

PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG CHUYỂN GIAO ĐỐI VỚI MOBILE IPV6

ĐÀO VĂN THÀNH¹, NGUYỄN VĂN TAM², VŨ DUY LỢI³

¹Trung tâm Thông tin và Dự báo Kinh tế - xã hội Quốc gia, Bộ Kế hoạch và Đầu tư

²Viện Công nghệ thông tin, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Trung tâm Công nghệ thông tin, Văn Phòng Trung ương Đảng

Abstract. Based on the current IETF standards of Mobile IPv6 (MIPv6), fast mobile IPv6 (FMIPv6) and Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6), we study handover procedures in IP level: Movement detection, duplicate address detection and location registration. Based on this study, we conduct mathematical analysis of MIPv6, FMIPv6 and HMIPv6 performance within the handover speed. Based on the analysis and evaluation we have shown that the FMIPv6 handover latency is the lowest and HMIPv6 handover latency is not always lower than the MIPv6 handover latency, it not be the same as research results were announce. HMIPv6 handover latency is only lower than MIPv6 handover latency when movement is intra-domain and not much, but inter-domain handover latency of HMIPv6 is larger than MIPv6 handover latency. The analysis and evaluation indicate that we need to study and apply optimal solutions to handover process or associate FMIPv6 and HMIPv6 in order to reduce handover latency and to meet the demands of services real-time.

Tóm tắt. Dựa trên chuẩn IETF hiện thời của Mobile IPv6 (MIPv6), Mobile IPv6 nhanh (FMIPv6) và Mobile IPv6 phân cấp (HMIPv6), chúng ta nghiên cứu các thủ tục chuyển giao mức IP: phát hiện di chuyển, phát hiện trùng địa chỉ, và đăng ký vị trí. Dựa trên những nghiên cứu này, chúng ta phân tích toán học hiệu năng của MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6 trong phạm vi tốc độ chuyển giao. Từ những phân tích, đánh giá chúng ta thấy rằng trễ chuyển giao FMIPv6 luôn nhỏ nhất và phát hiện trễ chuyển giao HMIPv6 không thường xuyên thấp hơn trễ chuyển giao MIPv6, nó không như một số kết quả nghiên cứu đã công bố. Trễ chuyển giao HMIPv6 chỉ thấp hơn khi di chuyển trong miền và cũng thấp hơn không nhiều, trong khi lại có trễ lớn hơn khi di chuyển liên miền. Qua phân tích, đánh giá cũng cho thấy cần nghiên cứu, áp dụng những giải pháp tối ưu hơn cho quá trình chuyển giao hay kết hợp cả chuyển giao FMIPv6 và HMIPv6 để giảm trễ chuyển giao, đáp ứng được yêu cầu của các dịch vụ thời gian thực.

1. MỞ ĐẦU

Với Internet, người sử dụng có thể kết nối thông qua liên kết không dây nhưng không thể di chuyển mà không gián đoạn truyền thông IP. Bởi vì trong các mạng IP, bất kỳ khi nào một thiết bị đầu cuối di chuyển tới một mạng mới, thiết bị đầu cuối phải được gán một địa chỉ IP mới. Với TCP/IP tất cả các kết nối với nút hiện tại sẽ kết thúc khi địa chỉ IP của nút thay đổi.

IETF đã phát triển Mobile IP, cung cấp tính di động tới Internet. Mobile IP được phát triển để giải quyết vấn đề trên và nó trở nên phổ biến trong những năm gần đây. Với Mobile IP người dùng các thiết bị đầu cuối không dây có thể di chuyển và thay đổi điểm gắn kết tới Internet mà không mất kết nối Internet vì các thiết bị đầu cuối này có một địa chỉ IP cố định mà không phụ thuộc vị trí hiện tại của họ. Vấn đề quan trọng cần quan tâm đó là hiệu năng khi chuyển giao. (Chuyển giao là quá trình một thiết bị đầu cuối di động thay đổi từ một điểm gắn kết này sang một điểm gắn kết khác). Ở Việt Nam chưa thấy có cá nhân, nhóm nghiên cứu nào ngoài nhóm tác giả bài báo này nghiên cứu sâu những vấn đề liên quan đến các cơ chế chuyển giao Mobile IP, phân tích, đánh giá hay đề xuất, cải tiến hiệu năng chuyển giao MIPv6. Trên thế giới có một số nhóm nghiên cứu về vấn đề này, có một số đề xuất cơ chế chuyển giao mới như cơ chế chuyển giao FMIPv6, cơ chế chuyển giao HMIPv6 và đã trở thành chuẩn của IETF [3 – 6]. Một số nghiên cứu phân tích, đánh giá về chuyển giao của FMIPv6 [11 – 13], HMIPv6 [10, 14], nhưng các nghiên cứu, phân tích, đánh giá trên thường được thực hiện độc lập đối với từng giao thức FMIPv6 và HMIPv6, chưa phân tích, đánh giá sâu về mặt toán học và so sánh về chuyển giao giữa FMIPv6 và HMIPv6 cũng như ít có sự phân tích, đánh giá riêng hai trường hợp di chuyển trong miền và di chuyển liên miền của giao thức HMIPv6.

Khác với các nghiên cứu được công bố trước đây, bài báo này tập trung nghiên cứu các cơ chế chuyển giao Mobile IP, phân tích về của các cơ chế chuyển giao với 3 nhân tố ảnh hưởng đến về chuyển giao là phát hiện di chuyển, cấu hình địa chỉ, đăng ký vị trí (cập nhật). Phân tích và so sánh về mặt toán học về của các cơ chế chuyển giao FMIPv6, HMIPv6 cũng như về chuyển giao di chuyển trong miền, liên miền của HMIPv6 trên một hệ thống Mobile IP tiêu biểu, chỉ ra chênh lệch về thời gian giữa chuyển giao MIPv6, chuyển giao FMIPv6 và chuyển giao HMIPv6; trên cơ sở đó đề xuất cải tiến các cơ chế chuyển giao nhằm giảm về chuyển giao, góp phần cải thiện hiệu năng của Mobile IPv6.

Sau phần mở đầu là Mục 2 giới thiệu chung về Mobile IP. Mục 3 trình bày các cơ chế chuyển giao trong Mobile IPv6. Mục 4 phân tích về chuyển giao cho MIPv6, HMIPv6 và FMIPv6 dựa trên một mô hình hệ thống Mobile IP tiêu biểu. Mục 5 tính toán thời gian về chuyển giao cho MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6. Mục 6 giới thiệu kết quả nghiên cứu gần đây của một số nhóm tác giả. Đóng góp của bài báo và hướng nghiên cứu tiếp theo được chỉ ra trong phần kết luận.

2. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ MOBILE IP

2.1. Giao thức Mobile IP

Cơ chế định tuyến trong Internet thường sử dụng địa chỉ IP để nhận biết, không chỉ nhận biết bản thân các máy mà qua đó nó còn nhận biết địa chỉ mạng con của nó. Bộ định tuyến xác định đường đi các gói cần gửi theo một phần của địa chỉ IP (địa chỉ mạng). Định tuyến như vậy rất phù hợp đối với các máy có vị trí cố định trong mạng, nhưng nếu một máy di chuyển, địa chỉ của nó trở nên không đúng trong khía cạnh vị trí trong mạng. Đây chính là

lý do tại sao các máy di động không hỗ trợ trong các cơ chế định tuyến thông thường của Internet.

