

BỘ ĐIỀU KHIỂN GÁO RÒ MỜ THÍCH NGHI

CHU VĂN HÝ, NGUYỄN HỒNG SƠN

Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Abstract. This paper analyses advantages and disadvantages of the traditional leaky bucket controller and presents a fuzzy sets theory based mechanism for managing violating cells. We propose a method of correcting fuzzy output space according to traffic changes.

Tóm tắt. Bài báo phân tích những ưu, khuyết điểm của bộ điều khiển gáo rò truyền thống và trình bày một cơ chế quản lý các tế bào vi phạm trên cơ sở lý thuyết tập mờ. Chúng tôi đề xuất một phương pháp hiệu chỉnh không gian đầu ra mờ theo thay đổi của lưu lượng.

1. MỞ ĐẦU

Tính bùng phát, ví dụ ở dịch vụ thoại, là trở ngại lớn cho điều khiển lưu lượng trong mạng ATM (Asynchronous Transfer Mode). Khó khăn sinh ra không chỉ do lưu lượng dồn thành những cụm không đồng đều mà còn vì thời điểm bắt đầu và kết thúc của chúng là ngẫu nhiên, không thể đoán trước được. Trong khi đó băng thông và bộ đệm mà dịch vụ được cấp không thay đổi trong suốt quá trình kết nối kênh ảo. Nhằm khống chế tốc độ tế bào vào mạng R_c không vượt quá tốc độ hợp đồng giữa người sử dụng với mạng R_n , điều khiển tham số sử dụng dùng các cơ cấu như cái gáo rò, cửa sổ trượt, cửa sổ nhảy, giải thuật tốc độ tổng quát, tốc độ khung đảm bảo... ([1]). Trong số này, bộ điều khiển gáo rò được sử dụng rộng rãi, đã qua một số lần cải tiến ([2]). Người ta thêm vào thiết kế ban đầu bộ đệm tế bào, sử dụng phương trình luồng động làm cơ sở cho tính toán các tham số. Một hướng khác là nghiên cứu quá trình động học của bộ đệm thẻ, cải tiến cơ chế sinh thẻ. Một số phương pháp xử lý các tế bào vi phạm như đánh dấu, đính nhãn đã được áp dụng với mục đích nâng cao hiệu suất sử dụng tài nguyên mạng.

Trong bài này, chúng tôi phát triển phương pháp tính toán bộ điều khiển gáo rò mờ, và đề xuất sử dụng cơ chế thích nghi nhằm đảm bảo hệ thống hoạt động tin cậy trong điều kiện tải thay đổi mạnh. Đây là một ứng dụng lý thuyết mờ của Zadeh - ngày nay đã có cơ sở lý luận khá hoàn chỉnh và ảnh hưởng sâu sắc đến nhiều ngành khoa học, công nghệ, kinh tế, xã hội.

2. BỘ ĐIỀU KHIỂN GÁO RÒ MỜ

Bên cạnh ưu điểm như đơn giản dễ thực hiện, khuyết điểm chính của bộ điều khiển gáo rò là các tế bào vẫn có thể bị rơi ngay cả khi băng thông tuyến ra của nút nguồn chưa sử dụng hết ([4]). Các phiên bản cải tiến nhằm giải quyết vấn đề này. Theo quan điểm điều khiển tự động, chúng tôi thấy rằng cách khống chế tốc độ như trên gọi là điều khiển theo chương trình

