Tạp chí Tin học và Điều khiển học, T. 17, S. 1 (2001), 46–53

BÀI TOÁN ĐỊNH TUYẾN TỐI ƯU TRONG MẠNG VIỄN THÔNG VIỆT NAM

ĐỖ TRUNG TÁ, LÊ VĂN PHÙNG, LÊ ĐẮC KIÊN

Abstract. The purpose of this paper is to look at the optimal routing problem in Vietnam telecommunication network, in which we can approximately solve it, using the method of penalty and gradient functions.

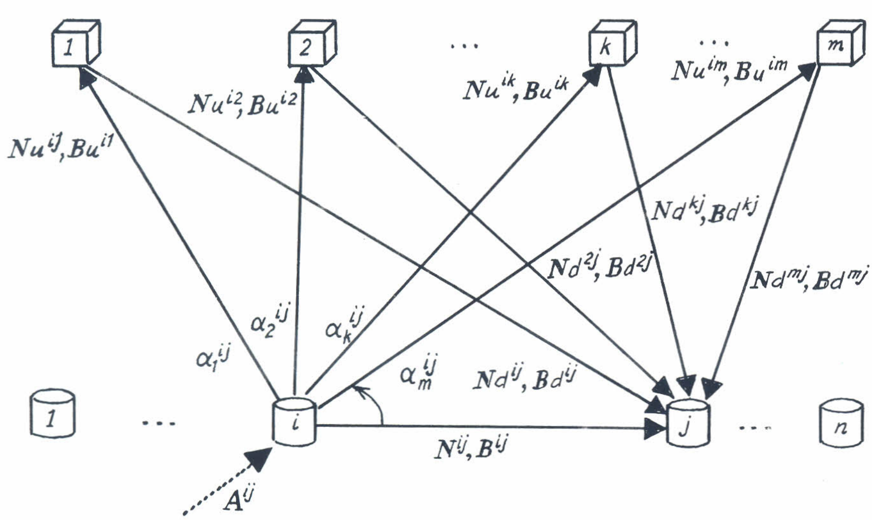
Tóm tắt. Trong bài này chúng tôi đề cập đến bài toán định tuyến tối ưu trong mạng viễn thông ở Việt Nam. Chúng tôi giải xấp xỉ bài toán này dựa trên phương pháp hàm phạt kết hợp với gradient.

1. MỞ ĐẦU

Xây dựng và giải bài toán định tuyến tối ưu là việc rất cần thiết trong công tác thiết kế và qui hoạch mạng viễn thông, nhất là những mạng viễn thông mới phát triển như mạng Việt Nam. Người thiết kế, quản trị mạng phải xây dựng hàm mục tiêu, phù hợp với đặc điểm mạng, lưu lượng cũng như mục đích tối ưu đặt ra. Vấn đề đặt ra là cần lựa chọn phương pháp thích hợp như phương pháp xấp xỉ lặp để giải bài toán này. Nội dung bài viết nhằm đưa ra một cách giải bài toán định tuyến tối ưu mô hình mạng viễn thông Việt Nam nhờ phương pháp hàm phạt kết hợp với gradient.

2. LỰA CHỌN MÔ HÌNH MẠNG - LƯU LƯỢNG VÀ XÂY DỰNG HÀM MỤC TIÊU

Hiện nay, trong các công trình nghiên cứu và thực tế các mạng viễn thông hiện đại trên thế giới, mô hình mạng không phân cấp thường được chú trọng do có nhiều ưu điểm so với mạng phân cấp. Tuy nhiên, thực tế mạng viễn thông Việt Nam cho thấy rằng trong nhiều năm tới đây mô hình mạng phân cấp (ít nhất là hai cấp) vẫn sẽ tồn tại. Xuất phát từ khả năng ứng dụng và ý nghĩa thực tế của bài toán định tuyến tối ưu, chúng ta lựa chọn mô hình mạng phân hai cấp: cấp 1 bao gồm m tổng đài liên tỉnh và cấp 2 bao gồm n tổng đài Host nội hạt, tất cả các lưu lượng liên tỉnh xuất phát từ các cấp thấp hơn (cấp 3) đều được coi là xuất phát từ các tổng đài Host nội hạt (hình 1).



Hình 1. Mô hình định tuyến trong mạng hai cấp

Cấp 2 là nơi xuất phát nhu cầu lưu lượng và cũng là nơi kết thúc của lưu lượng (đích đến), do các lưu lượng đều có hướng xuất phát từ nút đi tới nút đến nên tổng cộng ta có $n(n-1)$ nhu cầu lưu lượng A^{ij}, tương ứng với $n(n-1)$ cặp tổng đài đi–đến i–j, $(i = 1 \div n,\ j = 1 \div n,\ i \neq j)$. Ta xem xét quá trình xử lí các nhu cầu lưu lượng A^{ij}. Trước hết lưu lượng A^{ij} được đưa vào tuyến trung kế nối trực tiếp giữa hai nút i và j với dung lượng N^{ij}.