Trong mạng di động với yêu cầu là một nút phải có khả năng truyền thông với các nút khác sau khi thay đổi điểm gắn kết tầng liên kết tới Internet, không thay đổi địa chỉ IP của nó. Một nút di động phải có khả năng truyền thông với nút khác, nút đó không nhất thiết phải có khả năng thực hiện chức năng di động. Không yêu cầu mở rộng giao thức trong máy hoặc bộ định tuyến. Tất cả các thông báo sử dụng để các nút khác cập nhật vị trí của nút di động phải xác thực để bảo vệ chống lại sự tấn công gián tiếp từ xa.

Mobile IP là một giao thức chuẩn được phát triển bởi IETF giới thiệu trong RFC 2002 có khả năng đáp ứng những yêu cầu trên. Giao thức Mobile IP giúp người dùng thiết bị di động có thể di chuyển từ mạng con này sang mạng con khác với những địa chỉ IP mạng khác nhau mà vẫn duy trì được truyền thông đang diễn ra.

2.2. Chuyển giao

Chuyển giao là một hiện tượng thường thấy trong nhiều lĩnh vực của viễn thông. Chuyển giao trong GSM là cần thiết khi một điện thoại di động di chuyển ra ngoài phạm vi một ăngten và phải chuyển tới dịch vụ của một ăngten khác. Trong Mobile IP, khi một nút di động (MN) di chuyển từ một mạng con (gọi tắt là mạng) này sang một mạng con khác cần một quy trình như chuyển giao.

Hỗ trợ cho sự di chuyển của các nút Mobile IP được thực hiện bởi một cơ chế chuyển giao. Mobile IP đã được thiết kế trong hai phiên bản, Mobile IPv4 [1] và Mobile IPv6 [3]. Mục tiêu chính của các giao thức là cho phép các MN thay đổi điểm gắn kết của nó tới Internet trong khi vẫn duy trì các kết nối mạng. Nói cách khác, MN có một địa chỉ riêng (HoA), nó sẽ không thay đổi và không quan tâm đến vị trí của MN, MN sẽ sử dụng địa chỉ IP tạm (CoA) khi kết nối đến các mạng ngoài. Tuy nhiên, các cơ chế chuyển giao có thể trở thành nút cổ chai về hiệu năng của toàn bộ giao thức, nhất là ở những nơi thường xuất hiện chuyển giao.

3. CÁC CƠ CHẾ CHUYỂN GIAO TRONG MOBILE IPV6

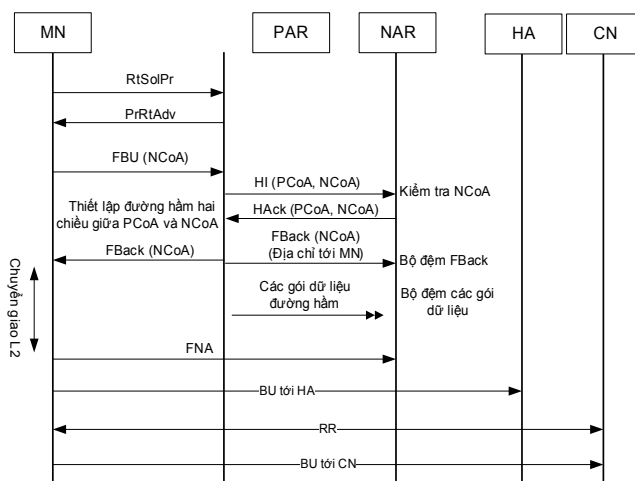
3.1. Chuyển giao MIPv6

Khi một MN di chuyển từ một mạng sang một mạng khác phải thực hiện chuyển giao, quá trình chuyển giao trải qua các công đoạn phát hiện di chuyển, cấu hình địa chỉ tạm, cập nhật liên kết [4]. MN phát hiện có sự di chuyển tầng 3 bằng việc nhận thông báo quảng cáo bộ định tuyến từ bộ định tuyến truy cập mới. Thông tin tiền tố mạng trong thông báo quảng cáo bộ định tuyến có thể được dùng để xác định chuyển giao tầng 3 bằng việc so sánh thông tin tiền tố mạng trong thông báo này với thông tin tiền tố mạng trong thông báo nhận trước đó. Nếu hai thông tin tiền tố trong hai thông báo khác nhau, nó biết đã có sự di chuyển sang một mạng mới. Sau khi phát hiện di chuyển, MN bắt đầu cấu hình địa chỉ, nó thu được địa chỉ tạm của nó thông qua các cơ chế quy ước của IPv6 (tự động cấu hình địa chỉ trạng thái

hoặc phi trạng thái) và xác nhận địa chỉ này chưa được sử dụng bởi một nút nào khác trên liên kết bằng việc thực hiện phát hiện địa chỉ trùng. MN có thể gán CoA mới này cho giao diện của nó, MN đăng ký địa chỉ tạm của nó với HA (hay bộ định tuyến trên liên kết nhà, bộ định tuyến hoạt động như HA đối với MN). MN thực hiện đăng ký liên kết bằng việc gửi thông báo BU (cập nhật liên kết) tới HA (CoA được đăng ký với HA). HA trả lời MN bằng việc gửi lại MN thông báo BAcK. Và để định tuyến tối ưu nó cũng cần gửi thông báo BU tới CN để định tuyến tối ưu.

3.2. Chuyển giao FMIPv6

FMIPv6 là một mở rộng của MIPv6 mục đích nhằm giảm thiểu trễ và giảm thiểu số gói mất trong quá trình chuyển giao. Trong FMIPv6, có hai cách, một là cách thức đoán trước (predictive) và cách thức phản ứng lại (reactive). Trong bài báo này chỉ trình bày và sử dụng cách thức dự đoán trước, Hình 2 mô tả hoạt động cơ bản của cơ chế chuyển giao với cách thức đoán trước. Chuyển giao trong FMIPv6, nhiều phần của chuyển giao tầng 3 được thực hiện trước khi chuyển giao tầng 2. Nói cách khác là MN thực hiện chuyển giao tầng 3 trong khi nó vẫn kết nối đến PAR (bộ định tuyến truy nhập trước), trong trường hợp này, PAR phải có thông tin về AR dự định. PAR thiết lập đường hầm giữa nó và NAR (bộ định tuyến truy nhập mới) và kiểm tra NCoA (địa chỉ tạm mới) của MN thông qua trao đổi thông báo khởi đầu chuyển giao (HI) và thông báo xác nhận chuyển giao (HAcK). Các gói đến PCoA (địa chỉ tạm trước) được gửi tới NAR thông qua đường hầm đã được thiết lập trong lúc chuyển giao. Đường hầm này được giữ cho đến khi NCoA của MN được đăng ký với HA.



