HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

LÊ NGỌC HƯNG

TỐI ƯU HÓA QUẢN LÝ DI ĐỘNG TRONG MẠNG VÔ TUYẾN HỖN HỢP ĐA DỊCH VỤ

Chuyên ngành: **Hệ thống thông tin**
Mã số: **9.48.01.04**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2020

Công trình được hoàn thành tại
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Người hướng dẫn khoa học: GS.TSKH Nguyễn Xuân Quỳnh

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Học viện
Họp tại: Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông
Vào hồi giờ ngày tháng năm 2020

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Thư viện Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

MỞ ĐẦU

Lý do chọn đề tài

Mạng vô tuyến hỗn hợp đa dịch vụ (BcN) cho phép người dùng sử dụng các dịch vụ đồng thời mọi lúc, mọi nơi, thông qua các loại đầu cuối khác nhau mà không cần quan tâm tới công nghệ của mạng mình đang kết nối, chỉ cần ký thoả thuận với nhà cung cấp dịch vụ (SLA). Do vậy, hiện tại có nhiều Viện nghiên cứu, trường đại học, các tổ chức trong và ngoài nước,... đã và đang nghiên cứu tìm các giải pháp tối ưu trong xử lý HO để đáp ứng tính năng của mạng BcN.

Mục đích nghiên cứu

Mục đích nghiên cứu của luận án là đề xuất một phương pháp quản lý HO linh hoạt nhằm tối ưu hóa quản lý HO trong mạng Vô tuyến hỗn hợp đa dịch vụ.

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là cơ chế quản lý HO trong mạng BcN.

Phạm vi nghiên cứu của luận án này được giới hạn trong việc nghiên cứu các giao thức và các giải thuật quản lý HO. Luận án chỉ tập trung vào việc phân tích hiệu suất HO dựa trên các giao thức đã có như MIP, TCP-M, SIP từ đó xây dựng các tham số có ảnh tới chất lượng dịch vụ khi thực hiện HO, xây dựng phương thức dự báo và đặt trước băng thông để đi đến việc đề xuất phương pháp quản lý HO linh hoạt nhằm tối ưu hóa quản lý HO trong mạng BcN. Mọi vấn đề khác liên quan đến quản lý vị trí của ứng dụng, cập nhật và thống kế các thông tin liên quan đến hướng di chuyển của người dùng,... coi như đã được giải quyết bằng các công cụ khác nằm ngoài phạm vi nghiên cứu của luận án này.

Phương pháp nghiên cứu

Luận án sử dụng phương pháp nghiên cứu tổng hợp và phân tích các yếu tố liên quan đến vấn đề quản lý di động trong mạng BcN, qua đó đề xuất giải pháp linh hoạt nhằm tối ưu hóa quản lý di động trong mạng BcN.

Luận án sử dụng các công cụ toán học và lý thuyết hệ thống, điều khiển, xác suất, logic mờ để giải quyết yêu cầu nghiên cứu. Do chưa có các chuẩn chung thống nhất về kết cấu, giao thức và công nghệ của BcN, nên trước tiên luận án đưa ra một mô hình chung được chấp nhận rộng rãi của mạng BcN, và lấy đó làm cơ sở để xây dựng và đề xuất cơ chế điều khiển HO.

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

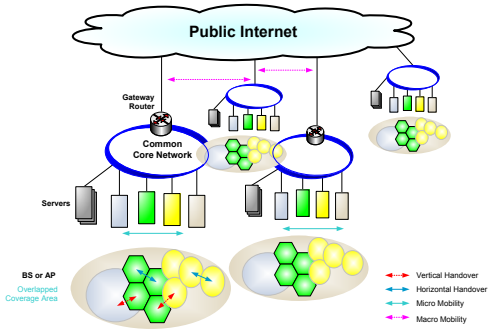
Ý nghĩa khoa học của đề tài được thể hiện qua ba đóng góp mới của luận án, bao gồm: Thông qua phân tích hiệu suất HO dựa trên các giao thức đã có để xây dựng các tham số cơ bản ảnh hưởng nhiều nhất tới QoS