hoặc điều khiển vòng hở, vì không căn cứ vào các thông tin phản hồi, như khoảng trống của bộ đệm của nút nguồn hoặc băng thông tuyến ra... Cho nên, với R_n nhỏ hơn tốc độ đỉnh thì tế bào bị rơi là không tránh khỏi một khi chu kỳ tích cực của nguồn kéo dài. Tình trạng trên có thể khắc phục nếu ta sử dụng vòng điều khiển có phản hồi và xét đến tính ngẫu nhiên của lưu lượng vào. Khoảng trống e_s của bộ đệm nút nguồn sẽ được chọn làm tín hiệu phản hồi, vì nó cho biết khả năng tiếp nhận thêm các tế bào đồng thời phản ánh kết quả của thay đổi tốc độ luồng vào cũng như ảnh hưởng của các dịch vụ cùng tồn tại khác. Nhưng, như thế bộ đệm thẻ và cả cơ chế cái gáo rò trở nên thừa, vì vòng điều khiển phản hồi trên là đủ để hiệu chỉnh tốc độ tế bào R_c (xem phương pháp điều khiển nghẽn [3]). Hơn nữa, theo diễn đàn ATM (1996) hiện chỉ có dịch vụ ABR (Available Bit Rate) được trang bị bộ điều khiển làm việc theo nguyên lý phản hồi kiểu này.

Với mục đích xét vớt các tế bào vi phạm để có thể quyết định cho phép vào mạng khi bộ đệm còn khả năng tiếp nhận thêm, ta có thể sử dụng bộ điều khiển mờ đơn giản và kinh tế hơn. Ta sẽ tận dụng được những ưu điểm của phương pháp điều khiển mờ, là không phải thành lập mô hình động học chi tiết, chính xác của đối tượng điều khiển và có thể sử dụng các kiến thức của chuyên gia vận hành hệ thống phát biểu bằng ngôn ngữ tự nhiên. Ở đây, những lợi ích được hưởng là đáng kể. Ta không phải nghiên cứu động học của luồng vào có tính bùng phát, mà chỉ mô tả tình trạng (vơi, đầy) của bộ đệm nút nguồn thông qua khoảng trống e_s bằng những định lượng mờ “Lớn”, “Vừa”, “Bé” đơn giản hơn. Vì quá trình xếp hàng có xảy ra tràn bộ đệm là khâu động học phi tuyến (bão hòa), tính toán bộ điều khiển theo các phương pháp thông thường sẽ khá phức tạp...

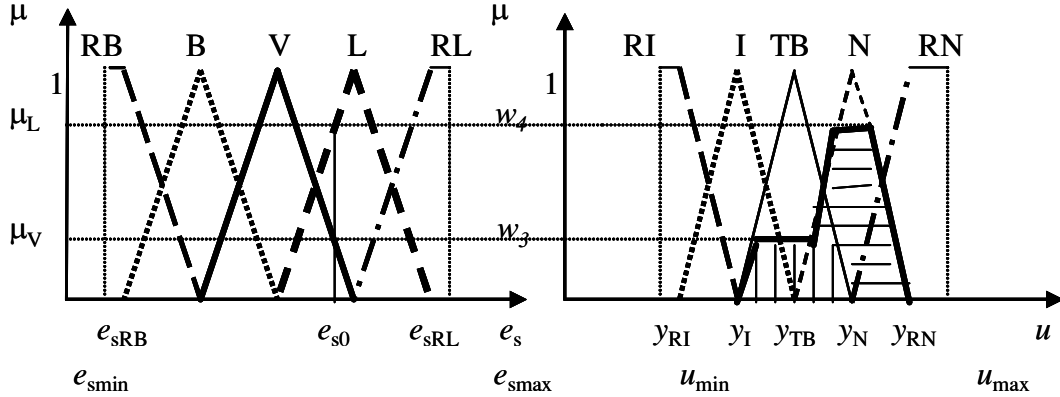
Tổng quát, bộ điều khiển mờ gồm các phần: mờ hóa, hệ luật, cơ chế (động cơ) suy diễn và giải mờ (rõ hóa). Cũng như thiết kế bộ điều khiển truyền thống, trước tiên ta phải chọn các đại lượng vào, ra thích hợp. Sau đó ta chia không gian biến thiên của chúng thành những tập mờ căn cứ theo hệ luật và độ chính xác yêu cầu. Ở đây, đầu ra u (đại lượng điều khiển) là số tế bào vi phạm được vào mạng (nhưng với mức ưu tiên thấp hơn và sẽ bị rơi trước nếu bộ đệm của nút nguồn bị tràn). Đầu vào có thể chọn từ những đại lượng mang thông tin về:

1. Tình trạng của bộ đệm nút nguồn.
2. Tình trạng của bộ đệm nút nguồn và bộ đệm thẻ ([4]).
3. Tình trạng của bộ đệm nút nguồn, bộ đệm thẻ và / hoặc bộ đệm tế bào.

