

XÂY DỰNG CÂY ĐỊNH TUYẾN MULTICAST LỚP ỨNG DỤNG

Vũ Thị Thúy Hà*

*Học Viện Công Nghệ Bưu chính Viễn thông

Tóm tắt – Khái niệm Multicast lớp ứng dụng (ALM) đơn giản là việc triển khai các chức năng Multicast như một dịch vụ lớp ứng dụng thay vì lớp mạng. ALM có rất nhiều ưu điểm so với IP Multicast. Thứ nhất, ALM có thể triển khai dễ dàng và phát triển ngay lập tức một ứng dụng cụ thể qua mạng Internet mà không cần phải thay đổi cơ sở hạ tầng mạng IP hiện có. Thứ hai, tất cả các chức năng sao lưu và quản lý nhóm Multicast đều được thực hiện tại lớp ứng dụng, Router trong mạng không cần hỗ trợ tính năng Multicast. Thứ ba, ALM phù hợp với triển khai các dịch vụ đa phương tiện trên quy mô lớn. Tuy nhiên cây định tuyến ALM không được tối ưu do gặp phải vấn đề “nút thắt cổ chai” và đường định tuyến quá xa so với lớp nền tảng IP. Bài báo nghiên cứu các vấn đề về ALM, xây dựng bài toán tối ưu cây định tuyến ALM, phân tích hàm giá đa biến dựa trên băng thông và trễ.

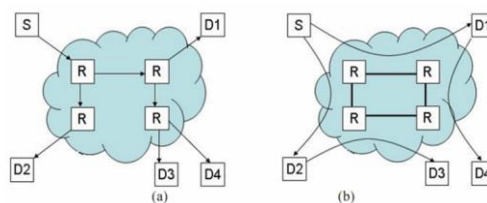
Từ khóa - Mạng ngang hàng (P2P), bảng băm phân tán (DHT), đa hướng lớp IP (IP Multicast), đa hướng lớp ứng dụng (ALM), mạng địa chỉ nội dung (CAN), chất lượng dịch vụ (QoS), nhà cung cấp dịch vụ (ISP), bộ định tuyến (Router).

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển mạnh mẽ của mạng Internet ngày này kéo theo sự phát triển của các ứng dụng trên Internet. Dữ liệu trao đổi trên mạng không chỉ đơn thuần là văn bản nữa mà thêm vào đó là dữ liệu đa phương tiện bao gồm có hình ảnh, âm thanh, phim, nhạc... Các ứng dụng đa phương tiện phổ biến có thể kể đến như gọi điện qua mạng Internet (Internet telephony), hội thảo trực tuyến (video conferencing) hoặc các ứng dụng xem video theo yêu cầu (video on demand) ngày càng được sử dụng rộng rãi. Để đảm bảo QoS và đáp ứng nhu cầu gia tăng của người sử dụng, các giao thức truyền thông Multicast hiệu quả đóng một vai trò rất quan trọng. Tuy nhiên các giao thức Multicast hiện tại đều có các ưu và nhược điểm. IP Multicast rất hiệu quả trong việc phân phối dữ liệu đa phương tiện, nhưng việc triển khai và quản lý hoạt động của IP Multicast phức tạp và tốn kém. Nó yêu cầu các bộ định tuyến phải hỗ trợ tính năng Multicast, trong khi hầu hết các Router của nhà cung cấp dịch vụ (ISP) lại không hỗ trợ Multicast.

ALM thực hiện các chức năng Multicast như một dịch vụ lớp ứng dụng. Do triển khai định tuyến Multicast tại lớp ứng dụng, nên ALM đã tận dụng được các lợi thế của mạng P2P như: Khả năng mở rộng, khả năng chịu đựng lỗi, dễ dàng triển khai nhanh chóng trên mạng Internet mà không

cần có bất kỳ thay đổi cơ sở hạ tầng của mạng IP. Hình 1 mô tả việc truyền Multicast cho cùng một nhóm người nhận và người gửi của ALM và IP Multicast. Chức năng sao lưu gói tin, quản lý nhóm Multicast của IP Multicast được thực hiện tại các bộ định tuyến (R), ALM thực hiện tại các nút đầu cuối và chỉ sử dụng kỹ thuật truyền tin Unicast tại lớp mạng [1][2][3].