khi HO; Sử dụng lý thuyết Bayes để xác định xác suất HO, từ đó xây dựng phương pháp đặt trước băng thông nhằm đảm bảo QoS và nâng cao hiệu suất sử dụng tài nguyên mạng; Cuối cùng dựa trên việc xác định được các yếu tố ảnh hưởng tới QoS và phương pháp đặt trước băng thông, luận án đề xuất phương pháp quản lý HO linh hoạt, tùy thuộc vào loại ứng dụng để đạt được mục tiêu tối ưu hóa quản lý HO

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1 Mạng thông tin vô tuyến băng rộng đa dịch vụ BcN

Trong những năm gần đây, với sự phát triển vượt bậc của các công nghệ truy nhập vô tuyến và thiết bị đầu cuối di động (như máy tính xách tay, Smart phone, IOT,...) làm cho ứng dụng di động đa dạng hơn, nhu cầu về kết nối, tốc độ, băng thông tăng nhanh hơn về thoại và các dịch vụ cơ bản.



Hình 1.1: Cấu trúc ví dụ của một hệ thống vô tuyến tích hợp

Hình 1.1 đưa ra một cấu trúc ví dụ về sự kết hợp của một hệ thống vô tuyến, bao gồm mạng 3G/LTE/5G/NR, vệ tinh, WLAN,… được kết hợp chung với nhau. Ngoài ra, các mạng khác như là mạng Bluetooth, Home RF, MANETs, IOT,… cũng có thể được tích hợp vào trong mạng ở hình 1.1 này. Trong cấu trúc mạng này, người dùng sử dụng các thiết bị đa giao diện vô tuyến, nên có thể kết nối được với các loại mạng có công nghệ khác nhau. Bằng việc sử dụng các thiết bị này cho phép người sử dụng di động luôn luôn có được kết nối tốt nhất đến một hoặc nhiều mạng.

Những vấn đề khó khăn khi tổ chức mạng BcN, đó là:

-**Công nghệ truy cập:** các mạng khác nhau sử dụng các công nghệ truy cập vô tuyến khác nhau, ví dụ UMTS/LTE sử dụng công nghệ CDMA, WLAN sử dụng CSMA/CA.

-**Các giao thức mạng:** các mạng khác nhau sử dụng các giao thức khác nhau cho việc vận chuyển, định tuyến, quản lý di động, xác thực, …

- **Dịch vụ cung cấp:** những mạng này thuộc về các nhà cung cấp dịch vụ khác nhau nên sẽ khó khăn trong việc xây dựng SLA.

- **Yêu cầu lưu lượng cao:** 5G đáp ứng được yêu cầu này bằng cách thu hẹp phạm vi phủ sóng của BS, số lượng người dùng trên mỗi BS sẽ giảm và cải thiện được hiệu suất tái sử dụng tần số. Tuy nhiên do nhu cầu di chuyển và trao đổi dữ liệu của MT không ngừng tăng lên, làm cho yêu cầu xử lý HO càng tăng cao hơn, dẫn đến lưu lượng dành cho báo hiệu tăng, làm giảm lưu lượng dành cho MT

1.2 Yêu cầu chuyển giao trong mạng BcN

Các yếu tố cần quan tâm khi xây dựng phương án xử lý HO:

- MSE có vai trò quan trọng trong cải thiện hiệu suất HO. Thông qua MSE ta có thể linh hoạt lựa chọn tập tham số HM, A3, TTT. Sử dụng thông tin về "số lần chọn lại tế bào", "Suy hao tần số và RSS" và "mức độ di chuyển của MT là chậm, vừa hay nhanh" để làm tăng độ chính xác về dự báo HO .
- Khi MT đang có kết nối vô tuyến tốt, thì chỉ khi thủ tục HO yêu cầu mới kích hoạt EHOP và EHO để giảm RLF trước khi thực hiện HO.
- Ước lượng RSS tại biên tế bào và tiến hành catching dữ liệu để đề phòng việc hết tài nguyên vô tuyến và đảm bảo QoS.
- Lựa chọn tế bào ít sử dụng nhất trong số 3 tế bào lân cận. Việc này sẽ giúp cho cân bằng tải một cách tự động.
- Kích hoạt chế độ DC và kết nối tới tế bào Macro khi MT di chuyển ở tốc độ cao. Ước lượng thời gian MT lưu trú tại tế bào Micro. Khi có kết nối vô tuyến tốt, và thời gian MT lưu trú tại đây lớn hơn ngưỡng tối thiểu thì chuyển kết nối của MT sang tế bào này.
- Đặt trước băng thông tại các tế bào lân cận đang thừa tải để giảm thời gian thực hiện HO khi có yêu cầu.

1.3 Phân tích, đánh giá các nghiên cứu liên quan đến Luận án.

Luận án so sánh các cấu trúc quản lý di động cơ bản, được sử dụng để vận chuyển và quản lý sự thay đổi của các gói số liệu chuyển tới MT. Để minh hoạ, chúng tôi xem các phần tử mạng tham gia vào quá trình xử lý bản tin chính là các phần tử giao thức quản lí di động (ở MIP là Home Agent (HA), Foreign Agent (FA) và MT). Các nút mạng khác (như các Router chuyển tiếp) nằm trên toàn tuyến kết nối với các thực thể giao thức di động này đều không phải là phần tử giao thức di động.

Sự giống nhau cơ bản của các phương pháp quản lý di động là đều sử dụng chính sách chuyển hướng giao vận (relayed delivery) là cơ chế để phân phát các bản tin báo hiệu, gói số liệu, ứng dụng của người dùng đến MT. Ngoài ra, điểm neo di động (mobility anchor) được dùng để giám sát vị trí của các MT và chuyển hướng truyền gói số liệu đến MT

1.4 Các vấn đề còn tồn tại

Chuyển giao là quá trình đầu cuối di động (MT) di chuyển từ trạm phát (AP) này tới AP khác trong cùng mạng. Về cơ bản, có thể phân thành 2 loại HO: là HO đồng nhất (homogeneous - giữa các AP cùng công nghệ) và HO hỗn hợp (hetegeneous - giữa các AP có công nghệ khác nhau).

1.4.1 Phân loại chuyển giao

Dựa trên hình thức di chuyển và kiểu mạng AN, ta có thể phân loại HO thành "Liên mạng - Intersubnet" và "Nội mạng – Intrasubnet".

HO Inter Subnet có thể là HO:

- Công nghệ AN khác nhau, Domain khác nhau;
- Khác công nghệ, cùng Domain;
- Cùng công nghệ, khác Domain;
- Cùng công nghệ, cùng Domain.

Còn HO Intra Subnet có thể là HO:

- Cùng công nghệ, cùng Domain;
- Khác công nghệ, cùng Domain.

1.4.2 Các yêu cầu về hiệu suất

Để đảm bảo QoS cho các dịch vụ Multimedia thì cần phải giới hạn trễ kết cuối, jitter, suy hao số liệu ở một ngưỡng nhất định. Ví dụ với trễ một chiều, ITU-T G114 khuyến nghị giới hạn trên cho hầu hết các ứng dụng là 150ms, phải bé hơn 400ms,...

Trễ kết cuối bao gồm trễ mạng, trễ OS, trễ CODEC, và trễ ứng dụng. Trễ mạng gồm trễ đường truyền, môi trường, hàng đợi ở các router trung gian. Trễ OS gồm trễ lập lịch cho bộ gửi và nhận. Trễ CODEC là trễ hình thành do quá trình đóng gói và mở gói tại bộ phát và nhận. *Do vậy, cần thiết phải có các cơ chế quản lý di động đáp ứng được yêu cầu giảm việc mất số liệu và ảnh hưởng của trễ HO.*

1.4.3 Phân tích trễ chuyển giao

Bất kỳ ứng dụng multimedia nào đang chạy trong quá trình HO đều chịu ảnh hưởng của trễ bên trong mỗi lớp của stack giao thức. Trễ được hình thành từ trễ các lớp 2, lớp 3 và lớp ứng dụng. Trễ ở lớp ứng dụng là trễ cần để thiết lập lại hoặc sửa đổi tài nguyên tại lớp này. Quá trình cập nhật số liệu hoặc báo hiệu tại các phiên trung gian đều được xem là trễ, do vậy địa chỉ IP và thông số CODEC cho các phiên trung gian này có thể bị thay đổi.

