

ỨNG DỤNG LỌC KALMAN CHO ƯỚC LƯỢNG LƯU LƯỢNG TRONG MẠNG ATM

PHAN HỮU PHONG

Abstract. This paper presents a method of estimating the instant cell rate in ATM (Asynchronous Transfer Mode) networks by using the Kalman filter. To describe the dynamics of the system we use parameters evaluated from declarations. The advantages of the proposed method are also analysed.

Tóm tắt. Bài này trình bày một phương pháp ước lượng tốc độ tế bào tức thời trong mạng ATM bằng sử dụng bộ lọc Kalman. Để mô tả động học của hệ thống chúng tôi sử dụng các tham số được đánh giá từ số liệu khai báo. Các ưu điểm của phương pháp đề xuất cũng được phân tích.

1. MỞ ĐẦU

Lọc Kalman dựa trên mô tả hệ thống bằng phương trình trạng thái. Nhờ có thêm thông tin về động học của hệ thống mà kết quả lọc nhiều sẽ chính xác hơn so với các phương pháp chỉ sử dụng phương trình quan sát, đồng thời cho phép ước lượng các tham số của hệ thống. Đặc biệt, lọc Kalman mở rộng có khả năng ứng dụng vào các hệ thống phi tuyến. Trong mạng ATM, đo lưu lượng phục vụ các mục đích, như điều khiển, quản lý mạng ... Trong [3], chúng tôi đã trình bày một ứng dụng của lọc Kalman cho điều khiển lưu lượng động trong mạng đa dịch vụ băng rộng. Trong thực tế, ngoài kết quả đo ta còn có nguồn thông tin về lưu lượng - đó là các tham số của người sử dụng khai báo, bằng thông được cấp phát cho mỗi dịch vụ do điều khiển chấp nhận kết nối ấn định. Ý tưởng ở đây là sử dụng các số liệu này nhằm nâng cao độ chính xác của kết quả ước lượng.

2. THÀNH LẬP BÀI TOÁN

Vấn đề đặt ra là phải tìm ước lượng tốt nhất của giá trị trung bình M_k và phương sai V_k của lưu lượng tổng tại nút chuyển mạch ATM ở thời điểm k - khi có một kết nối được chấp nhận hoặc huỷ bỏ. Ta thành lập vectơ $X_k = [M_k, V_k]^T$, gọi là trạng thái của hệ thống. Lưu lượng tổng thay đổi theo quá trình xếp chồng, có thể mô tả bằng phương trình ([1]):

$$X_k = X_{k-1} + x_k + e_k \quad (1)$$

Trong đó $x_k = [m_k^d, v_k^d]^T$ ký hiệu giá trị trung bình và phương sai của lưu lượng của dịch vụ bắt đầu hoặc kết thúc ở thời điểm k . Trong trường hợp sau (dịch vụ kết thúc) x_k mang dấu $-$. Số liệu này bao gồm hoặc có thể tính từ các tham số khai báo của người sử dụng. Sai số mô hình $e_k = [e_k^m, e_k^v]^T$ được giả thiết là biến ngẫu nhiên với giá trị trung bình 0 và ma trận hiệp phương sai Q_k . Ta viết lại (1) dưới dạng phương trình trạng thái chuẩn

$$X_k = F_k X_{k-1} + e_k \quad (2)$$

Trong đó ma trận chuyển tiếp F_k có dạng đường chéo

$$F_k = \text{diag}\left(\frac{M_{k-1} + m_k^d}{M_{k-1}}, \frac{V_{k-1} + v_k^d}{V_{k-1}}\right) \quad (3)$$

Tiếp theo, ta thành lập phương trình quan sát

$$Y_k = X_k + \delta_k \tag{4}$$

Trong đó $\delta_k = [\delta_k^m, \delta_k^v]^T$ là véctơ sai số đo – giả thiết là biến ngẫu nhiên Gausse với giá trị trung bình 0, ma trận hiệp phương sai R_k , và độc lập với sai số mô hình e_k .

Từ (3) ta thấy ma trận chuyển tiếp F_k thay đổi theo thời gian. Nghĩa là phương trình trạng thái (2) có khả năng mô tả các quá trình không dừng. Điều này là rất cần thiết, vì trong thực tế lưu lượng của mạng thay đổi không ngừng, trong một khoảng rất rộng. Đây là điểm khác biệt lớn giữa quá trình lưu lượng trong mạng viễn thông với các quá trình công nghệ thông thường trong công nghiệp (được mô tả bằng phương trình trạng thái dừng). Đó cũng là lý do phải sử dụng lọc Kalman- một kỹ thuật ước lượng tiên tiến nhưng cũng khá phức tạp.

3. LỜI GIẢI

Với phương trình hệ thống (2), phương trình quan sát (4) ta có thể áp dụng thuật toán tổng quát của lọc Kalman và dễ dàng tìm được lời giải cho trường hợp cụ thể ở đây. Để hiểu ý nghĩa kỹ thuật của các biến số và công thức, dưới đây ta nêu những ý tưởng chính. Từ (1) ta có thể viết

$$\hat{X}_k^e = \hat{X}_{k-1} + x_k \tag{5}$$

gọi là ngoại suy của ước lượng trạng thái. Sau đó có thể tìm ước lượng trạng thái theo công thức sau

$$\hat{X}_k = \hat{X}_k^e + K_k[Y_k - \hat{X}_k^e] \tag{6}$$

Trong đó K_k gọi là hệ số Kalman, được tính sao cho cực tiểu hoá hàm mục tiêu bình phương sai số ước lượng

$$J_k = E[\Delta_k^T \Delta_k] \longrightarrow \min \tag{7}$$

Với

$$\Delta_k = \hat{X}_k - X_k \tag{8}$$

Lời giải được dẫn ra từ điều kiện $\partial J_k / \partial K_k = 0$. Thực hiện một số phép tính ta nhận được kết quả([1]):

$$K_k = P_k^e [P_k^e + R_k]^{-1} \tag{9}$$

Trong đó

$$P_k^e = F_{k-1} P_{k-1} F_{k-1}^T + Q_k \tag{10}$$

Ma trận hiệp phương sai sai số ước lượng $P_k = E[\Delta_k \Delta_k^T]$ được cập nhật như sau

$$P_k = [I - K_k] P_k^e \tag{11}$$

Về giá trị ban đầu cho các thuật toán truy hồi ở trên ta giả thiết: ở thời điểm bắt đầu $k = 0$ hệ thống là rỗng, do đó $X_0 = 0, P_0 = 0$.

4. KẾT LUẬN

Trên đây chúng tôi đã phân tích bài toán ước lượng lưu lượng trong mạng ATM và những ưu điểm của giải pháp sử dụng kỹ thuật lọc Kalman. Kết quả nhận được là ước lượng của giá trị trung bình và phương sai của lưu lượng tổng - được viết dưới dạng véctơ rất thích hợp cho xử lý tiếp theo trong hệ thống điều khiển lưu lượng mạng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Dziong Z. *ATM Network Resource Management*, McGraw-Hill, 1997.
- [2] McDysan D., Spohn D. *ATM Theory and Applications*, McGraw-Hill, 1999.
- [3] Trần Hồng Quân, Phan Hữu Phong, Điều khiển lưu lượng động mạng ISDN băng rộng, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **18** (2) (2003).

Nhận bài ngày 5 - 11 - 2002

Học viện Công nghệ Bưu chính viễn thông