Hình 1. IP Multicast và ALM [1]

Tuy nhiên do cây định tuyến ALM được xây dựng tại lớp ứng dụng dựa chủ yếu vào định danh nút, hoàn toàn độc lập với cấu trúc mạng nền, điều đó dẫn tới sự không đồng nhất hiệu năng. Bên cạnh đó, các nút tham gia hệ thống cũng được coi là có khả năng như nhau về băng thông, khả năng lưu trữ... Trong thực tế lại có một sự khác biệt lớn về tải giữa các nút hay còn gọi là sự mất cân bằng tải. Vì vậy việc xây dựng cây định tuyến qua ALM thường gặp phải vấn đề “nút thắt cổ chai” khi một nút có tài nguyên kém mà phải chịu tải cao.

Để triển khai ALM trên quy mô lớn và cung cấp các dịch vụ luồng thời gian thực đảm bảo QoS qua mạng Internet việc cải thiện hiệu năng cây định tuyến lớp ứng dụng là cần thiết, làm cho cây định tuyến ALM có hiệu năng gần giống như IP Multicast. Các tham số ảnh hưởng tới hiệu năng của cây định tuyến lớp ứng dụng chủ yếu liên quan tới trễ và băng thông. Một số các tham số hiệu năng của ALM.

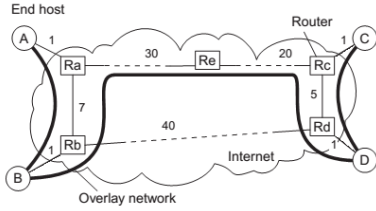
Trễ liên kết (Stretch): Là tỷ số giữa độ dài đường liên kết ALM và liên kết trực tiếp qua mạng IP. Hình 2 mô tả bản tin đi từ B tới C qua ALM độ dài 71, tại mức IP là 47 (stretch = 71/47). Đối với IP Multicast giá trị này bằng 1.

Tải liên kết (Link stress): Tham số biểu thị tổng số gói tin giống nhau đi qua cùng một liên kết lớp IP. Ví dụ trong hình 2 tải liên kết từ nguồn A đến D cần đi qua liên kết [Ra, Rb] hai lần. Đối với IP Multicast giá trị này bằng 1.

Tác giả liên hệ: Vũ Thị Thúy Hà

Email: havt@ptit.edu.vn

Đến tòa soạn: 12/2020, chỉnh sửa: 2/2021, chấp nhận đăng: 4/2021



Hình 2. Định tuyến Multicast lớp ứng dụng

Phần nội dung tiếp theo bài báo phân tích một số các vấn đề về ALM và xây dựng bài toán tối ưu cây định tuyến dựa trên băng thông và trễ.

II. PHÂN LOẠI ĐỊNH TUYẾN ALM

Các giao thức định tuyến Multicast lớp ứng dụng được phân loại chủ yếu dựa vào cấu trúc mạng và kiểu điều khiển. Điều khiển ALM thường tiếp cận theo hai kiểu tập trung và phân tán. Cấu trúc mạng để xây dựng cây định tuyến Multicast dựa trên Mesh-first hoặc Tree-first. Tùy từng loại dịch vụ yêu cầu triển khai mà giao thức ALM được thiết kế phù hợp. Ngoài ra còn có một số ALM phát triển Multicast dựa trên các mạng ngang hàng có cấu trúc gọi là Multicast ẩn (Implicit) Chord, Pastry [1].

Giao thức ALMI [2] sử dụng điều khiển tập trung, toàn bộ việc tính toán thông tin định tuyến và thu thập thông tin trạng thái cây Multicast đều do trung tâm điều khiển. Nút quản lý cây hoặc bộ điều khiển trung tâm thực hiện tính toán cây đường đi ngắn nhất MST (Minimum Spanning Tree) dựa trên bộ tham số đo hiệu năng của ứng dụng cụ thể (như trễ đầu cuối, băng thông có sẵn). Giao thức ALMI sử dụng lệnh *ping* đo thời gian trễ được thực hiện bởi các thành viên nhóm, vì trễ là tiêu chí cho nhiều ứng dụng và cũng khá dễ dàng để kiểm soát. Mặc dù, hiệu quả cây Multicast của giao thức ALMI gần bằng hiệu quả của cây IP Multicast, nhưng khả năng mở rộng kém, ALMI chỉ ứng dụng trong mạng có quy mô nhỏ. Đối với các hệ thống quy mô lớn hiệu năng hệ thống giảm do hiện tượng nghẽn cổ chai tại các bộ điều khiển trung tâm.

Điều khiển phân tán thì việc định tuyến và thu thập thông tin trạng thái được phân tán cho các nút đầu cuối từ đó tổ chức cấu trúc cây Multicast, cây có thể cấu trúc dựa trên lưới (Mesh-first) hoặc dựa trên cây (Tree-first).