1.4.3 Tối ưu hóa trễ HO

Cần thiết phải có nghiên cứu lựa chọn mạng HO nhằm tối ưu hoá trễ nẩy sinh trong quá trình HO, đảm bảo QoS cung cấp cho các ứng dụng của MT mà người dùng đã thoả thuận với nhà cung cấp dịch vụ. Hai

hướng nghiên cứu chính để giảm trễ HO đã được nhiều chuyên gia quan tâm đó là:

- xử lý song song nhiều quá trình chuyển dịch trạng thái, và
- thực hiện trước một số chuyển dịch trạng thái trước khi HO bắt đầu.

1.5 Kết luận chương 1

Theo kết quả phân tích và đánh giá các nghiên cứu về quản lý di động ở trên (phần 1.3 và 1.4) cho thấy, còn nhiều vấn đề cần giải quyết để vừa đáp ứng nhu cầu sử dụng dịch vụ theo thoả thuận giữa SP và người dùng, vừa đảm bảo khai thác tối ưu tài nguyên mạng. Việc tích hợp mạng di động và cố định thông qua hạ tầng IP sẽ thuận lợi và hiệu quả hơn việc cải thiện kết nối giữa chúng. Do đang tồn tại nhiều loại mạng công nghệ khác nhau, cùng với nhu cầu sử dụng dịch vụ và di chuyển ngày càng tăng, dẫn đến yêu cầu HO sẽ tăng. Đây là nguyên nhân cơ bản làm gia tăng tổng trễ trong suốt quá trình cung cấp dịch vụ, do vậy việc giảm tối đa trễ trong quá trình HO cần được đặc biệt quan tâm.

Để duy trì và đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các kết nối di động trong mạng BcN, chúng tôi tập trung nghiên cứu các cơ chế dự báo và đăng ký trước băng thông, hỗ trợ cho việc điều khiển HO cho kết nối hiện hữu và điều khiển đăng nhập cuộc gọi cho kết nối mới.

Do đó, luận án tập trung nghiên cứu ba vấn đề sau:

1. Phân tích hiệu suất của các kĩ thuật HO dựa trên MIP, TCP-Migrate, và SIP
2. Dự báo và định trước băng thông
3. Quản lý di động thích ứng cho các ứng dụng của mạng BcN

CHƯƠNG 2: XÂY DỰNG TẬP THAM SỐ PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT CỦA MIP, TCP-M VÀ SIP

2.1 Mở đầu

Trong chương này luận án tập trung phân tích hiệu suất HO dựa trên các giao thức quản lý di động ở các lớp liên kết, lớp mạng, lớp giao vận và lớp ứng dụng. Đóng góp của chương này là:

- Xác định các tham số cơ bản ảnh hưởng đến QoS.
- Sử dụng các tham số cơ bản nêu trên để xây dựng phương thức đánh giá hiệu suất HO của các ứng dụng dạng B, C, D và E.
- Phân tích đặc điểm của các lớp ứng dụng A, B, C, D, E.
- Đề xuất giao thức lựa chọn tuyến HO, cân bằng 2 tiêu tiêu chí tiêu thụ năng lượng (Pin MT) và hiệu suất mạng.