Các lưu lượng A^{ij} có phân bố Poisson. Xác suất cuộc gọi bị chặn trên tuyến này được xác định bằng công thức Erlang-B như sau [1]:

$$B^{ij} = E(A^{ij}, N^{ij}); \quad E(A, N) = \frac{A^N/N!}{\sum\limits_{i=0}^{N}(A^t/t!)}. \tag{1}$$

Như vậy, phần lưu lượng được lưu thoát sẽ là $A^{ij}(1 - B^{ij})$ và phần lưu lượng bị nghẽn lại là $A^{ij}B^{ij}$. Ta kí hiệu phần lưu lượng bị nghẽn này là a^{ij}; $a^{ij} = A^{ij}B^{ij}$. Phần lưu lượng a^{ij} được gọi là lưu lượng tràn và được phân chia thành các phần nhỏ để đưa lên các tổng đài liên tỉnh k với các xác suất (tỷ lệ) α_k^{ij}, $\sum_k \alpha_k^{ij} = 1$. Các phần lưu lượng nhỏ $a^{ij}\alpha_k^{ij}$ được đưa lên các tuyến trung kế Nu^{ik}, được chuyển mạch qua các tổng đài liên tỉnh k và đưa xuống các tuyến trung kế Nd^{kj} để tới các nút đích đến j. Ta kí hiệu Bu^{ik} là xác suất bị nghẽn mạch trên tuyến trung kế Nu^{ik}, còn Bd^{kj} là xác suất bị nghẽn mạch trên tuyến trung kế Nd^{kj}. Xác suất cuộc gọi được kết nối qua tổng đài liên tỉnh k sẽ là xác suất cả hai đoạn tuyến i–k và k–j đều có ít nhất một kênh còn rỗi và bằng $(1 - Bu^{ik})(1 - Bd^{kj})$. Như vậy phần lưu lượng bị tràn có hướng $i \longrightarrow j$ đi qua tổng đài liên tỉnh k tới được nút đích j sẽ là:

$$\underline{a}_k^{ij} = a^{ij}\alpha_k^{ij}(1 - Bu^{ik})(1 - Bd^{kj}). \tag{2}$$

Mỗi một đơn vị lưu lượng có hướng $i \longrightarrow j$ khi được kết nối qua tổng đài liên tỉnh k nếu đến được đích j sẽ mang lại một lợi ích là w_k^{ij}, w_k^{ij} có thể là như nhau cho mọi k (ví dụ khi w_k^{ij} chính là cước phí liên tỉnh) hoặc khác nhau theo k (nếu là w_k^{ij} lợi ích ròng sau khi lấy doanh thu trừ đi các chi phí liên quan), hoặc w_k^{ij} có thể là trọng số của đường thông đối với lưu lượng $i \longrightarrow j$ do người quản trị mạng đặt ra nhằm mục đích điều khiển lưu lượng... ở đây ta lấy trường hợp chung nhất khi w_k^{ij} là trọng số - lợi ích của đường thông. Mục tiêu của bài toán đặt ra là xác định các tỷ lệ α_k^{ij} sao cho tổng lợi ích mang lại trên toàn mạng từ các lưu lượng đến được đích $(\underline{a}_k^{ij})$ là lớn nhất [2], tức là:

$$\max \sum_i \sum_j \sum_k w_k^{ij}\underline{a}_k^{ij} \quad \text{hay là} \quad \max \sum_i \sum_j \sum_k w_k^{ij} a^{ij}\alpha_k^{ij}(1 - Bu^{ik})(1 - Bd^{kj}). \tag{3}$$

Đây chính là hàm mục tiêu mà ta cần tối ưu hóa theo các biến α_k^{ij}. Ta xác định các ràng buộc của hàm mục tiêu này. Như đã nêu ở phần trên, các đường thông thứ cấp qua tổng đài liên tỉnh k bao gồm hai đoạn tuyến i–k và k–j. Tuy hai đoạn tuyến này là độc lập với nhau nhưng xác suất cuộc gọi bị chặn trên các đoạn tuyến này (Bu^{ik} và Bd^{kj}) lại liên quan chặt chẽ với nhau vì cuộc gọi chỉ có thể kết nối được khi cả hai đoạn tuyến đều có ít nhất một đường thông còn rỗi. Nếu xét trên bức tranh tổng thể lưu lượng và mạng thì lưu lượng đi trên bất cứ đoạn tuyến s nào đều phải là tổng của tất các phần lưu lượng có hướng i–j khác nhau nhưng cùng chung đoạn tuyến s đó. Kết quả là xác suất nghẽn mạch B^s trên đoạn tuyến s đó cũng phụ thuộc vào xác suất nghẽn mạch của các đoạn tuyến khác trong cùng ma trận đường thông $\chi_{s,l}$ mà các lưu lượng i–j đó qua. Trong [1], Girard đã chứng minh rằng, trong mô hình mạng hoạt động theo nguyên lý chia tải, quan hệ giữa các xác suất này được biểu diễn bởi hệ phương trình “điểm bất động Erlang” - Erlang Fixed-Point Equation:

$$B^s = E\left(\frac{\sum\limits_l \chi_{s,l} A^l \prod\limits_t (1 - B^t)^{\chi_{t,l}}}{1 - B^s}, N_s\right). \tag{4}$$

Ma trận thông $\chi_{s,l}$ là ma trận gồm các phần tử $\chi_{s,l}$ bằng 1 hoặc 0, biểu thị rằng đoạn tuyến s có nằm trong đường thông l hay không. Còn A^l là lưu lượng đầu vào của đường thông l. Trong trường hợp của ta, tất cả các đường thông i–k–j bao gồm hai đoạn tuyến, nên hệ phương trình điểm bất động Erlang sẽ chỉ bao gồm hai biểu thức liên quan đến Bu^{ik} và Bd^{kj}. Ta bổ sung thêm các ràng buộc có liên quan tới các hệ số chia tải α_k^{ij} và hàm Erlang-B, và viết lại hàm mục tiêu như sau:

$$\left.\begin{aligned}
&\max F = \sum_i \sum_j a^{ij} \Big\{ \sum_k w_k^{ij} (1 - Bu^{ik})(1 - Bd^{kj}) \alpha_k^{ij} \Big\} \\
&\text{với các ràng buộc} \\
&B^{ik} = E\Big(\sum_j [a^{ij} \alpha_k^{ij} (1 - Bd^{kj})], Nu^{ik} \Big), \\
&B^{kj} = E\Big(\sum_i [a^{ij} \alpha_k^{ij} (1 - Bu^{ik})], Nd^{kj} \Big), \\
&\sum_{k=1}^{m} \alpha_k^{ij} = 1, \quad \alpha_k^{ij} \geq 0, \\
&E(A, N) = \frac{A^N / N!}{\sum\limits_{i=0}^{N} (A^t / t!)} \\
&\forall i = 1 \div n, \forall j = 1 \div n, i \neq j; \forall k = 1 \div m
\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

và các tham số đầu vào sau

m - số lượng các tổng đài liên tỉnh cấp 1,
n - số lượng các tổng đài nội hạt cấp 2,
A^{ij} - nhu cầu lưu lượng xuất phát từ nút i để đi tới nút j,
N^{ij} - dung lượng tuyến trung kế nối trực tiếp hai nút i và j,
Nu^{ik} - dung lượng tuyến trung kế i–k từ nút đi i lên tổng đài liên tỉnh k,
Nd^{kj} - dung lượng tuyến trung kế k–j từ tổng đài liên tỉnh k xuống nút đến j,
w_k^{ij} - lợi ích mang lại từ một đơn vị lưu lượng hướng $i \to j$ đi tới được nút đến j bằng đường thông i–k–j đi qua tổng đài liên tỉnh k.

Từ kết quả giải bài toán tối ưu (5), ta sẽ có được một bộ hệ số phân chia α_k^{ij} tối ưu để áp dụng cho các nút tổng đài đi i với mục đích mang lại lợi ích lớn nhất trên toàn mạng.

3. SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP HÀM PHẠT KẾT HỢP GRANDIENT ĐỂ GIẢI BÀI TOÁN QUI HOẠCH PHI TUYẾN (5)