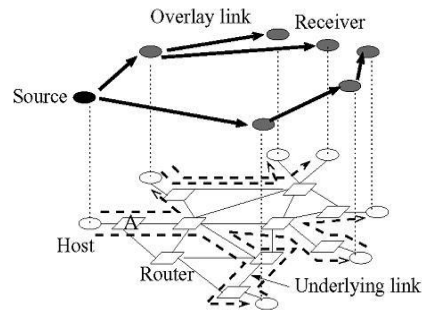
Mesh-first: Các giao thức CAN, Narada, Scattercast, Bayeux[2] tiếp cận xây dựng cây định tuyến theo Mesh-first. Với cách tiếp cận này các nút muốn tham gia vào quá trình truyền hoặc nhận dữ liệu Multicast sẽ tham gia vào một mạng phủ hình thành nên một cấu trúc dạng lưới liên kết các nút với nhau. Cây Multicast sẽ được xây dựng dựa trên các liên kết của mạng phủ này. Sau khi cấu trúc mạng được hình thành thì nút nguồn sẽ sử dụng thuật toán định tuyến để truyền Multicast thông qua mạng đó. Thông thường cây Multicast tạo ra từ phương thức này không được tối ưu do gặp phải vấn đề “nút thắt cổ chai” khi một nút có tài nguyên kém mà phải chịu tải cao. Hơn nữa, việc duy trì mạng phủ cũng đòi hỏi một phần băng thông cho các thông tin điều khiển mạng. Tuy nhiên, lợi thế của Mesh-first là khả năng chịu lỗi cao, bởi các nút trong cây không chỉ biết đến nút cha của nó mà còn biết thông tin về các nút khác. Mesh-first thường được sử dụng với các ứng dụng như hội nghị truyền hình. Tuy nhiên, nhược điểm của Mesh-first là rất khó để thực hiện cân bằng tải và cân bằng độ trễ giữa các nút do phụ thuộc vào kiến trúc mạng phủ.

Tree-first: Là cách tiếp cận của giao thức YOID, HMTP, NICE, ZIGZAG [3], cây Multicast được hình thành mà không cần các nút tạo thành mạng phủ với nhau. Một nút chọn cha của nó từ một số thành viên đã biết trong cây. Việc chọn cha thường được thực hiện dựa trên một số tiêu chí như cân bằng băng thông giữa các nút hoặc đảm bảo độ sâu của cây cân bằng giữa các nhánh. Ưu điểm của Tree-first là các nút có thể chọn nút cha, do đó có thể tránh được tình trạng một nút nào đó phải chịu tải quá cao. Tree-first cần có thuật toán phát hiện và tránh lặp xảy ra trong cây Multicast. Các nút trong cây sẽ chọn được vị trí tối ưu nhất nhằm tránh hiện tượng “nút thắt cổ chai”. Tuy nhiên, điều này có thể dẫn đến cây bị lệch. Hơn nữa khi một nút bị lỗi hoặc rời mạng thì việc khôi phục lại cây Multicast sẽ khó khăn hơn rất nhiều so với Mesh-first.

Giao thức HMTP dựa trên một thuật toán đệ quy để xây dựng cây: Một nút mới đến sẽ liên hệ với gốc của cây, chọn nút tốt nhất trong số con của gốc, và lặp đi lặp lại quá trình này từ trên xuống cho đến khi nó tìm thấy một nút cha thích hợp. Giao thức NICE, SDHC, ZIGZAG tạo thành các nhóm phân cấp, các nút trong nhóm thường có khoảng cách gần nhau. Ưu điểm của các giao thức nhóm phân cấp là mào đầu điều khiển nhỏ và chi phí xây dựng và duy trì cây Multicast là thấp.

III. BÀI TOÁN TỐI ƯU CÂY MULTICAST

A. Khái niệm cây Multicast lớp ứng dụng



Hình 3. Cây Multicast lớp ứng dụng

Mạng IP như đồ thị $G=(N,E)$, N là tập hợp các nút, E là một tập hợp của các cạnh. Một nút $\eta_i \in N$ biểu thị Router, một cạnh $\eta_i, \eta_j \in E$ là kết nối vật lý 2 chiều.

Cây Multicast qua lớp ứng dụng $O=(s,D,N_0,E_0)$, s là nút nguồn (nút cha), D là tập hợp các nút đích, $N_0 \subseteq N$ là tập hợp các nút trong mạng IP dọc theo các

liên kết chồng phủ E_0 là tập hợp các liên kết mạng phủ được định nghĩa như sau: Tập hợp các máy chủ H_0 bao gồm s và D trong cây O , nghĩa là $H_0=\{s\} \cup D$

Liên kết chồng phủ $e_0=(d_s, \eta_0, \dots, \eta_k, d_r) \in E_0$ với

$d_s \in H_0, \eta_i \in N_0, d_r \in D$ và mỗi nút nhận $\in D$ có thể xuất hiện một lần tại vị trí cuối cùng của liên kết, nhưng có thể xuất hiện nhiều lần tại vị trí đầu tiên của một liên kết chồng phủ khác. Các liên kết chồng phủ TCP hoặc UDP được kết nối bởi các giao thức lớp chồng phủ. Các

Router η_i có thể xuất hiện nhiều lần trong một liên kết chồng phủ $e_0 \in E_0$, hình 3 mô tả mạng chồng phủ có 6 liên kết chồng phủ.