2.2 Phân tích hiệu suất HO dựa trên giao thức quản lý di động hiện tại.

Ảnh hưởng của HO trên các dạng ứng dụng này được cụ thể hóa bằng những tham số: *Độ trễ HO; Mất gói dữ liệu khi HO; Thời gian suy giảm thông lượng; Độ trễ điểm đến điểm; Sự trong suốt ở lớp vận chuyển; Bảo mật; Tiêu hao năng lượng.*

2.2.1 Các giao thức quản lý di động ở lớp liên kết (Lớp 2)

Các giao thức quản lý di chuyển lớp liên kết tập trung vào các vấn đề HO giữa các mạng truy cập không đồng nhất và các kĩ thuật quản lý mạng khác nhau. Hiệu suất làm việc của các giao thức di chuyển lớp liên kết được tóm tắt như sau:

- Độ trễ trong quá trình HO càng cao sẽ càng làm tăng số lượng gói tin bị thất lạc. Sau khi quá trình HO hoàn tất, MN kết nối đến một hệ thống mới mà không cần đưa ra yêu cầu chuyển hướng.
- Yêu cầu về độ trễ điểm đến điểm của ứng dụng được bảo đảm.
- Do một MN kết nối đến một địa chỉ mới trong hệ thống mới, nên kết nối lớp vận chuyển phải được thiết lập lại sau khi HO nội mạng hoàn tất. Các giao thức quản lý di chuyển lớp liên kết sẽ không trong suốt với các ứng dụng TCP và UDP.
- Việc xác thực được thực hiện trong quá trình HO trong mạng, nên các thông tin liên quan đến HO sẽ được bảo mật.

2.2.2 Các giao thức quản lý di động ở lớp mạng (Lớp 3)

Hiệu suất của giao thức MIP được tóm tắt như sau:

- MIP sử dụng một lượng trễ lớn khi đăng kí HO.
- Do MIP có độ trễ lớn, nên trong quá trình HO làm thất lạc một lượng đáng kể gói tin.
- Định tuyến vòng của MIP gây nên đường không đối xứng giữa CN và MN, và làm tăng trễ do định hướng lại đường từ CN đến MN phía Trạm chủ (HA).
- Thông qua việc định hướng lại gói tin trong quá trình HO, MIP không làm thay đổi địa chỉ IP của các ứng dụng. Do đó, HO là trong suốt đến các ứng dụng, các kết nối lớp vận chuyển được bảo toàn trong quá trình HO.
- Việc xác thực là một phần của đăng kí MIP, nên thông tin HO được bảo mật.

2.2.3 Các giao thức quản lý di động ở lớp giao vận (lớp 4)

Hiệu suất của các giao thức quản lý di động tại lớp vận chuyển được tóm tắt như sau:

- Do chỉ có các điểm cuối truyền thông với nhau tham gia vào quá trình HO, nên độ trễ thường thấp hơn so với MIP.
- Một kết nối TCP duy trì chung khối quản lý và trạng thái, nên việc truyền lại số liệu cần phải tuân theo chuẩn, có thể phục hồi các gói tin bị thất lạc trong quá trình HO.

- Do không định hướng lại gói tin, nên tuyến giữa các trạm chủ đang kết nối là đối xứng. Do đó, độ trễ điểm đến điểm không bị tăng sau khi HO, các ứng dụng không bị ảnh hưởng khi khởi động lại kết nối lớp vận chuyển.

- Việc xác thực được tích hợp hoàn toàn vào quá trình HO ở lớp vận chuyển làm tăng tính bảo mật.

2.2.4 Các giao thức quản lý di động ở lớp ứng dụng (lớp 5)

Hiệu suất của giao thức di động SIP được tóm tắt như sau:

- Độ trễ HO của SIP có thể tương đương với MIP nhưng lại cao hơn so với các giao thức quản lý di động ở lớp vận chuyển.

- Số lượng bản tin bị thất lạc khi thực hiện thủ tục báo hiệu HO có thể ngang bằng khi sử dụng MIP.

- Độ trễ điểm đến điểm sẽ không tăng khi báo hiệu HO kết thúc.

- SIP không thể hỗ trợ cho các kết nối TCP, nên di động SIP sẽ không trong suốt với giao thức TCP.

- Các bản tin báo hiệu để quản lý di động SIP được bảo mật bằng các phương pháp khác nhau.