Để đơn giản, ta xét trường hợp 1. Thông thường tình trạng của bộ đệm được phản ánh bằng khoảng trống e_s và thay đổi (đạo hàm theo thời gian) e'_s của nó. Cho ước lượng thô u ta chỉ cần thông tin e_s . Lưu ý rằng số luật tăng theo cấp số nhân với số đầu vào. Tương tự, số tập mờ của các đầu vào, đầu ra cũng làm phức tạp hệ luật. Do đó, ta nên chọn vừa đủ (thường bằng 3, 5, 7) để mô tả các biến mờ. Tìm một hàm thuộc có ý nghĩa vật lý sát thực, ví dụ dạng hình chuông (Gauss) đòi hỏi nhiều kiến thức chuyên gia và khối lượng tính toán lớn. Nên, trong nhiều hệ thống kỹ thuật người ta sử dụng phương pháp phân chia mờ đều không gian các đầu vào, đầu ra với hàm thuộc có dạng hình tam giác ([4, 6]).

Trên hình 1, đầu vào e_s được mô tả bằng các tập mờ: RB (Rất bé), B (Bé), V (Vừa), L (Lớn), RL (Rất lớn). Đầu ra u nhận các giá trị ngôn ngữ: RI (Rất ít), I (Ít), TB (Trung bình), N (Nhiều), RN (Rất nhiều). Trong trường hợp này, ta dễ dàng đề ra hệ luật điều khiển tỷ lệ như sau:

- R_1 : NẾU $e_s = RB$ THÌ $u = RI$
 - R_2 : NẾU $e_s = B$ THÌ $u = I$
 - R_3 : NẾU $e_s = V$ THÌ $u = TB$
 - R_4 : NẾU $e_s = L$ THÌ $u = N$
 - R_5 : NẾU $e_s = RL$ THÌ $u = RN$
- (1)

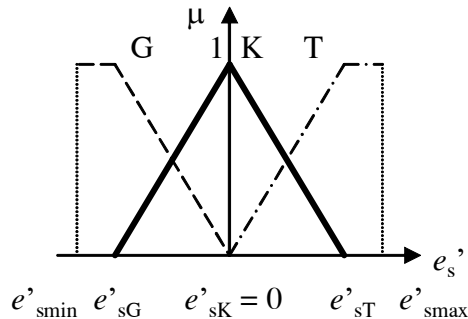


Hình 1. Trường hợp bộ điều khiển mờ 1 đầu vào/1 đầu ra

Nếu bộ điều khiển có nhiều đầu vào, nhiều đầu ra, biểu diễn các không gian mờ tương tự như trên nhưng hệ luật sẽ phức tạp. Trường hợp bộ điều khiển với các đầu vào e_s , e'_s và đầu ra u có thể sử dụng hệ luật ghi ở bảng 1. Đầu vào e'_s chỉ chiều hướng thay đổi khoảng trống bộ đệm, gồm các tập mờ: G (Giảm), K (Không thay đổi), T (Tăng), hình 2. Hệ luật đầy đủ gồm 15 luật:

- R_1 : NẾU $e_s = RB$ và $e'_s = G$ THÌ $u = RI$
 -
 - R_7 : NẾU $e_s = V$ và $e'_s = G$ THÌ $u = I$
 -
 - R_{15} : NẾU $e_s = RL$ và $e'_s = T$ THÌ $u = RN$
- (2)

Cho các hệ thống kỹ thuật, ta thường sử dụng phương pháp mờ hóa đơn điệu, cơ chế suy diễn với luật hợp thành max-min và phép kéo theo Mamdani. Trên hình 1 là áp dụng cho bộ điều khiển 1 đầu vào/1 đầu ra.