B. Bài toán tối ưu cây định tuyến ALM

Cây ALM được hình thành do các liên kết lớp ứng dụng giữa các nút đầu cuối. Nút nguồn gửi dữ liệu đến nút nhận dọc theo cây Multicast, mỗi nút không phải nút lá nhận được dữ liệu và truyền lại dữ liệu đến các nút con khác cùng một lúc. Do các nút có năng lực khác nhau vì vậy một số các nút có năng lực yếu phải chịu tải quá lớn dẫn tới cây mất cân bằng. Cây Multicast được xây dựng trên lớp ứng dụng thường có trễ lớn hơn nhiều so với cây định tuyến lớp IP. Bài toán tối ưu cây định tuyến ALM chủ yếu xét tới các yếu tố băng thông và trễ để cải thiện các tham số hiệu năng Stretch và Link stress.

Cho $v \in H_0$, Bin (v) được gọi là băng thông cực đại của nút v, Bout (v) băng thông chuyển tiếp tối đa v, $C_p(v)$ là chi phí của nút. Cho $e \in E_0$, e là cạnh kết nối giữa nút u đến v, $C_1(u, v)$ băng thông tối đa mà nút u và v có thể đạt được trên e. $C_2(u, v)$ là trễ truyền gói giữa hai nút, $C_3(u, v)$ là biến động trễ jitter, Cost (e) là chi phí mào đầu. Bài toán định tuyến qua lớp ứng dụng có thể mô tả như sau: Cây Multicast lớp ứng dụng $O = (s, D, N_0, E_0)$ P tập các con đường, nút nguồn s (nút cha), D là tập hợp các nút đích, tìm một con đường p mà đi từ s đến D, với $p \in P$, sao cho chi phí nhỏ nhất và đáp ứng một số các điều kiện ràng buộc. Nếu ở đó có k điều kiện ràng buộc và hàm mục tiêu O, định tuyến có nhiệm vụ xây dựng một cây tối ưu O, sao cho chi phí là nhỏ nhất $\sum_{(u,v) \in P} Cost(u, v)$ và đạt được các tiêu chí của hàm mục tiêu tối ưu O, và thỏa mãn:

$$\sum_{(u,v) \in P} C_i(u, v) \leq C'_i \text{ mà } C'_i \in C, 1 \leq i \leq k.$$

Để giải quyết các vấn đề định tuyến ALM mục tiêu chính là tối ưu các tiêu chí và điều kiện ràng buộc. Mục tiêu tối ưu được chia thành hai loại: Tối ưu nút và xây dựng cây tối ưu, điều kiện ràng buộc được chia thành hai loại: ràng buộc nút và cây. Việc tối ưu nút và ràng buộc nút là hướng đến các nút có thuộc tính liên quan, chẳng hạn như băng thông nút, chi phí, độ sâu của cây, và các cây tối ưu và ràng buộc cây bằng các đặc tính liên quan đến cây Multicast, chẳng hạn độ sâu của cây trễ trung bình và chi phí. Kết hợp các mục tiêu tối ưu và điều kiện ràng buộc hình thành nên các giao thức định tuyến Multicast lớp phủ khác nhau.

IV. HÀM GIÁ DỰA TRÊN BĂNG THÔNG VÀ TRỄ

Các giao thức định tuyến ALM được thiết kế như phân tích ở phần II mới chỉ giải quyết được một trong các vấn đề trễ hoặc băng thông. Một số các nghiên cứu xây dựng tối ưu cây định tuyến ALM cho các ứng dụng luồng thời gian thực, tuy nhiên các nghiên cứu cũng chỉ giải quyết một tiêu chí, chẳng hạn như chi phí băng thông máy chủ và khả năng mở rộng của hệ thống [6], trễ liên kết [7], chi phí cây Multicast [8].