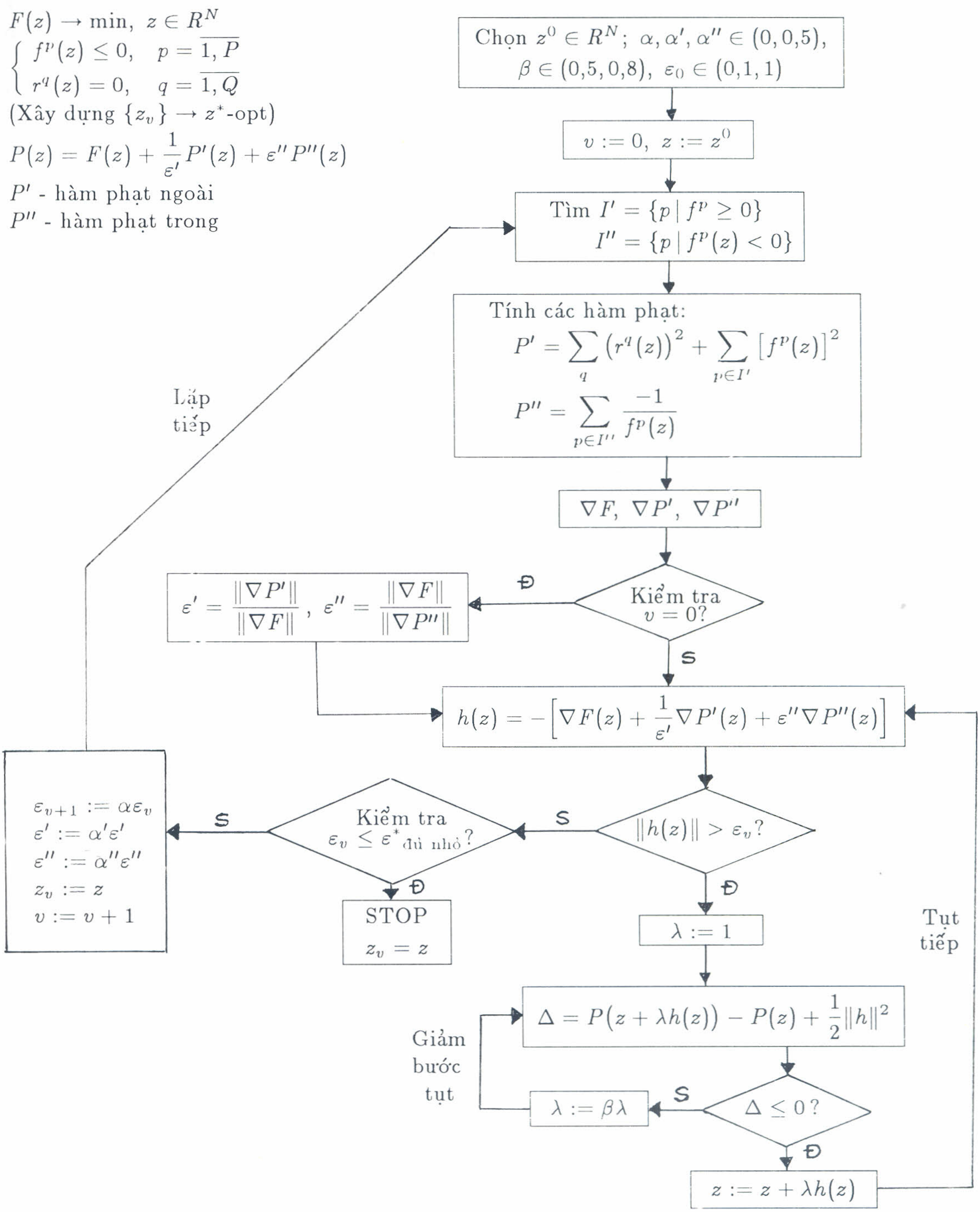
Để giải bài toán (5), ta đưa về bài toán qui hoạch phi tuyến (QHPT) dạng tổng quát:

$$\begin{aligned} &F(X) \to \min \\ &H(X) = 0 \\ &G(X) \geq 0 \end{aligned} \qquad (6)$$

với $X = (\alpha_k^{ij}, Bu^{ik}, Bd^{kj})$ là vectơ trong không gian $m.n.(n+1)$ chiều. Ở đây ta coi luôn Bu^{ik}, Bd^{kj} là các biến cần tìm. Hàm số Erlang-B đã được chứng minh là hàm lồi nhưng điều kiện này chưa đủ để đưa bài toán (5) về bài toán qui hoạch lồi. Tuy nhiên, chúng ta thấy hàm mục tiêu và các hàm trên miền ràng buộc là khả vi và các đạo hàm $\dfrac{\partial F(X)}{\partial X_j}$; $\dfrac{\partial H(X)}{\partial X_j}$; $\dfrac{\partial G(X)}{\partial X_j}$ với $j = 1, \ldots, m.n.(n+1)$ hoàn toàn xác định được. Bên cạnh đó ràng buộc bất đẳng thức chỉ gồm $m.n.(n-1)$ dạng đơn giản $\alpha_k^{ij} \geq 0$ là một lợi thế trong quá trình giải khi tuyến tính hóa tại mỗi bước lặp r (phương pháp xấp xỉ QHTT (qui hoạch tuyến tính)) hoặc khi xây dựng các hàm phạt và tính gradient (phương pháp hàm phạt kết hợp gradient).

