebn})$

**End;**

//Routing traffic follow  $n^*$  route

//(Count again  $C_{vpebn}^*(t_k)$ )

//Upgrade routing variables  $\alpha_n^{sd}(t)$

**For** n=1 to m

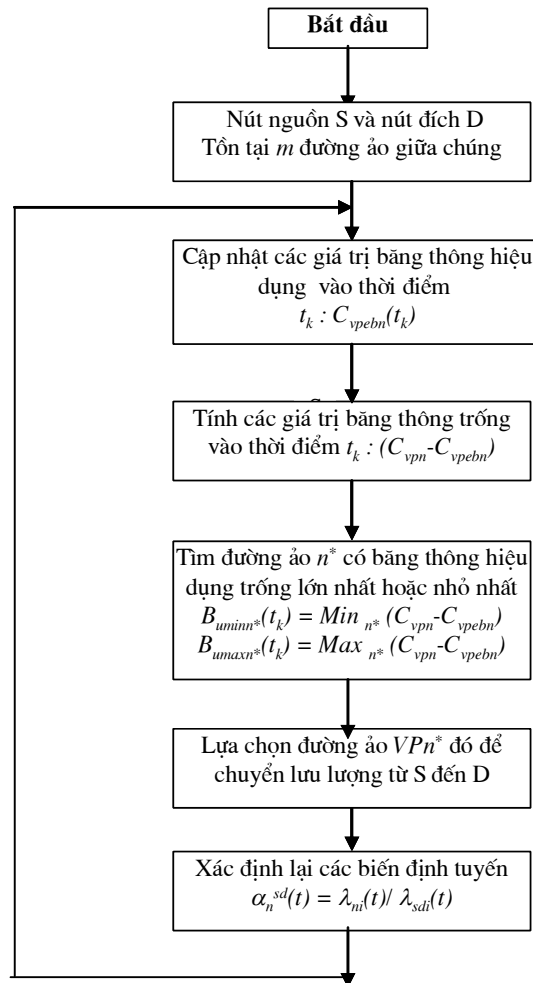
**Begin**

$\alpha_n^{sd}(t) = \lambda_{ni}(t) / \lambda_{sdi}(t)$

**End;**

Goto Startpoint;

**End.**



Hình 3. Lưu đồ thuật toán

#### 4. KẾT LUẬN

Giải pháp định tuyến tối ưu dựa trên việc sử dụng các VP như đã trình bày có thể đơn giản hoá việc phân tích và thiết kế của mạng ATM, song hiệu quả về điều hành lưu lượng mạng lại rất cao. Thuật toán định tuyến tối ưu trên máy tính tạo nên sự chọn lựa tuyến có thể xác định rất nhanh qua vòng lặp m lần. áp dụng thuật toán này xây dựng cơ cấu điều khiển định tuyến. Như đã trình bày điều khiển định tuyến (thay đổi tuyến) thực chất là thay đổi số liệu bảng định tuyến tại các bộ chuyển mạch VP. Khi cần điều khiển đưa các ràng buộc cần chọn vào thuật toán định tuyến.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ash G.R., *Dynamic Routing in Telecommunications Networks*, 1998.
- [2] Gu X., Sohraby K., Vaman D.R., *Control and Performance in Packet, Circuit, and ATM Networks*, Kluwer Academic Publishers, 1995.

Nhận bài ngày 7 - 1 - 2003