Thực tế các ứng dụng luồng thời gian thực có các yêu cầu khác nhau về băng thông, trễ và biến động trễ cho từng loại dịch vụ. Ví dụ dịch vụ video streaming rất nhạy cảm với băng thông nhưng không nhạy cảm với trễ, thoại qua IP (VoIP) và các dịch vụ hội nghị truyền hình, gọi video, chẳng hạn như Skype hoặc Facetime là các dịch vụ “nhạy cảm” với cả trễ và băng thông. Vì vậy muốn đảm bảo QoS cho các ứng dụng luồng thời gian thực phải tối ưu nhiều tiêu chí đồng thời như băng thông, trễ. Để có thể xây dựng cây định tuyến ALM tối ưu cần biết giá (cost) của các liên kết có sẵn. Giá của liên kết chỉ có thể tính được qua hàm giá. Việc nghiên cứu và đưa ra một hàm giá băng thông và trễ rất cần thiết cho việc xây dựng cây định tuyến ALM cải thiện hiệu năng. Nghiên cứu [9][10] đã đưa ra các hàm giá thích ứng có tính tới trễ, băng thông đóng góp để triển khai cho các dịch vụ luồng, qua kết quả phân tích và mô phỏng cho thấy áp dụng hàm giá đa biến, QoS dịch vụ được cải thiện hơn so với các nghiên cứu [6][7][8]. Phần tiếp theo bài báo phân tích cách xây dựng hàm giá đa biến dựa vào băng thông và trễ.

A. Hàm giá dựa trên băng thông

Giả sử chúng ta có liên kết là i: Tổng băng thông sẵn sàng của liên kết là k_w , băng thông yêu cầu x_w , hàm giá dựa trên băng thông: $f(x_w)$. Do k_w là băng thông tối đa có sẵn khi sử dụng tất cả các tài nguyên sẵn có trên liên kết i, vì vậy $0 < x_w < k_w$. Theo thời gian với các yêu cầu của ứng dụng x_w có thể thay đổi bởi một số gia Δx_w . Điều này dẫn tới hàm giá hiện tại cũng thay đổi $f(x_w + \Delta x_w)$, do đó giá trị hàm giá hiện tại phụ thuộc vào:

- Hàm giá trước: $f(x_w)$

- Tỷ lệ khi tăng băng thông yêu cầu một số gia Δx_w :

$$\frac{x_w}{x_w + \Delta x_w}$$

- Tỷ lệ khi băng thông còn lại bị giảm đi một số gia

$$\Delta x_w : \frac{k_w - x_w - \Delta x_w}{k_w}$$

Cuối cùng, ta có:

$$f(x_w + \Delta x_w) = f(x_w) \left[1 + \frac{\frac{\Delta x_w}{x_w + \Delta x_w}}{\frac{k_w - x_w - \Delta x_w}{k_w}} \right] \quad (1)$$

Từ (1) ta có:

$$\lim_{\Delta x_w \rightarrow 0} \frac{f(x_w + \Delta x_w) - f(x_w)}{\Delta x_w} = \lim_{\Delta x_w \rightarrow 0} f(x_w) \frac{k_w}{(x_w + \Delta x_w)(k_w - x_w - \Delta x_w)} \quad (2)$$

$$\Leftrightarrow f'(x_w) = f(x_w) \frac{k_w}{x_w(k_w - x_w)}$$

Thay thế $f(x_w)$ bởi y và $f'(x_w)$ bởi $\frac{dy}{dx_w}$;

từ (2) chúng ta có một phương trình vi phân bậc một theo biến băng thông:

$$\frac{dy}{dx_w} = y \frac{k_w}{x_w(k_w - x_w)} \quad (3)$$

Giải phương trình vi phân bậc một chúng ta có được hàm giá dựa trên băng thông:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{y} &= \frac{k_w}{x_w(k_w - x_w)} dx_w \\ \Leftrightarrow \int \frac{dy}{y} &= \int \frac{k_w}{x_w(k_w - x_w)} dx_w \\ \int \frac{x_w + (k_w - x_w)}{x_w(k_w - x_w)} dx_w &= -\int \frac{d(k_w - x_w)}{k_w - x_w} + \int \frac{dx_w}{x_w} \\ \Leftrightarrow \ln(y) &= \ln(x_w) - \ln(k_w - x_w) + c \end{aligned}$$