Ta so sánh và lựa chọn phương pháp tối ưu để giải bài toán QHPT (5). Các phương pháp QHPT thường dùng nhất là phương pháp nhân tử Lagrange, các phương pháp hướng có thể (phương pháp hướng chấp nhận được và phương pháp Frank-Wolfe), phương pháp Monte-Carlo, các phương pháp xấp xỉ (xấp xỉ QHTT) và phương pháp hàm phạt, hoặc hàm phạt kết hợp với gradient [3, 4, 5]. Tuy nhiên, 2 phương pháp đầu tiên không hiệu quả cho bài toán không lồi, phương pháp Monte-Carlo

Sơ đồ thuật giải bài toán QHPT



rất thích hợp với các bài toán QHTT với hàm mục tiêu và các ràng buộc không lồi cũng không lõm, nhưng bị giới hạn bởi số biến ≤ 30. Phương pháp xấp xỉ QHTT cho chúng ta giải lặp bài toán QHPT một cách đơn giản hơn, tuy nhiên việc thường xuyên phải kiểm tra tính chấp nhận được của điểm xuất phát tại mỗi bước lặp sẽ làm cho bài toán trở nên cồng kềnh và giảm tốc độ hội tụ. Trong phương pháp hàm phạt kết hợp với gradient việc dùng gradient làm hướng đi tối ưu trong mỗi bước lặp sẽ làm tăng đáng kể tốc độ "tụt" của giá trị hàm mục tiêu, bên cạnh đó các hàm phạt sẽ làm cho miền xét nghiệm co hẹp tới mức có thể và luôn hướng vào trong miền chấp nhận được của bài toán. Ở đây do phương án xuất phát không bị ràng buộc phải thuộc miền chấp nhận, sẽ giảm nhẹ được nhiều phép kiểm tra nên tốc độ hội tụ tăng nhanh đáng kể so với phương pháp xấp xỉ QHTT.

Phương pháp kết hợp gradient và hàm phạt là một kỹ thuật tổng hợp, phát huy được thế mạnh về tốc độ hội tụ nhanh của phương pháp gradient, loại bỏ được các ràng buộc phức tạp nhờ các hàm phạt để giải bài toán QHPT dạng tổng quát. Bên cạnh đó, qua phân tích dạng ràng buộc, thấy rằng việc tính toán các hàm phạt có thể được đơn giản đi rất nhiều và thuận lợi cho việc giải trên máy tính, chúng tôi lựa chọn phương pháp kết hợp hàm phạt và gradient để giải bài toán (5).

Thuật toán kết hợp hàm phạt và gradient được vận dụng như sau [5]:

Xét bài toán:

$$\left.\begin{array}{l}
\min F(z) = -\sum\limits_{i,j,k} w_k^{ij} a^{ij} \alpha_k^{ij} (1 - Bu^{ik})(1 - Bd^{kj}) \\
\text{với các ràng buộc} \\
f^p(z) : -\alpha_k^{ij} \leq 0 \quad \text{và} \\
r^q(z) : \begin{cases} \sum\limits_k \alpha_k^{ij} - 1 = 0, \ \forall i,j = \overline{1,n} \\ Bu^{ik} - E\Big(\sum\limits_j a^{ij}\alpha_k^{ij}(1 - Bd^{kj}), Nu^{ik}\Big) = 0 \\ Bd^{kj} - E\Big(\sum\limits_i a^{ij}\alpha_k^{ij}(1 - Bu^{ik}), Nd^{kj}\Big) = 0 \end{cases}
\end{array}\right\} \begin{array}{l} \forall k = \overline{1,m} \\ \forall i,j = \overline{1,n},\ i \neq j \\ \\ (p = \overline{1,P},\ q = \overline{1,Q}) \end{array} \tag{7}$$

biến $z = (\alpha_k^{ij}, Bu^{ik}, Bd^{kj})$.

+ *Bước 0*: Chọn $z^0 \in R^N$; $\alpha, \alpha', \alpha'' \in (0{,}0{,}5)$; $\beta \in (0{,}5{,}0{,}8)$ với $N = m.n.(n+1)$.

+ *Bước 1*: Đặt $z = z^0$, chọn vòng lặp $v = 0$.

+ *Bước 2*: Xác định các tập chỉ số

$I' = \{p \in \{1, 2, \ldots, P\} \,|\, f^p(z) \geq 0\}$,

$I'' = \{p \in \{1, 2, \ldots, P\} \,|\, f^p(z) < 0\}$.

+ *Bước 3*: Xác định các hàm phạt ngoài và trong

Hàm phạt ngoài

$$\begin{aligned}
P'(z) &= \sum_{q=1}^{Q} \big(r^q(z)\big)^2 + \sum_{p \in I'} \big(f^p(z)\big)^2 \\
&= \sum_{ij} \Big(\sum_k \alpha_k^{ij} - 1\Big)^2 + \sum_{i,k} \Big[Bu^{ik} - E\Big(\sum_j a^{ij}\alpha_k^{ij}(1 - Bd^{kj}), Nu^{ik}\Big)\Big]^2 \\
&\quad + \sum_{k,j} \Big[Bd^{kj} - E\Big(\sum_i a^{ij}\alpha_k^{ij}(1 - Bu^{ik}), Nd^{kj}\Big)\Big]^2 + \sum_{i,j,k} (\alpha_k^{ij})^2
\end{aligned} \tag{8}$$

ứng với $\alpha_k^{ij} \leq 0$.