Hình 1. Cơ chế chuyển giao FMIPv6 cách thức đoán trước

Trong FMIPv6 [5], chuyển giao được khởi đầu bởi một kích hoạt L2, nó cho biết rằng MN sẽ sớm chuyển giao. Với cơ chế này của FMIPv6, MN có thể nhanh chóng phát hiện ra rằng nó đã di chuyển tới mạng mới. MN gửi thông báo yêu cầu bộ định tuyến (RtSolPr) tới PAR và nhận thông báo quảng cáo bộ định tuyến (PrRtAdv) để có thông tin về NAR. MN

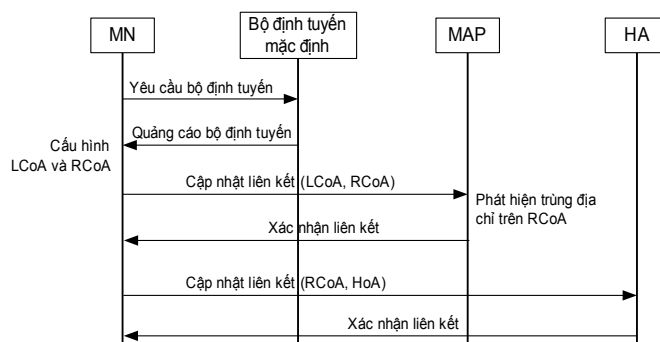
tạo NCoA và gửi thông báo cập nhật liên kết nhanh (FBU) với NCoA. PAR nhận thông báo FBU, khi đó nó gửi một thông báo HI và nhận thông báo HAcK để kiểm tra NCoA trong PAR và thiết lập đường hầm giữa PAR và NAR. Sau khi kiểm tra NCoA, PAR gửi thông báo xác nhận liên kết nhanh (FBack) tới MN và NAR. MN thực hiện chuyển giao tầng 2. MN gửi một thông báo quảng cáo láng giềng nhanh (FNA) tới NAR để thông báo sự di chuyển của nó sau khi chuyển giao tầng 2, ngay sau khi NAR nhận được FNA nó có thể phát các gói có trong bộ đệm tới MN. Khi đó MN trao đổi BU với HA để đăng ký NCoA. Thủ tục khả năng định tuyến trở lại được thực hiện giữa MN và CN để thiết lập liên kết an ninh và khi đó MN gửi thông báo cập nhật liên kết tới CN.

3.3. Chuyển giao HMIPv6

Mobile IPv6 phân cấp HMIPv6 [6] là một mở rộng MIPv6 nhằm giảm số thông điệp tín hiệu trong các chuyển giao trong miền và rút ngắn trễ tín hiệu tương ứng. HMIPv6 giới thiệu phần từ mạng mới gọi là điểm neo di động (MAP) là nơi có thể coi như một HA cục bộ. Hình 5 mô tả cấu trúc HMIPv6.

Khi một MN vào một miền HMIPv6 ngoài lần đầu tiên, nó phải cấu hình hai địa chỉ CoA, một CoA liên kết (LCoA) và một CoA vùng (RCoA). RCoA là một địa chỉ IPv6 từ mạng con MAP và được cấu hình qua cấu hình địa chỉ phi trạng thái. HMIPv6 mở rộng quảng cáo sự kiện nó được sử dụng bởi MIPv6 do một MAP mới chứa đựng lựa chọn của bảng định tuyến địa chỉ IPv6 của MAP. MN mở rộng 64 bit đầu và thêm 64 bit cuối để chứa RCoA. Do đó, các MN khác nhau cấu hình các RCoA khác nhau.

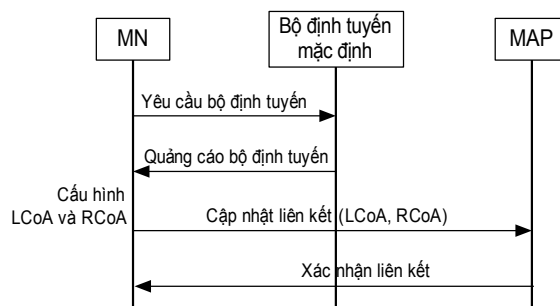
Sau khi cấu hình cả LCoA và RCoA, MN đầu tiên đăng ký LCoA với MAP [6]. Nó sử dụng RCoA để nhận diện. Khi nhận cập nhật liên kết (BU), MAP thực hiện phát hiện trùng địa chỉ trước khi lưu giữ liên kết giữa RCoA và LCoA. Sau khi đăng ký LCoA với MAP, MN đăng ký RCoA với HA (Hình 3). MN sử dụng HoA của nó để nhận biết. HA lưu giữ liên kết giữa HoA và RCoA. Tùy chọn, MN có thể cũng đăng ký RCoA với bất kỳ CN nào mà nó có trao đổi.



Hình 3. Thủ tục khởi đầu HMIPv6

Bất kỳ khi nào một gói được gửi tới HoA của MN, HA chặn gói lại và tạo đường hầm chuyển nó tới RCoA thay cho việc nó lưu một liên kết với HoA. Khi nhận được các gói MAP,

nó chặn các gói địa chỉ gửi tới RCoA, mở đường hầm và tạo lại đường hầm tới LCoA thay cho việc nó lưu liên kết với RCoA.

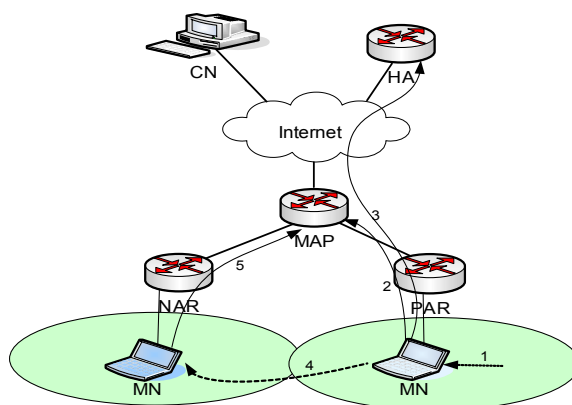


Hình 4. Thủ tục chuyển giao HMIPv6 cho các chuyển giao trong miền

Khi di chuyển tới một mạng mới, MN cấu hình một LCoA mới và một RCoA mới. Nếu thay đổi RCoA, nó phải thực hiện thủ tục đăng ký tương tự như mô tả trong hình 3. Nhưng nếu RCoA không thay đổi thì như trường hợp MN di chuyển qua các mạng con trong cùng miền HMIPv6 và chỉ cần một đăng ký nội bộ với MAP là đủ như trong Hình 4. Khi trở cập nhật vị trí phụ thuộc chính vào trễ truyền giữa MN và HA hoặc các CN, kiến trúc phân cấp này có thể giảm đáng kể trễ cập nhật vị trí.