Từ đó suy ra hàm giá dựa vào băng thông, trong đó Φ là hằng số tích phân:

$$y = \frac{\Phi \cdot x_w}{k_w - x_w} \quad (4)$$

B. Hàm giá dựa trên trễ

Ký hiệu biến (x_d) trễ yêu cầu của dịch vụ, k_d trễ tối thiểu mà mạng có thể đáp ứng khi sử dụng toàn bộ nguồn tài nguyên sẵn có của mạng. Trên thực tế trễ yêu cầu (x_d) có đặc tính đảo ngược với băng thông yêu cầu (x_w). Vì vậy bằng cách thay thế:

$$\dot{x}_d = \frac{1}{x_d}, \quad \dot{k}_d = \frac{1}{k_d}$$

Và

$$dx_d = d\left(\frac{1}{x_d}\right) = -\frac{dx_d}{x_d^2}$$

Thay vào (3) ta có:

$$\frac{dy}{dx_d} = y \frac{\dot{k}_d}{\dot{x}_d(k_d - \dot{x}_d)} \Leftrightarrow -\frac{dy}{\frac{dx_d}{x_d^2}} = y \frac{\frac{1}{k_d}}{\frac{1}{x_d} \left(\frac{1}{k_d} - \frac{1}{x_d} \right)}$$

Từ đó suy ra vi phân theo biến trễ:

$$\frac{dy}{dx_d} = y \frac{1}{(k_d - x_d)} \quad (5)$$

Phương trình (5) là phương trình vi phân bậc một theo biến trễ. Từ đó ta có:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{y} &= \frac{dx_d}{(k_d - x_d)} \Leftrightarrow \int \frac{dy}{y} = -\int \frac{d(x_d - k_d)}{(k_d - x_d)} \\ \Leftrightarrow \ln(y) &= -\ln(x_d - k_d) + \ln(c) \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow y = \frac{c}{x_d - k_d}$$

Suy ra hàm giá liên kết dựa trên trễ với Ψ là hằng số tích phân:

$$y = \frac{\Psi \cdot k_d}{x_d - k_d} \quad (6)$$

C. Hàm giá dựa trên băng thông và trễ

Ký hiệu hàm giá theo cả trễ và băng thông $u(x_w, x_d)$ xem xét hai tham số băng thông yêu cầu (x_w) và trễ yêu cầu (x_d) của dịch vụ cùng một lúc. Vì biến băng thông và trễ là biến độc lập tuyến tính. Từ phương trình vi phân (6) và (3) ta có phương trình:

$$\frac{x_w(k_w - x_w)}{k_w} u_{x_w} + (k_d - x_d) u_{x_d} = u \quad (7)$$

Trong đó vi phân riêng phần của u theo x_w :

$$u_{x_w} = \frac{\partial u}{\partial x_w};$$

Vi phân riêng phần của u theo x_d :

$$u_{x_d} = \frac{\partial u}{\partial x_d}$$

Để giải phương trình (7) đặt $x_w = x_w(t)$, $x_d = x_d(t)$,

$u = u(x_w(t), x_d(t))$, ta có:

$$\frac{\partial x_w}{\partial t} u_{x_w} + \frac{\partial x_d}{\partial t} u_{x_d} = \frac{\partial u}{\partial t} \quad (8)$$

Từ (7) và (8) ta có hệ phương trình vi phân riêng phần:

$$\begin{cases} \frac{\partial x_w}{\partial t} = \frac{x_w(k_w - x_w)}{k_w} \\ \frac{\partial x_d}{\partial t} = (k_d - x_d) \\ \frac{\partial u}{\partial t} = u \end{cases} \quad (9)$$

Để giải phương trình (7) tìm các hằng số tích phân Φ , bao gồm cả các biến x_d , x_w và u . Các bước giải phương trình:

Bước 1: Tìm hằng số tích phân đầu tiên:

Từ (9) ta có:

$$\frac{\partial x_w}{\partial t} = \frac{x_w(k_w - x_w)}{k_w} \Leftrightarrow \frac{du}{u} = \frac{k_w dx_w}{x_w(k_w - x_w)} \quad (10)$$

(10) có dạng giống với vi phân của băng thông nên suy ra:

$$u = \frac{\Phi \cdot x_w}{(k_w - x_w)}$$

Từ đó hằng số:

$$\Phi = \frac{(k_w - x_w)u}{x_w} \quad (11)$$

Bước 2: Tìm hằng số tích phân thứ 2

Từ (9) tương tự chúng ta có thể xác định được hằng số Ψ :

$$\Psi = \frac{(x_d - k_d)u}{k_d} \quad (12)$$

Bước 3: Tìm hằng số Φ tổng quát

$\Phi = (x_w, x_d, u)$ = hằng số, mô tả mối quan hệ giữa 3 biến x_w, x_d, u

Ta có thể thiết lập hai hằng số bằng nhau, do đó:

$$H(\Phi) = P(\Psi)$$

Và biểu diễn

$$\Phi = f(\Psi) \quad (13)$$

Từ (11), (12), (13), ta có:

$$\frac{(k_w - x_w)u}{x_w} = f\left(\frac{(x_d - k_d)u}{k_d}\right) \quad (14)$$

(u được biểu diễn như là hàm theo biến x_w và x_d còn x_w và x_d là các biến độc lập). Lấy đạo hàm (14) theo x_w và giải tìm u_{x_w} .