Hàm phạt trong:

$$P''(z) = \sum_{p \in I''} -\frac{1}{f^p(z)} = \sum_{k,j,i} \frac{1}{\alpha_k^{ij}} \qquad \text{ứng với } \alpha_k^{ij} > 0. \tag{9}$$

+ *Bước 4*: Nếu $v = 0$ chuyển đến bước 5, nếu khác tới bước 8.

+ *Bước 5*: Tính $\nabla F(z), \nabla P'(z), \nabla P''(z)$.

+ *Bước 6*: Tính $\varepsilon' = \dfrac{\|\nabla P'(z)\|}{\|\nabla F(z)\|}$, $\varepsilon'' = \dfrac{\|\nabla F(z)\|}{\|\nabla P''(z)\|}$.

+ *Bước 7*: Chọn $\varepsilon_0 \in (0{,}1, 1)$.

+ *Bước 8*: Tính $h(z) = -\Big[\nabla F(z) + \dfrac{1}{\varepsilon'}\nabla P'(z) + \varepsilon''\nabla P''(z)\Big]$.

+ *Bước 9*: Nếu $\|h(z)\| > \varepsilon_v$ chuyển tới 10, nếu khác: kiểm tra điều kiện $\varepsilon_v \le \varepsilon^*$, nếu đúng thì STOP, kết thúc thuật toán,

nếu khác, đặt: $\begin{cases} \varepsilon_{v+1} = \alpha\varepsilon_v\,, \\ \varepsilon' = \alpha'\varepsilon', \\ \varepsilon'' = \alpha''\varepsilon'' \\ z_v = z, \\ v = v + 1 \end{cases}$ và quay lại bước 2.

+ *Bước 10*: Đặt $\lambda = 1$.

+ *Bước 11*: Tính $\Delta = P\big(z + \lambda h(z)\big) - P(z) + \dfrac{1}{2}\|h(z)\|^2$ với $P(z) = F(z) + \dfrac{1}{\varepsilon'}P'(z) + \varepsilon'' P''(z)$.

+ *Bước 12*: Nếu $\Delta \le 0$ đặt $z = z + \lambda h(z)$ và chuyển tới bước 8, nếu khác đặt $\lambda = \beta\lambda$ và chuyển tới bước 11.

Thuật toán sẽ kết thúc khi: $\varepsilon_v \le \varepsilon^*$ với ε^* đủ nhỏ, chọn trước, ta chọn $z_v = z$ làm phương án xấp xỉ tối ưu (diễn ra khi thực hiện bước 9) và cho dãy $\{z_v\}$ hội tụ đến z^*-opt.

4. CHƯƠNG TRÌNH MÁY TÍNH VÀ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Trên thực tế, bài toán định tuyến tối ưu có qui mô rất lớn vì phải giải bài toán trên qui mô toàn mạng. Giả sử mạng có qui mô $n = 100$, $m = 5$ thì chúng ta sẽ có tất cả $n.(n-1).m + 2.m.n$ $= 100\,.\,(100-1)\,.\,5 + 2\,.\,5\,.\,100 = 50.500$ biến. Số ràng buộc dạng đẳng thức là $n.(n-1) + 2.m.n =$ $2\,.\,5\,.\,100 + 100\;.\,(100-1) = 10.900$ còn số ràng buộc dạng bất đẳng thức là $m.n = 5\,.\,100 = 500$. Với qui mô bài toán lớn như vậy cần có những chương trình tính toán trên các phương tiện hiện đại như các dàn máy tính lớn (microcomputer trở lên), điều mà trong phạm vi đề tài nghiên cứu này khó thực hiện được. Tuy nhiên, bài toán có thể được mô phỏng để giải trên máy tính PC với qui mô nhỏ hơn mà vẫn giữ được ý nghĩa thực tế, xuất phát từ mục tiêu nêu trên, chúng tôi chọn qui mô mạng cỡ trung bình nhỏ với: $m = 7$, $n = 3$.

Chương trình máy tính giải bài toán QHPT được viết bằng ngôn ngữ bậc cao Turbo Pascal 7.0 và chạy trên PC. Chương trình bao gồm các mô đun chính như sau:

- Mô đun nhập các số liệu đầu vào dưới dạng tệp *.txt.
- Mô đun thủ tục (procedure) tính hàm Erlang-B.
- Mô đun tính các tập chỉ số I' và I'' và tính các hàm P' và P''.
- Mô đun tính gradient ∇F, $\nabla P'$, $\nabla P''$.
- Chương trình chính.
- Mô đun kết xuất đầu ra a_k^{ij} và tính giá trị hàm mục tiêu $F(z\text{-opt})$ dưới dạng tệp *.txt.