4. PHÂN TÍCH TRỄ CHUYỂN GIAO

4.1. Kiến trúc hệ thống



Hình 5. Kiến trúc hệ thống HMIPv6

Để phân tích các giao thức, ta coi hệ thống di động dựa trên IPv6 như mô tả trong Hình 5. Vì vậy, để phân tích đơn giản ta giả thiết rằng MAP đặt tại cổng đường biên của miền (miền mạng). Một miền bao gồm cổng đường biên, các bộ định tuyến truy nhập (AR) và điểm gắn kết không dây để MN có thể tạo kết nối. Giữa cổng đường biên và các AR có thể có một số bộ định tuyến trung gian. Giả thiết một AR có một giao diện kết nối đến một tập điểm truy cập không dây. Mỗi giao diện mạng chỉ được gán một tiền tố mạng. Cùng tiền tố

mạng không thể gán tới các giao diện của AR khác nhau. Sau khi di chuyển tới mạng mới, MN tiếp nhận một AR mới và không thể kết nối đến AR cũ. Với HMIPv6, MN di chuyển kiểu trong miền và di chuyển liên miền. Thủ tục chuyển giao HMIPv6 được thực hiện riêng biệt theo kiểu di chuyển, do đó HA và CN chỉ rõ di chuyển liên miền của MN trong khi di chuyển trong miền hoàn thành ẩn.

Để mô tả mô hình phân tích, ký hiệu các tham số như sau:

a: Số trung bình các hop (bước nhảy) giữa AR và MAP;

b: Số trung bình các hop (bước nhảy) giữa MAP và HA;

c: Số trung bình các hop (bước nhảy) giữa MAP và CN;

d: Số trung bình các hop (bước nhảy) giữa HA và CN;

t_α : trễ trung bình của một gói phát giữa MN và AR;

t_β : trễ trung bình của một gói phát qua một hop chỉ thông qua môi trường dây dẫn;

t_H : trễ trung bình của một gói phát giữa MN và HA ($t_H = t_\alpha + (a + b)t_\beta$);

t_C : trễ trung bình của một gói phát giữa MN và CN ($t_C = t_\alpha + (a + c)t_\beta$);

t_L : trễ trung bình của một gói phát giữa MN và CN qua HA ($t_L = t_\alpha + (a + b + d)t_\beta$);

t_M : trễ trung bình của một gói phát giữa MN và MAP ($t_M = t_\alpha + at_\beta$).

R_m : Giá trị nhỏ nhất giữa hai quảng cáo bộ định tuyến được cấu hình trên một AR;

R_M : Giá trị lớn nhất giữa hai quảng cáo bộ định tuyến được cấu hình trên một AR;

R_L : Giá trị khoảng cách của thông báo quảng cáo bộ định tuyến chỉ ra bởi một AR;

R_T : Giá trị thời gian một MN có thể đợi để kiểm tra xem liệu một địa chỉ mới được cấu hình có là duy nhất.

Tất cả các thông báo tín hiệu định nghĩa trong thủ tục chuyển giao MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6 có kích thước byte khác nhau, giả thiết rằng chúng có cùng trễ nếu đích và nguồn của chúng giống nhau.

Thủ tục bắt đầu chuyển giao tầng mạng xác định MN có di chuyển tới mạng mới hay không. Nó được gọi là thủ tục phát hiện di chuyển (MD), trễ của thủ tục MD được ký hiệu là T_{MD} . Nếu quyết định di chuyển tới mạng mới, MN có thể tạo ra một CoA mới qua việc sử dụng tự động cấu hình địa chỉ trạng thái hoặc phi trạng thái, ở đây ta giả thiết rằng MN chỉ thực hiện tự động cấu hình phi trạng thái. Để kiểm tra tính duy nhất của địa chỉ CoA này, MN có thể chạy thủ tục phát hiện trùng địa chỉ (DAD) [8], trước khi gán địa chỉ đó tới giao diện của nó. Ký hiệu trễ của thủ tục DAD là T_{DAD} .

Hai thủ tục MD và DAD là những phần bình thường của thủ tục chuyển giao trong mạng di động. Sau khi hai thủ tục kết thúc, bắt đầu đến thủ tục đăng ký vị trí. Thực sự, đăng ký vị trí của MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6 có sự khác nhau, trễ đăng ký của MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6 lần lượt là T_R , T_{FR} và T_{HR} . Sử dụng ký hiệu trễ trung bình của các cơ chế chuyển giao của MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6 là T_M , T_F và T_H và được định nghĩa như sau:

$$T_M = T_{MD} + T_{DAD} + T_R, \quad (1)$$

$$T_F = T_{MD} + T_{DAD} + T_{FR}, \quad (2)$$

$$T_H = T_{MD} + T_{DAD} + T_{HR}, \quad (3)$$

4.2. Phân tích trễ chuyển giao

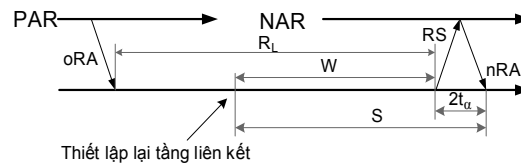
a. Phân tích trễ phát hiện di chuyển

Các hệ thống di động dựa trên nền IPv6, phát hiện di chuyển thường dựa vào việc nhận thông báo quảng cáo bộ định tuyến (RA) từ một AR mới [9]. Một thông báo RA bao gồm thông tin tiền tố mạng của AR từ đó MN có thể xác định việc nó có di chuyển tới một mạng mới hay không. Phát hiện MAP dựa vào việc truyền bá MAP option trong thông báo RA từ MAP tới MN thông qua cấu hình giao diện của bộ định tuyến trong miền [10]. Vì vậy, khi MN xác định sự di chuyển của nó bằng việc nhận thông báo RA mới, nó cũng biết được rằng nó có thay đổi miền hay không.

Các thay đổi dựa vào tình trạng ở tầng liên kết của MN có thể tiếp đến tầng mạng của MN trong thể thức của khai báo sự kiện link-up (kết ghép). Mặc dù kích hoạt sự kiện tầng liên kết có thể giúp cho thủ tục MD dễ dàng, nhưng nó không thường xuyên có sẵn ở tất cả các MN.

Một AR gửi thông báo RA tự nguyện tới tất cả các nút trong cùng mạng. Bất kỳ khi nào một RA được gửi từ một AR, thời gian được đặt lại với giá trị ngẫu nhiên nằm trong khoảng từ MinRtrAdvInterval (R_m) đến MaxRtrAdvInterval (R_M) (thời gian nhỏ nhất và lớn nhất giữa hai thông báo RA được cấu hình bởi bộ định tuyến). Khi hết thời gian này, một RA lại được gửi. MN xác định sự di chuyển của mình bằng việc nhận RA mới từ một AR mới [5]. MN có thể kiểm soát được các RA mà nó nhận được và hiểu sự có mặt của RA được gửi từ AR mới hay cũ hoặc hết thời gian được thiết lập trong RA gần nhất mà không nhận được RA tiếp theo của AR cũ, đây chính là dấu hiệu của sự di chuyển.

Phân biệt MaxRtrAdvInterval (R_M) của AR mới, MaxRtrAdvInterval (R_L) của AR cũ. Khi nhận được dấu hiệu di chuyển, MN có thể gửi thông báo yêu cầu bộ định tuyến (RS) [9] tới tất cả các bộ định tuyến theo địa chỉ multicast. Một AR mới nhận được RA trả lời bằng việc gửi một thông báo RA của nó tới tất cả các nút địa chỉ Multicast. Sự di chuyển cuối cùng được xác định bằng việc nhận RA từ AR mới.