$$\text{Ký hiệu } f\left(\frac{(x_d - k_d)u}{k_d}\right) = f(x_d, u)$$

Ta có:

$$\begin{aligned} \frac{(k_w - x_w)}{x_w} u_{x_w} - \frac{k_w}{x_w^2} u &= \frac{(x_d - k_d)}{k_d} u_{x_w} \cdot f'(x_d, u) \\ \Leftrightarrow u_{x_w} &= \frac{k_w \cdot k_d \cdot u}{x_w [(k_w - x_w)k_d - x_w(x_d - k_d) \cdot f'(x_d, u)]} \end{aligned} \quad (15)$$

Tương tự như vậy, lấy đạo hàm (14) theo x_d và giải tìm u_{x_d} ta có:

$$\begin{aligned} \frac{(k_w - x_w)}{x_w} u_{x_d} &= f'(x_d, u) \left[\frac{u + (x_d - k_d)}{k_d} u_{x_d} \right] \\ \Leftrightarrow u_{x_d} &= \frac{f'(x_d, u) \cdot u \cdot x_w}{(k_w - x_w)k_d - f'(x_d, u) \cdot (x_d - k_d) \cdot x_w} \end{aligned} \quad (16)$$

Thay u_{x_w} và u_{x_d} vào phương trình (7)

$$\begin{aligned} &\frac{x_w(k_w - x_w)}{k_w} \cdot \frac{k_w \cdot k_d \cdot u}{x_w [(k_w - x_w)k_d - x_w(x_d - k_d) \cdot f'(x_d, u)]} + \\ &\dots + (k_d - x_d) \cdot \frac{f'(x_d, u) \cdot u \cdot x_w}{(k_w - x_w)k_d - f'(x_d, u) \cdot (x_d - k_d) \cdot x_w} \\ &= \frac{(k_w - x_w)k_d - (x_d - k_d) \cdot f'(x_d, u) \cdot x_w}{(k_w - x_w)k_d - x_w(x_d - k_d) \cdot f'(x_d, u)} u = u \end{aligned}$$

Bước 4: Thêm điều kiện biên để tìm f

Từ những đặc điểm tự nhiên của hai tham số QoS: băng thông yêu cầu (x_w) và độ trễ yêu cầu (x_d), và các hàm giá băng thông và trễ, chúng ta có những điều kiện biên:

$$\begin{cases} \frac{k_w - x_w}{k_w} = t^3 \\ \frac{k_d}{x_d - k_d} = t \\ u = t^2 \end{cases} \quad (17)$$

Thay thế (17) vào (14) ta có:

$$f\left(\frac{t^2}{t}\right) = \frac{t^2}{t^3} \Leftrightarrow f(t) = \frac{1}{t} \quad (18)$$

Từ (18) và (14) ta có:

$$\Leftrightarrow f\left(\frac{(x_d - k_d)u}{k_d}\right) = \frac{k_d}{(x_d - k_d)u} = \frac{(k_w - x_w)u}{x_w} \quad (19)$$

Từ đó suy ra hàm giá băng thông và trễ là:

$$u(x_w, x_d) = \sqrt{\frac{x_w}{k_w - x_w} \cdot \frac{k_d}{x_d - k_d}} \quad (20)$$

V. KẾT LUẬN

Bài báo phân tích các vấn đề cần quan tâm khi tối ưu cây định tuyến ALM. Định tuyến tối ưu là tìm ra được một đường định tuyến thỏa mãn tối ưu tất cả các tham số hiệu năng với chi phí nhỏ nhất.

Nội dung bài báo phân tích việc xây dựng một hàm giá đa biến có tính đến trễ, băng thông đóng góp và băng thông sẵn có của các nút, góp phần xây dựng cây định tuyến đảm bảo yêu cầu QoS của từng loại dịch vụ.