2.3 Xác định các tham số cơ bản của mô hình phân tích

2.3.1 Xác suất gói tin bị thất lạc từ điểm đến điểm

Định lý 2.1: Giao thức kết nối vô tuyến quyết định chất lượng của hệ thống, với xác suất thất lạc gói tin điểm tới điểm giữa MH và HA được xác định như sau:

$$p_r = 1 - \left[1 - p_f((2-p_f)p_f)^{\frac{(n^2+n)}{2}}\right]^K (1-p_c)$$

Chứng minh: Theo định luật tổng xác suất, xác xuất lỗi gói toàn bộ hệ thống là:

$$p = 1-(1-p_w)(1-p_c) \quad (2.1)$$

Trong thực tế, kết nối vô tuyến thường chịu ảnh hưởng của các hiệu ứng fading, shadowing và thường được mô hình hóa bởi phân bố Rayleigh, trong khi kết nối hữu tuyến được mô hình hóa bởi kênh nhiễu trắng (AWGN), do đó ta có $p_w << p_c$, dẫn đến:

$$p = 1-(1-p_w)(1-p_c) = 1-(1-p_w-p_c+p_wp_c) = p_w+p_c+p_wp_c \approx p_w$$

Trong trường hợp không sử dụng giao thức RLP, xác suất gói tin bị thất lạc trên kết nối vô tuyến sẽ là: $p_{wnr} = 1-(1-p_f)^k$

$$p_{nr} = 1-(1-p_f)^K(1-p_c) \quad (2.2)$$

Khi RLP được sử dụng, xác suất gói tin bị thất lạc p_{wr} là:

$$p_{wr} = 1-\left[1-p_f((2-p_f)p_f)^{\frac{(n^2+n)}{2}}\right]^K \quad (2.3)$$

Thay $p_w = p_{wr}$ và $p=p_r$ vào (2.1), ta có xác suất gói tin bị thất lạc điểm đến điểm giữa MH và HA (hay CH) p_r sẽ là:

$$p_r = 1-\left[1-p_f((2-p_f)p_f)^{\frac{(n^2+n)}{2}}\right]^K (1-p_c) \quad (2.4)$$

Ta dễ dàng thấy được $p_r < p_{nr}$, do vậy xác suất mất gói tin khi sử dụng giao thức kết nối vô tuyến RLP bé hơn khi không sử dụng RLP, nghĩa là QoS khi sử dụng RLP sẽ tốt hơn.

2.3.2 Độ trễ truyền bản tin điểm tới điểm

Độ trễ khi truyền gói tin từ đểm đến điểm, T_{nr}, giữa MH và HA (hay CH) xác định như sau: $T_{nr} = D + t_w$ (2.5)

Độ trễ khi truyền frame một chiều T_f giữa MH và BS với RLP là:

$$T_f = D(1-p_f) + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{i} P(C_{i,j})(2iD + 2(j-1)t) \quad (2.6)$$

$$P(C_{i,j}) = p_f(1-p_f)^2\left((2-p_f)p_f\right)^{\left(\frac{i^2-i}{2}+j-1\right)} \text{ với } i = 1,\ldots n \text{ và } j = 1,\ldots i \quad (2.7)$$

Do đó, khi RLP được sử dụng, độ trễ khi truyền gói tin từ điểm đến điểm T_r giữa MH và HA (hay CH) sẽ là:

$$T_r = T_f + (K-1)t + t_w \quad (2.8)$$

2.3.3 Trung bình trễ báo hiệu khi sử dụng giao thức UDP

Định lý 2.2: Độ trễ trung bình của việc truyền gói tin báo hiệu một chiều giữa MH và HA bằng tổng có trọng số của các độ trễ truyền gói tin với trọng số là xác suất truyền thành công.

$$D_p = (1-q)\left\{B + A\sum_{i=2}^{m} q^{i-1}(\gamma^{i-1}-1) + \sum_{i=m+1}^{\infty} q^{i-1}\left[A(\gamma^{m-1}-1) + (i-m)\gamma^{m-2}\Delta\right]\right\} \quad voi \quad A = \frac{\Delta}{\gamma-1}$$