Hình 6. Mô hình thời gian yêu cầu RA từ AR đang có mặt

Thời gian trung bình T_{MD} để hoàn thành thủ tục MD phụ thuộc vào giá trị của R_L , R_M

và R_m [11].

Ký hiệu S là khoảng thời gian thiết lập lại tầng liên kết và nhận các RA mới. Bỏ qua trễ xử lý nội bộ của các thông báo, S được biểu diễn như sau:

$$S = W + t_\alpha, \tag{4}$$

trong đó, W là khoảng thời gian giữa thiết lập lại tầng liên kết và yêu cầu thông báo sự có mặt của AR. Vì thời gian MN tạo một kết nối điểm không dây mới phụ thuộc vào thời gian R_L . W nằm trong khoảng $[0, R_L]$ và trung bình $E_W = R_L/2$. Coi hàm phân bố tích lũy (*cdf*) của W là $F_W(w) = w/R_L$. Khi đó, $2t_\alpha = s = R_L + 2t_\alpha$, *cdf* $F_S(s)$ và hàm phân bố xác suất (*pdf*) $f_S(s)$ là:

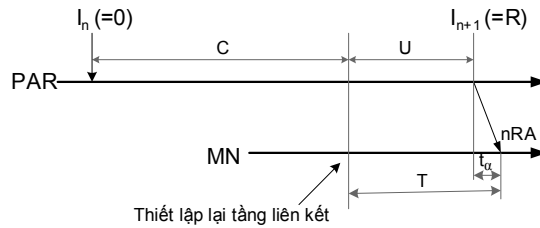
$$F_S(s) = P\{S \leq s\} = P\{W \leq s - 2t_\alpha\} = F_w(s - 2t_\alpha) = \frac{s - 2t_\alpha}{R_L}. \tag{5}$$

$$f_S(s) = \begin{cases} \frac{1}{R_L}, & \text{nếu } s \in [2t_\alpha, R_L + 2t_\alpha] \\ 0 & \text{nếu } s \notin [2t_\alpha, R_L + 2t_\alpha] \end{cases} \tag{6}$$

và giá trị trung bình của S là E_S

$$E_S = E_W + 2t_\alpha = \frac{R_L}{2} + 2t_\alpha. \tag{7}$$

Mặt khác, Hình 7 mô hình thời gian minh họa các sự kiện của thiết lập lại tầng liên kết và các thông báo RA được AR mới gửi định kỳ. I_n ký hiệu thời gian truyền của thông báo RA thứ n gửi bởi AR mới.



Hình 7. Mô hình thời gian của thông báo RA định kỳ gửi từ AR mới

Để đơn giản ta ký hiệu thời gian truyền cuối cùng của một RA trước khi kết nối tầng liên kết mới là 0, và thời gian truyền đầu tiên của một RA sau kết nối tầng liên kết mới là R . Thời gian MN hoàn thành thiết lập lại tầng liên kết ký hiệu là C và T ký hiệu khoảng thời gian giữa thiết lập lại tầng liên kết và MN nhận một RA mới đầu tiên. Do vậy, ta có

$$T = U + t_\alpha, \tag{8}$$

trong đó, U ký hiệu thời gian đầu tiên AR truyền RA tự nguyện kể từ khi kết nối tầng liên kết mới. Vì khoảng thời gian R độc lập và phân bố đều trong khoảng $[R_m, R_M]$, phân phối

của C không phụ thuộc khoảng thời gian nó xuất hiện. Đặt $f_U(u)$ và $f_R(r)$ là hàm phân phối của U và R . Vì C phụ thuộc R , từ đó ta có hàm phân bố xác suất $f_{C,R}(c, r)$ là

$$f_{C,R}(c, r) = f_{C|R}(c, r) * f_R(r), \quad (9)$$

trong đó, $f_{C|R}(c, r)$ là hàm phân bố đối với C với điều kiện R và $f_R(r)$ là hàm phân bố xác suất độ lớn của khoảng thời gian C xuất hiện. Từ đó C được phân bố đều trong khoảng $[0, R]$, vậy có thể tính $f_{C|R}(c, r)$ như sau:

$$f_{C|R}(c, r) = \frac{1}{r} * l_{c \in [0, r]}, \quad (10)$$

trong đó,

$$l_{C \in [0, r]} = \begin{cases} 1 & \text{nếu } c \in [0, r] \\ 0 & \text{nếu } c \in [0, r]. \end{cases}$$

Khi kích thước của khoảng thời gian là r , hàm $f(r) = r * l_{c \in [R_m, R_M]}$ cho biết giá trị của nó, có thể nhận được hàm phân bố xác suất $f_R(r)$ như sau:

$$f_R(r) = \frac{r}{\int_{R_m}^R r dr} * l_{r \in [R_m, R_M]} = \frac{2r}{R_M^2 - R_m^2} * l_{r \in [R_m, R_M]}. \quad (11)$$

Từ (9) và (10) ta có

$$f_C(c, r) = \frac{2r}{R_M^2 - R_m^2} * l_{c \in [0, r]} * l_{r \in [R_m, R_M]}. \quad (12)$$

Hàm phân bố $f_U(u)$ có thể nhận được bằng việc kết hợp hàm phân bố $f_{C,R}(c, r)$ với tất cả các giá trị có thể của c và r . Từ đó r có thể tính được là $r = c + u$ (ở đây, $u = r - c$), hàm phân bố $f_U(u)$ có thể được tính như sau:

$$f_U(u) = \int_0^{R_M} f_{C,R}(c, c+u) dc = \frac{2}{R_M^2 - R_m^2} * l_{u \in [0, R_M]} * [c]_{0vR_m-u}^{R_M-u}, \quad (13)$$

trong đó, $0vR_m - u$ thể hiện giá trị lớn nhất giữa 0 và $R_m - u$. Từ (12) ta có

$$f_U(u) = \begin{cases} \frac{2}{R_M + R_m} & \text{nếu } 0 \leq u \leq R_m \\ \frac{2(R_M - u)}{R_M^2 + R_m^2} & \text{nếu } R_m \leq u \leq R_M \\ 0 & \text{nếu } u \text{ nhận các giá trị khác nhau.} \end{cases}$$

(14) Tính toán hàm phân bố $f_U(u)$, ta có thể tính được kỳ vọng E_U của U là

$$E_U = \int_0^{R_M} u * f_U(u) dt = \int_0^{R_m} u * \frac{2}{R_M + R_m} dt + \int_{R_m}^{R_M} u * \frac{2(R_M - u)}{R_M^2 + R_m^2} dt = \frac{R_M^2 + R_M R_m + R_m^2}{3(R_M + R_m)}. \quad (15)$$