Hình 2. Đầu vào e'_s

Bảng 1. Hệ luật

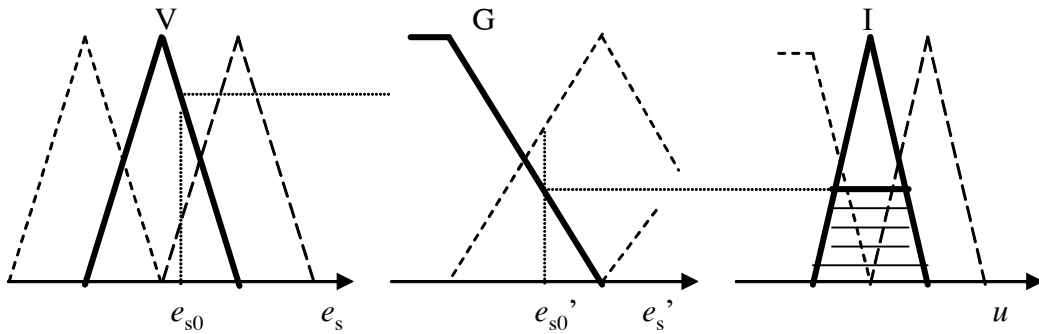
$e_s \setminus e'_s$	G	K	T
RB	RI	RI	RI
B	RI	I	I
V	I	TB	TB
L	TB	N	N
RL	N	RN	RN

Kết quả của quá trình suy diễn là một tập mờ biểu diễn điều khiển u . Ta phải ánh xạ vào không gian số thực mới có thể sử dụng được. Các phép giải mờ hay dùng là trọng tâm, đường cao... Phương pháp trọng tâm có ý nghĩa vật lý rõ ràng, nhưng tính toán khá phiền phức. Phương pháp đường cao đơn giản hơn và kết quả không chênh lệch nhiều

$$u = \frac{\sum_i w_i y_i}{\sum_i w_i}, \quad (3)$$

trong đó, i ký hiệu các luật bị “cháy”, w_i là “lực cháy” của luật thứ i , y_i là tâm của tập mờ đầu ra trong luật thứ i . Ví dụ trên hình 1, đầu vào e_s có giá trị e_{s0} được mờ hóa bằng các tập mờ V và L với giá trị hàm thuộc $\mu_V(e_{s0})$ và $\mu_L(e_{s0})$. Luật 3 và 4 bị cháy, có đầu ra bằng TB và N. Do đó, $w_3 = \mu_V(e_{s0})$, $w_4 = \mu_L(e_{s0})$, $y_3 = y_{TB}$, $y_4 = y_N$. Kết quả giải mờ $u = (w_3 y_{TB} + w_4 y_N)/(w_3 + w_4)$. Cho bộ điều khiển 2 đầu vào, lực cháy w_i là hàm thuộc nhỏ nhất của các tập mờ đầu vào trong luật thứ i :

$$w_i = \min\{\mu_i(e_{s0}), \mu_i(e'_{s0})\}. \quad (4)$$



Hình 3. Suy diễn theo luật R7

Trong thực tế, ta chọn các điểm (e_s, e'_s) cách đều nhau trong không gian đầu vào, tính đầu ra u để lập bảng giá trị $u(e_s, e'_s)$. Khi bộ đệm tế bào bị tràn, cần đo các tham số e_s, e'_s của bộ đệm nút nguồn và tra bảng sẽ biết có bao nhiêu tế bào vi phạm được vào mạng.

3. BỘ ĐIỀU KHIỂN GÁO RÒ MỜ THÍCH NGHI

Ta thấy hệ luật và phân chia mờ không gian vào, ra ảnh hưởng đến kết quả thu được. Đơn giản hơn so với hệ chuyên gia y tế, ở đây căn cứ vào ý nghĩa vật lý của các đại lượng ta có thể đề ra một hệ luật không mấy khó khăn. Nhưng, chọn các tham số, như hình dạng hàm thuộc, tâm các tập mờ... đòi hỏi những hiểu biết của chuyên gia vận hành hệ thống. Trong mạng viễn thông, lưu lượng chênh lệch rất lớn trong một ngày: giờ cao điểm so với giờ thường, ban ngày so với ban đêm... Nên, sẽ có ý nghĩa nếu tìm ra một cơ chế có khả năng tự động hiệu chỉnh lại các tham số trên cho phù hợp với thay đổi của lưu lượng. Cơ chế thích nghi này cũng có thể giúp ta bổ sung hoặc sửa chữa lại các số liệu của chuyên gia đưa vào-trong trường hợp thiếu hoặc có sai sót.