Tuy nhiên trong ứng dụng thực tế, để đạt được tất cả các tiêu chí là rất khó. Hàm giá đa biến không phải luôn cho kết quả tốt hơn so với hàm giá đơn biến. Ví dụ, hàm giá băng thông, trễ, và xác suất mất gói có thể xây dựng một cây Multicast tốt hơn nếu các nút dùng mạng truy nhập không dây với một tỷ lệ mất gói cao để tham gia vào cây Multicast, nhưng khi hầu hết các nút đang sử dụng mạng truy nhập có dây với một tỷ lệ mất gói thấp, thì hàm chi phí ba biến có thể xây dựng một cây Multicast tồi hơn hàm chi phí hai biến băng thông và độ trễ. Hướng nghiên cứu tiếp sẽ đánh giá ứng dụng hàm giá băng thông và trễ với các ứng dụng đa phương tiện trên mạng Internet.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hosseini, Mahmood, et al. "A survey of application-layer multicast protocols." *Communications Surveys & Tutorials*, IEEE 9.3 (2007): 58-74.
- [2] Chen, L. B., Li, Q., & Feng, X. (2013, October). Research on Multicast Routing Algorithm for P2P Overlay Network. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 347, pp. 2293-2297).
- [3] Vũ Thị Thúy Hà, Lê Hữu Lập, Lê Nhật Thăng "Nghiên cứu các vấn đề định tuyến Multicast lớp ứng dụng", Tạp chí nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Quân sự, số 34, trang 33-40, 2014
- [4] Karpov, K., Kachan, D., Mareev, N., Kirova, V., Syzov, D., & Eduard, E. (2019, March). Adopting Minimum Spanning Tree Algorithm for Application-Layer Reliable Multicast in Global Multi-Gigabit Networks. In *Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT* (Vol. 7, No. 1, pp. 7-11). Anhalt University of Applied Sciences
- [5] Amad, M., Boudries, A., & Badis, L. (2019). Application Layer Multicast Based Services on Hierarchical Peer to Peer Architecture. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 892, pp. 64-71). Trans Tech Publications Ltd.
- [6] Small, T., Li, B., & Liang, B. (2007). Outreach: Peer-to-peer topology construction towards minimized server bandwidth costs. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 25(1), 35-45.
- [7] Banerjee, S., Kommareddy, C., Kar, K., Bhattacharjee, B., & Khuller, S. (2003, March). Construction of an efficient overlay multicast infrastructure for real-time applications. In *IEEE INFOCOM 2003. Twenty-second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies* (IEEE Cat. No. 03CH37428) (Vol. 2, pp. 1521-1531). IEEE.
- [8] Helder, D. A., & Jamin, S. (2002, May). End-host multicast communication using switch-trees protocols. In *2nd IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGRID'02)* (pp. 419-419). IEEE.
- [9] Le, T. A., & Nguyen, H. (2012, April). Application-aware cost function and its performance evaluation over scalable video conferencing services on heterogeneous networks. In *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2012 IEEE* (pp. 2185-2190). IEEE.
- [10] Hsu, M. H., Hsiao, T. H., & Miao, Y. B. (2013). An adaptive approach to optimize tree-based overlay for P2P streaming. *Journal of Advances in Computer Networks*, 1(1).
- [11] Alekseev, S., & Schäfer, J. (2016). A New Algorithm for Construction of a P2P Multicast Hybrid Overlay Tree Based on Topological Distances. In *Proc. of The Seventh International Conference on Networks & Communications (NeCoM 2015)*.
- [12] Besharati, Reza, Mozafar Bag-Mohammadi, and Mashallah Abbassi Dezfouli. "A topology-aware application layer multicast protocol." In *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2010 7th IEEE*, pp. 1-5. IEEE, 2010.

BUILDING MULTICAST ROUTING TREE ON APPLICATION LAYER

Abstract- The concept of ALM is simply the implementation of multicasting functionality as an application service instead of a network service. It has excellent advantages over IP Multicast. First, it easier and possibly immediate deployment over the Internet without any modification of the current infrastructure and adaptable to a specific application; Second, all specific group communication functionality including group management, and packet replication, is moved to the application layer so routers in the network do not need to support the Multicast; Third, ALM is suitable for deploying multimedia services on a large scale. However, the ALM routing tree is not optimized due to the "bottleneck" problem and the routing is too far from the IP foundation layer. The paper studies ALM problems builds the ALM optimization routing tree, analysis of a multi-variable cost function of the end-to-end delay and bandwidth.

Keywords - Peer to Peer, Distributed hash table, Application Layer Multicast, IP Multicast, Content-Addressable Networks, Quality of Service, Internet Service Provider



Vũ Thị Thúy Hà, tốt nghiệp khoa Toán-Tin Đại học Tổng hợp Hà Nội năm 1993, nhận bằng Thạc sỹ CNTT năm 2001 tại Đại học Quốc gia Hà Nội. Năm 2017, nhận bằng Tiến sỹ chuyên ngành kỹ thuật viễn thông tại Học viện công nghệ Bưu chính Viễn thông. Hiện là Giảng viên khoa Viễn thông. Lĩnh vực quan tâm: Phân tích đánh giá hiệu năng mạng, mạng chồng phủ ngang hàng, nén và xử lý dữ liệu truyền thông đa phương tiện.