Thay $t_\alpha = t = R_M + t_\alpha$, ta có thể nhận được hàm phân bố của T và trung bình của nó E_T như sau:

$$f_T(t) = f_U(t - t_\alpha) = \begin{cases} \frac{2}{R_M + R_m} & \text{nếu } t_\alpha \leq t \leq R_m + t_\alpha \\ \frac{2(R_M - t - t_\alpha)}{R_M^2 + R_m^2} & \text{nếu } R_m + t_\alpha \leq t \leq R_M + t_\alpha \\ 0 & \text{nếu } t \text{ nhận các giá trị khác nhau.} \end{cases} \quad (16)$$

$$E_T = E_U + t_\alpha = \frac{R_M^2 + R_M R_m + R_m^2}{3(R_M + R_m)} + t_\alpha. \quad (17)$$

Để tính trễ trung bình T_{MD} , trước tiên ta tính xác suất $P\{S < T\}$ MN có yêu cầu RA trước khi có một RA định kỳ mới như sau:

$$\begin{aligned} P\{S < T\} &= \int_{t_\alpha}^{R_M + t_\alpha} P\{S < T | T = t\} f_T(t) dt = \int_{t_\alpha}^{R_M + t_\alpha} P\{S < t\} f_T(t) dt \\ &= \int_{t_\alpha}^{R_M + t_\alpha} F_S(t) f_T(t) dt. \end{aligned} \quad (18)$$

Ta có được T_{MD} như sau:

$$\begin{aligned} T_{MD} &= P\{S < T\} E_S + P\{S \geq T\} E_T = P\{S < T\} E_S + (1 - P\{S < T\}) E_T \\ &= P\{S < T\} (E_S - E_T) + E_T. \end{aligned} \quad (19)$$

b. Phân tích trễ cấu hình địa chỉ

Sau khi MN quyết định di chuyển tầng mạng của nó, thông tin tiền tố mới trong RA mới có thể dùng cho MN. Từ thông tin tiền tố, nó có thể tạo ra một CoA mới sử dụng tự động cấu hình địa chỉ phi trạng thái và kiểm tra tính duy nhất của CoA bằng việc sử dụng thủ tục DAD. Một MN phải thực hiện thủ tục nhiều lần, nó chuyển giao giữa các mạng IPv6 và không thể bắt đầu truyền thông cho đến khi thủ tục hoàn thành.

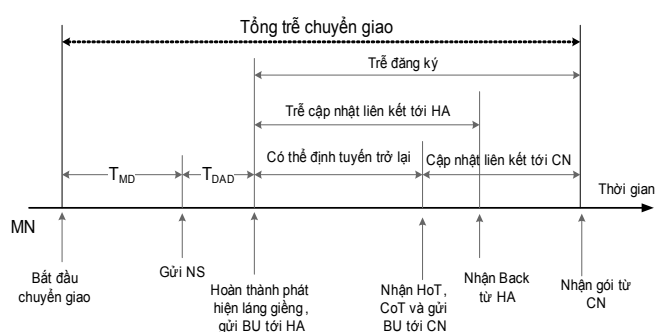
Hiện tại cách thức DAD là một phần của RFC 2462 “tự động cấu hình địa chỉ phi trạng thái IPv6” [8]. Khi một nút muốn tạo một địa chỉ mới trên một giao diện, nó kết hợp tiền tố mạng với hậu tố tạo ra từ nhận diện giao diện của nó. Nhận diện giao diện có thể có được từ giao diện phần cứng hoặc được tạo ra ngẫu nhiên [10]. Địa chỉ này được kiểm tra qua việc gửi thông báo yêu cầu lắng giềng (NS). Mỗi lần nút gửi một NS, nó có thể đợi một khoảng thời gian RetransTimer (RT) để xem liệu lắng giềng có sẵn sàng và tiến trình yêu cầu đợi được lặp lại. Trong quá trình này, nút không thể truyền thông với những nút khác. Kết quả, với giả thiết không có sự xung đột trong mạng (khi đó số lần gửi NS và đợi là 1), trễ phát hiện trùng địa chỉ T_{DAD} được tính như sau:

$$T_{DAD} = RT. \quad (20)$$

c. Trễ đăng ký

Trễ đăng ký MIPv6

MIPv6 hỗ trợ di động cho các nút IPv6 bằng việc sử dụng hai địa chỉ: HoA đại diện cho địa chỉ cố định của nút và địa chỉ CoA có thể thay đổi, địa chỉ này phụ thuộc vào mạng nó đang gắn kết tới. Mỗi khi MN di chuyển, nó đăng ký vị trí hiện tại của nó với HA trong mạng chủ và cả các CN. Mỗi CN có thể lưu giữ liên kết ở HoA cùng với CoA là một cặp lưu trữ. Như vậy, CN có thể gửi các gói trực tiếp đến MN khi nó có một thực thể liên kết đã tồn tại cho MN trong lưu trữ liên kết. Để đạt được định tuyến tối ưu cải tiến tốc độ truyền dữ liệu giữa MN và CN. Việc hoàn thành thủ tục đăng ký phụ thuộc vào việc cập nhật liên kết CoA mới.



Hình 8. Biểu đồ thời gian của chuyển giao trong MIPv6

Giữa MN và HA thường xuyên thiết lập liên kết an ninh. Để thông báo BU đến HA, nên liên kết dùng lại để xác thực BU. Để tránh tấn công từ lỗi gửi thông báo BU đến CN, BU có thể xác thực sử dụng mật mã liên kết quản lý khóa. Quá trình tạo ra giá trị khóa được quy vào như thủ tục khả năng định tuyến trở lại. Quá trình khả năng định tuyến trở lại như sau:

- (1) MN gửi thông báo HoTI gián tiếp đến CN, thiết lập đường hầm qua HA.
- (2) MN gửi thông báo CoTI trực tiếp đến CN.
- (3) CN gửi thông báo HoT trong trả lời thông báo HoTI. Nó được gửi gián tiếp đến MN qua HA.
- (4) CN gửi thông báo CoT trong trả lời thông báo CoTI trực tiếp đến MN.

Khóa quản lý liên kết được phát từ hai giá trị thẻ bài riêng biệt: một giá trị trong thông báo HoTI/HoT và một giá trị khác trong thông báo CoTI/CoT. Mục đích của thông báo HoTI/HoT là để kiểm tra xem MN có đến được HoA. Kẻ tấn công chỉ có thể biết thẻ bài HoA trong thông báo HoTI/HoT nếu nó truy nhập từ CN đến HA. Mặt khác, mục đích của thông báo CoTI/CoT là kiểm tra xem MN có thể đến được tại CoA. Để biết thẻ CoA trong thông báo CoTI/CoT, kẻ tấn công phải truy nhập tới CoA hoặc đường từ CN tới MN. Nếu kẻ tấn công truy nhập đến CoA hoặc đường từ CN đến MN, không bắt được cả hai thẻ bài, nó không thể tính toán khóa quản lý liên kết.