Kết quả thực nghiệm mô phỏng

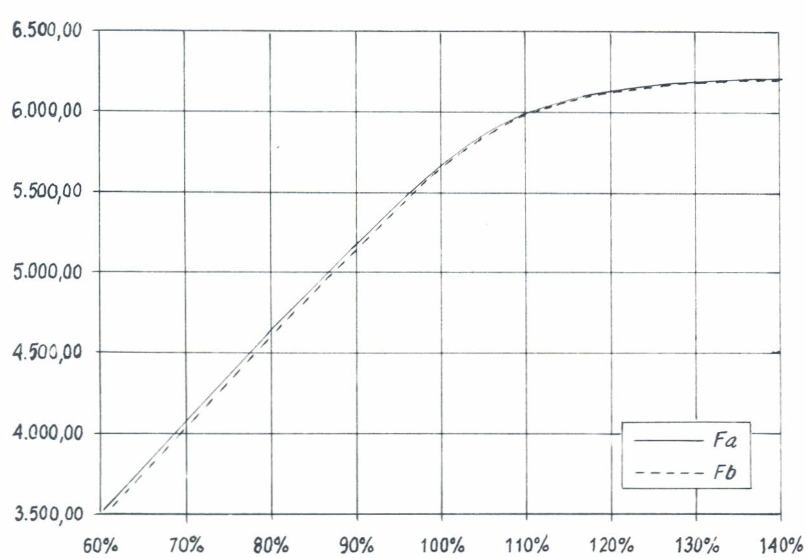
1. Về sự hội tụ của thuật toán: tốc độ hội tụ của thuật toán phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó các yếu tố cơ bản nhất là độ xấp xỉ ε_* yêu cầu và sự phức tạp của các ràng buộc kéo theo việc

tính toán các hàm phạt, trong đó các tham số đều phải lấy ra từ các máng (array). Một khối lượng tính toán đáng kể nữa cũng được dành cho việc tính gradient tại mỗi bước lặp. Do sử dụng các hàm phạt, việc chọn phương án xuất phát z_0 không bị ràng buộc, tuy nhiên ta có thể rút ngắn một số bước lặp ban đầu bằng cách đưa ra một phương án xuất phát (chủ yếu là bộ α_k^{ij}) nằm trong miền chấp nhận được. Chương trình được chạy trên máy tính cá nhân PC cấu hình: bộ vi xử lí trung tâm CPU Intel Pentium II - 266 MHz, dung lượng bộ nhớ 32 MB RAM với thời gian tính toán khoảng 5 giây.

2. Về hiệu quả của định tuyến tối ưu theo lợi ích: mục tiêu bài toán định tuyến tối ưu trong trường hợp của chúng ta là phân chia các nhu cầu lưu lượng liên tỉnh xuất phát từ 7 tổng đài nội hạt tràn lên 3 tổng đài liên tỉnh một cách tối ưu nhằm đạt được hiệu quả (lợi ích) cao nhất. Bên cạnh đó, lợi ích của người sử dụng cũng được đảm bảo.

Bảng 1. So sánh hiệu quả 2 phương pháp tối ưu

Lưu lượng tải	Định tuyến tối ưu theo lợi ích		Định tuyến tối ưu: Loss → min	
%	F_a	GoS_a	F_b	GoS_b
60%	3.508,806	5,58E-4	3.466,502	3,16E-16
70%	4.080,921	8,83E-4	4.042,271	6,72E-12
80%	4.646,589	9,20E-4	4.605,810	1,760E-8
90%	5.171,468	0,0017	5.145,669	1,710E-5
100%	5.671,985	0,0029	5.649,277	0,0027
110%	5.994,006	0,038	5.980,846	0,034
120%	6.120,640	0,098	6.110,128	0,093
130%	6.175,067	0,161	6.163,599	0,155
140%	6.205,208	0,217	6.191,082	0,211



Hình 2. Thay đổi giá trị hàm mục tiêu theo mức độ tải (%)

Trong bảng 1 ta thấy rằng khi nhu cầu lưu lượng thấp (từ 90% trở xuống), ví dụ như vào các thời gian không cao điểm, thuật toán định tuyến tối ưu thông thường theo lưu lượng sẽ san các phần lưu lượng vào các đường thông để đạt được tỉ lệ tổn hao thấp nhất, do vậy nếu so sánh thì $\mathrm{GoS}_a > \mathrm{GoS}_b$. Việc này chứng tỏ rằng thuật toán định tuyến tối ưu theo lợi ích đã phân chia tối đa lưu lượng vào các đường thông mang lại hiệu quả (w_k^{ij}) cao, dẫn tới giá trị hàm mục tiêu lớn hơn $F_a > F_b$, và chấp nhận xác suất cuộc gọi bị rơi lớn hơn, nhưng ta cũng thấy GoS_a vẫn nhỏ hơn tỉ lệ cho phép là 0,01 và lợi ích của người sử dụng vẫn được đảm bảo.