Nguyên tắc hoạt động của bộ điều khiển thích nghi là so sánh số tế bào vi phạm được

vào mạng thực tế u^* (không bị rơi ở bộ đệm nút nguồn) với kết quả tính toán u để tính lại giá trị tham số cần hiệu chỉnh. Tổng quát, ta có thể hiệu chỉnh tất cả các tham số của không gian đầu vào cũng như không gian đầu ra, kể cả hệ luật. Để đơn giản, ở đây chúng tôi chỉ xét trường hợp không gian đầu ra phân chia mờ đều với hàm thuộc dạng tam giác. Nếu sử dụng phương pháp giải mờ đường cao thì theo (3) ta thấy có thể biểu diễn các tâm tập mờ y_I, y_{TB}, y_N theo y_{RI} và y_{RN} . Trong thực tế, ta có thể cố định y_{RI} và chỉ thay đổi y_{RN} . Ta có:

$$y_1 = y_{RI}, \quad y_2 = y_I = y_{RI} + \frac{y_{RN} - y_{RI}}{4}, \quad (5)$$

$$y_3 = y_{TB} = \frac{y_{RN} + y_{RI}}{2}, \quad y_4 = y_N = y_{RI} + 3\frac{y_{RN} - y_{RI}}{4}.$$

Ta chọn tiêu chuẩn bình phương sai số:

$$J = (u^* - u)^2 \rightarrow \min. \quad (6)$$

Theo (3), (5) ta thấy J là hàm bậc hai của y_{RN} . Do đó luôn tìm được nghiệm tối ưu y_{RN}^* cho bài toán phân chia mờ thích nghi không gian đầu ra. Tương tự, hiệu chỉnh không gian đầu vào, chẳng hạn bằng cách chuyển dịch vị trí của tâm e_{sRL} , đòi hỏi biểu diễn w_i theo e_{sRL} . Tính toán sẽ phức tạp hơn khi bộ điều khiển có nhiều đầu vào.

4. KẾT LUẬN

Trên đây, chúng tôi đã phân tích những ưu, khuyết điểm của bộ điều khiển gáo rò truyền thống. Theo quan điểm điều khiển tự động, ta hoàn toàn có thể xây dựng bộ điều khiển mới làm việc theo nguyên lý phản hồi. Trong khuôn khổ nghiên cứu cải tiến, chúng tôi đã trình bày nguyên tắc làm việc của bộ điều mờ dùng để tính số tế bào vi phạm có thể được phép vào mạng căn cứ vào tình trạng của bộ đệm nút nguồn. Một cơ chế thích nghi cũng được đề xuất nhằm tự động hiệu chỉnh lại các tập mờ của đầu ra để bộ điều khiển làm việc tin cậy trong điều kiện lưu lượng thay đổi mạnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. Dysan, D. Sponhn, *ATM theory and applications*, Mc Graw-Hill, 1999.
- [2] X. Gu, K. Sohraby, D. Vaman, *Control and performance in packet, circuit and ATM networks*, Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [3] S. Mascolo, Congestion control in high-speed communication networks using the Smith principle, *Automatica* **35** (1999) 1921–1935.
- [4] T. D. Ndousse, Fuzzy neural control of voice cells in ATM networks, *IEEE J. Select. Areas Commun.* **12** (9) (1994) 1488–1494.
- [5] S. Jagannathan, J. Talluri, Predictive congestion control of ATM networks: multiple sources / single buffer scenario, *Automatica* **38** (2002) 815–820.
- [6] L. X. Wang, *A course in fuzzy systems and control*, Prentice-Hall International, Inc., 1997.

Nhận bài ngày 28 - 4 - 2003