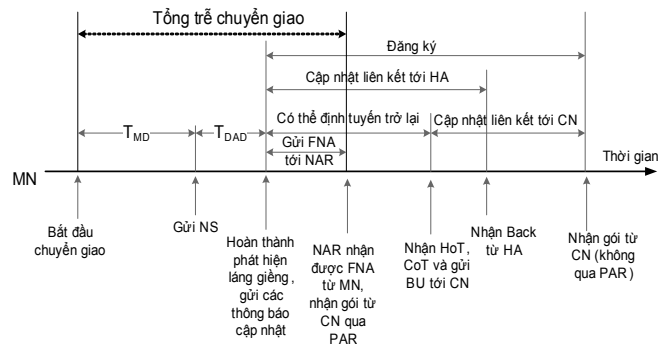
Trễ chuyển giao MIPv6 tăng thêm do thời gian cần cho khả năng định tuyến trở lại cũng như thủ tục BU. Vì $c < b + d$, trễ đăng ký MIPv6 tính được như sau:

$$T_R = \max\{2t_L, 2t_C\} + 2t_C = 2t_L + 2t_C = 4t_\alpha + 2(2a + b + c + d)t_\beta. \quad (21)$$

Thủ tục đăng ký FMIPv6

Thủ tục đăng ký FMIPv6 tương tự như trong MIPv6. Tuy nhiên, đối với FMIPv6 ngay sau khi MN gửi một thông báo quảng cáo láng giềng nhanh (FNA) tới NAR để thông báo việc di chuyển của nó, khi đó NAR biết được NCoA của MN và có thể gửi ngay các gói trong bộ đệm của nó tới MN, từ thời điểm này CN có thể gửi MN thông qua PAR qua đường hầm tới NAR rồi tới MN mà không cần nằm lại tại bộ đệm của NAR. Do vậy, trễ đăng ký FMIPv6 (thực sự chỉ bằng trễ gửi FNA từ MN tới NAR) chính bằng trễ mà MN gửi FNA tới NAR và như vậy nó tính được là:

$$T_{FR} = t_\alpha. \quad (22)$$



Hình 9. Biểu đồ thời gian của chuyển giao trong FMIPv6

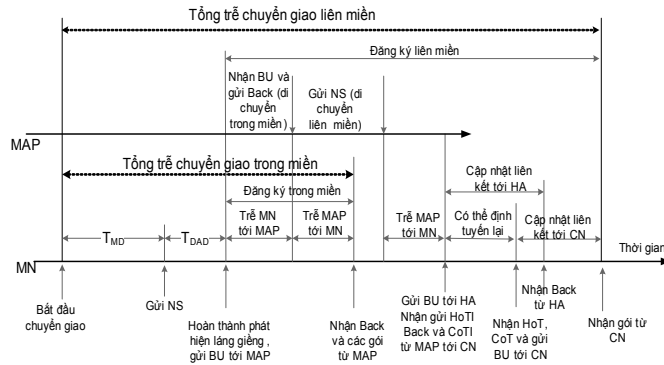
Thủ tục đăng ký HMIPv6

Trong HMIPv6, khi một MN vào một miền mới, nó nhận được hai địa chỉ CoA: một CoA trên liên kết (LCoA) và một CoA vùng (RCoA). LCoA là cấu hình CoA liên kết trên một giao diện của MN dựa vào quảng cáo tiền tố bởi AR mặc định của nó, RCoA là một địa chỉ trên mạng của MAP. Tiền tố sử dụng để hình thành RCoA thường gán cho MAP và quảng cáo bởi MAP tới tất cả các bộ định tuyến và các MN trong cùng miền thông qua cơ chế phát hiện MAP động sử dụng tùy chọn MAP [11]. Ranh giới một miền được định nghĩa bởi các quảng cáo AR cùng MAP tùy chọn để gắn kết các MN.

Để đăng ký vị trí, một MN sử dụng cập nhật liên kết cục bộ cũng như cập nhật liên kết (BU). LBU được gửi đến miền MAP và chỉ rõ liên kết giữa RCoA và LCoA của MN. Mặt khác, BU thường chỉ rõ liên kết giữa HoA và RCoA. Nó được gửi tới HA và mỗi CN nằm ngoài miền. Kết quả, một CN bên ngoài gửi các gói tới MN bằng việc sử dụng RCoA của MN. Các gói bị MAP chặn lại và chuyển tiếp tới LCoA hiện tại của MN. Khi một MN di chuyển trong phạm vi một miền và gắn kết đến một AR, nó cấu hình LCoA mới bằng việc sử dụng quảng cáo tiền tố trên liên kết bởi AR. Còn RCoA không thay đổi khi MN di chuyển

trong một miền. Khi đó MN gửi LBU tới MAP, không gửi thông báo BU ra ngoài miền. Sau khi MAP nhận LBU từ MN, tất cả các gói có đích là MN sẽ được truyền phù hợp. Ký hiệu T_{HRs} trễ đăng ký của di chuyển trong miền, nó được tính như sau:

$$T_{HRs} = 2t_M = 2t_\alpha + 2at_\beta. \tag{23}$$



Hình10. Thủ tục chuyển giao và biểu đồ thời gian trong HMIPv6

Khi MN di chuyển vào một miền MAP mới và gắn kết tới một AR, nó cấu hình RCoA mới và LCoA mới. RCoA thường được tự động cấu hình bằng việc MN sử dụng tùy chọn quảng cáo MAP. Khi đó nó gửi LBU đến MAP. Với điều kiện duy nhất của RCoA được phê chuẩn từ thủ tục DAD trong RFC 2462, bản ghi liên kết được MAP lưu giữ và gửi thông báo xác nhận liên kết tới MN. Sau khi nhận Back từ MAP, MN gửi các BU đến HA và các CN. Ký hiệu trễ đăng ký của di chuyển liên miền là T_{HRd} , vì $c < b + d$ nên T_{HRd} được tính như sau:

$$\begin{aligned} T_{HRd} &= 2t_M + T_{DAD} + \max 2t_L, 2t_C + 2t_C = 2t_M + 2t_L + 2t_C + t_{DAD} \\ &= 6t_\alpha + (6a + 2b + 2c + 2d)t_\beta + R_T. \end{aligned} \tag{24}$$

5. ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG

Qua phân tích ở trên ta thu được trễ chuyển giao của các giao thức MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6, cụ thể như sau:

- Trễ chuyển giao của MIPv6, từ công thức (2), (18),(19), (20), (21) ta thu được

$$T_M = \int_\alpha^{R_M+t_\alpha} F_S(t)f_T(t)dt(E_S - E_T) + E_T + RT + 4t_\alpha + 2(2a + b + c + d)t_\beta.$$

- Trễ chuyển giao của FMIPv6, từ công thức (1), (18), (19),(20), (22) ta thu được

$$T_F = \int_\alpha^{R_M+t_\alpha} F_S(t)f_T(t)dt(E_S - E_T) + E_T + RT + t_\alpha.$$

- Trễ chuyển giao của HMIPv6, từ công thức (3), (18), (19), (20), (23), (24) ta thu được trễ chuyển giao trong miền của HMIPv6 là:

$$T_H = \int_{\alpha}^{R_M+t_{\alpha}} F_S(t)f_T(t)dt(E_S - E_T) + E_T + RT + 2t_{\alpha} + 2at_{\beta}.$$

và liên miền là

$$T_H = \int_{\alpha}^{R_M+t_{\alpha}} F_S(t)f_T(t)dt(E_S - E_T) + E_T + 2RT + 6t_{\alpha} + (6a + 2b + 2c + 2s)t_{\beta}.$$

Có thể thấy trễ chuyển giao T_F của FMIPv6 là nhỏ nhất. Nếu đối với HMIPv6 là chuyển giao trong miền thì trễ chuyển giao T_H lớn hơn T_F là $t_{\alpha} + 2at_{\beta}$ ms, nhỏ hơn T_M là $2t_{\alpha} + 2(a + b + c + d)t_{\beta}$ ms. Nhưng nếu là chuyển giao liên miền thì T_H là lớn nhất, lớn hơn T_M là $5t_{\alpha} + (6a + 2b + 2c + 2d)t_{\beta} + R_T$ và lớn hơn T_F là $2t_{\alpha} + 2at_{\beta} + R$ ms.