Khi nhu cầu lưu lượng tăng lên, mạng trở nên quá tải, ảnh hưởng qua lại lẫn nhau của các dòng lưu lượng trở nên rõ rệt thì sự khác biệt giữa GoS_a và GoS_b không còn lớn nữa, trong khi đó việc định tuyến tối ưu theo giá trị vẫn cho ta giá trị hàm mục tiêu F_a lớn hơn mặc dù độ chênh lệch cũng giảm đi. Điều này chứng tỏ rằng tổng cộng lưu lượng được lưu thoát trong cả hai trường hợp là gần như nhau và tiến dần đến giới hạn cho qua (through-put) của mạng lưới, nhưng định tuyến theo giá trị đã phân chia tối ưu các nhu cầu lưu lượng vào các đường thông mang lại lợi ích cao hơn.

5. KẾT LUẬN

Lần đầu tiên, việc xây dựng và giải bài toán định tuyến tối ưu cho mạng viễn thông Việt Nam được đặt ra và giải quyết một cách độc lập, dựa trên những kết quả nghiên cứu và những vấn đề còn mở tại thời điểm hiện nay trên thế giới về định tuyến. Việc xây dựng hàm mục tiêu và các ràng buộc phù hợp với mô hình mạng Việt Nam trong tương lai gần, sau đó việc lựa chọn phương pháp tối ưu hiệu quả để giải thành công bài toán là những kết quả mang cả tính lý thuyết và thực tiễn.

Qua thực nghiệm mô phỏng, định tuyến tối ưu theo lợi ích đã chứng tỏ được sự ưu việt về hiệu quả so với mô hình định tuyến tối ưu không dựa trên yếu tố kinh tế. Bằng việc hướng giá trị hàm mục tiêu theo lợi ích $\rightarrow$ max, định tuyến tối ưu theo lợi ích đã mang lại hiệu quả (lợi ích) cao nhất cho nhà khai thác mạng, đồng thời vẫn đảm bảo chất lượng dịch vụ chấp nhận được cho khách hàng. Điều này nói lên rằng việc lựa chọn định tuyến tối ưu theo lợi ích là hướng đi đúng đắn, phù hợp với xu thế phát triển công nghệ và dịch vụ hiện nay, khi lợi ích của nhà khai thác không thể tách rời khỏi lợi ích của người sử dụng.

Phương pháp hàm phạt kết hợp gradient là phương pháp hiệu quả để giải bài toán định tuyến tối ưu dạng QHPT phức tạp bằng lợi thế về tốc độ "tụt" nhanh của gradient và loại bỏ được các ràng buộc phức tạp nhờ các hàm phạt. Đặc biệt trong các mô hình mạng trung kế với các đường thông bao gồm 2 đoạn tuyến, việc xây dựng các hàm phạt và tính gradient được đơn giản và rút gọn đáng kể và sẽ giảm thời gian xử lí tính toán trên máy tính. Việc xây dựng và chạy thành công chương trình máy tính đã chứng tỏ sự hiệu quả đó. Đây cũng là điều kiện thuận lợi cho việc xây dựng bài toán cho các mô hình mạng và lưu lượng khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] André Girard, Touting and Dimensioning in Circuit-Swithched Networks, *INRS Telecommunications* (1990).

[2] Adré Girard, Revenue Optimization of Telecommunication Networks, *IEEE Transactions on Communications* **41** (4) (1993).

[3] Bùi Minh Trí và Bùi Thế Tâm, *Giáo trình Tối ưu hóa*, NXB Giao thông Vận tải, 1997.

[4] Dimitri P. Bertsekas, *Constrained Optimization and Lagrange Mutiplier Methods*, Academic press New York - London - Pari - Tokyo, bản dịch tiếng Nga, Nhà xuất bản Phát thanh và Liên lạc, 1987.

[5] E. Polak, *Computational Methods in Optimization, Mathematics in Science and Engineering*, Academic press New York - London, 1971.

[6] Lê Đắc Kiên, Định tuyến tối ưu trong mạng viễn thông, *Hội nghị Vô tuyến điện tử toàn quốc lần thứ VII*, 1998.

Nhận bài ngày 3 - 3 - 2000

Viện Công nghệ thông tin