Bảng 1. Các tham số đánh giá

N	k	a	b	c	d	t_{α}	t_{β}	R_m	R_M	R_L	R_T
30	10	3	7	6	3	10ms	1ms	30ms	70ms	70ms	1000ms

Với các tham số như trong Bảng 1, ta có thể tính toán trễ chuyển giao của các giao thức và cho thấy trễ chuyển giao T_F của FMIPv6 cũng luôn thấp nhất, trong trường hợp chuyển giao của HMIPv6 là trong miền thì T_H có trễ lớn thứ hai, lớn hơn T_F là 12ms, ít hơn T_M tới 54ms. Trong trường hợp chuyển giao HMIPv6 là liên miền thì T_H lại lớn nhất, lớn hơn T_M tới 962ms và lớn hơn T_F tới 1028ms.

6. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Kết quả nghiên cứu của nhóm nghiên cứu Sungkuen Lee, Eallae Kim, Taehyung Lim, Seokjong Jeong, and Jinwoo Park, Đại học Hàn Quốc cho thấy chuyển giao trong miền của HMIPv6 có trễ thấp hơn chuyển giao của MIPv6 [11]. Byungjoo Park Phòng thí nghiệm công nghệ mạng của Hàn Quốc và Haniph Latchman Đại học Florida của Mỹ nghiên cứu và đi đến kết luận trễ chuyển giao trong miền (giữa các AR) luôn nhỏ hơn trễ chuyển giao liên miền (giữa các MAP) [12]. Hầu hết các kết quả nghiên cứu khác được công bố gần đây [11 – 14] không đưa ra mô hình hệ thống cụ thể, không phân tích sâu về mặt toán học. Trong bài báo này, nhóm tác giả đưa ra một mô hình hệ thống Mobile IP tiêu biểu, phân tích sâu về mặt toán học và so sánh trễ của cơ chế chuyển giao MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6. Kết quả tính toán trễ chuyển giao của từng giao thức FMIPv6 và HMIPv6 riêng biệt phù hợp với các kết quả đã công bố [10,12]. Hơn nữa, nhóm tác giả còn tính toán và chỉ rõ trễ chuyển giao FMIPv6 là thấp nhất, chỉ ra trễ và sự chênh lệch trễ chuyển giao HMIPv6 trong miền và liên miền so với trễ chuyển giao MIPv6, FMIPv6.

7. KẾT LUẬN

Trong các cơ chế chuyển giao MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6, FMIPv6 có trễ chuyển giao luôn thấp nhất. Trễ chuyển giao HMIPv6 không phải lúc nào cũng thấp hơn trễ chuyển giao MIPv6, nó chỉ thấp hơn khi chuyển giao trong miền và lớn hơn khá nhiều khi chuyển giao liên miền. Khi chuyển giao liên miền, ngoài việc tăng đáng kể việc cập nhật liên kết thì một yếu tố làm tăng trễ chuyển giao của HMIPv6 đó là việc phải kiểm tra tính duy nhất của địa chỉ LCoA và địa chỉ RCoA. Theo [8], giá trị mặc định R_T là 1000ms và tiến trình mặc định chỉ làm một lần thì T_{DAD} đã là 1000ms. Như vậy thủ tục DAD của RFC 2462 là một nhân tố quan trọng làm tăng cao trễ chuyển giao HMIPv6 khi di chuyển liên miền so với di chuyển trong miền và nó cũng là yếu tố quan trọng làm giảm hiệu năng của cả MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6.

Với thành phần cấu thành trễ chuyển giao như đã phân tích và đánh giá thì trễ chuyển giao cả MIPv6, FMIPv6 và HMIPv6 chưa thể đáp ứng được yêu cầu cho các luồng dữ liệu của những ứng dụng thời gian thực như VoIP.

Để chuyển giao trong Mobile IP có thể đáp ứng tốt cho các dịch vụ thời gian thực đòi hỏi trễ chuyển giao phải ngắn hơn nữa, do vậy cần có thêm những cải tiến để tối ưu cả phát hiện di chuyển, cấu hình địa chỉ, đăng ký vị trí và nhất là đối với việc phát hiện di chuyển và cấu hình địa chỉ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. Perkins, "IP Mobility support for IPv4", RFC 3344, Network Working Group, 2002.
- [2] Endler, M., Nagamata, V., General approaches for implementing seamless handover, *Proceedings of the second ACM international workshop on Principles of mobile computing*, Toulouse, France, October 30 - 31, 2002 (17-24).
- [3] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June 2004.
- [4] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", RFC 3775 (Proposed Standard), June 2004.
- [5] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", IETF, RFC 4068, 2005.
- [6] Soliman, H., Castelluccia, C., El-Malki, K., and Bellier, L. "Hierarchical mobile IPv6 mobility management". RFC 4140, IETF. Aug 2005.
- [7] H. Soliman, C. Castelluccia, K. Elmalki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)," draft-ietf-mipshop-4140bis-01.txt, November 2007.
- [8] Thomson, S., and Narten, "IPv6 stateless address autoconfiguration", IETF RFC 2462, 1998.
- [9] Narten, T., Nordmark, E., and Simpson, W., "Neighbour discovery for IP version 6", IETF RFC 2461, 1998.
- [10] Youn-Hee Han, Sung-Gi Min, "Performance Analysis of Hierarchical Mobile IPv6", Springer Science+Business Media, LLC, 2008.

- [11] Sungkuen Lee, Eallae Kim, Taehyung Lim, Seokjong Jeong, and Jinwoo Park, “Micromobility Management Enhancement for Fast Handover in HMIPv6-Based Real-Time Applications” Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- [12] Byungjoo Park, Haniph Latchman, “Performance Enhancement of Fast Handover for MIPv6 by Reducing Out-of-Sequence Packets”, Springer Science+Business Media, LLC, 2008.
- [13] Jun-Seob Lee, Jae-Hong Min, Sang-Ha Kim, “Considerations for Designing Fast Handoff Mechanisms in Mobile IPv6”, Advanced Communication Technology, The 6th International Conference on Volume 1, Issue, 2004.
- [14] Nicolas Montavont, Thomas noël, Analysis and Evaluation of Mobile IPv6 Handovers over Wireless LAN, Kluwer Academic Publishers, 2003.

Nhận bài ngày 23 - 11 - 2009

Nhận lại sau sửa ngày 14 - 1 - 2010