Chứng minh:

Gọi p_i là xác suất truyền thành công sau lần i, ta có: $\sum_{i}^{+\infty} p_i = 1$

Gọi T_i là độ trễ tương ứng và áp dụng định lý tổng xác suất ta có:

$$D_p = \sum_{i}^{\infty} p_i T_i \quad (2.9)$$

Trong điều kiện các lần truyền là độc lập nhau, p_i được biểu diễn như sau:

$$p_i = \underbrace{qq\ldots q}_{i-1}(1-q) = q^{i-1}(1-q) \quad (2.10)$$

Do kết nối giữa MH và CH bao gồm 2 kết nối vô tuyến và hữu tuyến nối tiếp nhau, ta có: $p = 1 - (1 - p_w)(1 - p_c)$

Chúng tôi xét hai trường hợp:

(i) Không sử dụng RLP

Tỷ lệ lỗi gói cho kênh vô tuyến có thể được biểu diễn dưới dạng tỷ lệ lỗi khung như sau: $p_w = 1 - (1 - p_f)^k$ với p_f là tỷ lệ lỗi khung

Khi không có truyền lại (do không sử dụng RLP), thì độ trễ truyền tin từ MH đến CH là tổng độ trễ tiêu tốn ở lớp kết nối ở kênh vô tuyến (D) và đỗ trễ trên kết nối hữu tuyến (T_w) : $B = D + T_w$

(ii) Có sử dụng RLP.

Tỷ lệ lỗi trên kênh vô tuyến là:

$$p_w = 1 - \left[1 - p_f\left[(2 - p_f)p_f\right]^{\frac{(n^2+n)}{2}}\right]^K$$

Độ trễ truyền gói tin : $B = T_f + (K-1)\tau + t_w$

Độ trễ truyền khung một chiều giữa MH và BS:

$$T_f = D(1 - p_f) + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{i} P(C_{i,j})(2iD + 2(j-1)t)$$

Trong cả 2 trường hợp sử dụng và không sử dụng RLP :

$$T_i = \begin{cases} \Delta + \gamma\Delta + \gamma^2\Delta + ... + \gamma^{i-2}\Delta + B & ,i \le m \\ \Delta + \gamma\Delta + \gamma^2\Delta + ... + \gamma^{m-2}\Delta + (i-m)\gamma^{m-2}\Delta + B & ,i > m \end{cases} \quad (2.11)$$

Thay p_i và T_i từ (2.10) và (2.11) vào (2.9) ta thu được:

$$\begin{aligned} D_p &= \sum_{i}^{\infty} p_i T_i = p_1 T_1 + \sum_{i=2}^{m} p_i T_i + \sum_{i=m+1}^{\infty} p_i T_i \\ &= (1-q)B + \sum_{i=2}^{m} q^{i-1}(1-q)[\Delta + \gamma\Delta + \gamma^2\Delta + ... + \gamma^{i-2}\Delta + B] + \\ &\sum_{i=m+1}^{\infty} q^{i-1}(1-q)[\Delta + \gamma\Delta + \gamma^2\Delta + ... + \gamma^{m-2}\Delta + (i-m)\gamma^{m-2}\Delta + B] \\ &= (1-q)\left\{B + A\sum_{i=2}^{m} q^{i-1}(\gamma^{i-1} - 1) + \sum_{i=m+1}^{\infty} q^{i-1}\left[A(\gamma^{m-1} - 1) + (i-m)\gamma^{m-2}\Delta\right]\right\} \quad khi \quad A = \frac{\Delta}{\gamma - 1} \end{aligned} \quad (2.12)$$

2.4 Xây dựng phương thức đánh giá hiệu suất chuyển giao của các ứng dụng dạng B và dạng C (MIP và TCP-Migrate)

- Định nghĩa 2.1: Thời gian giảm thông lượng là thời gian cần thiết để kết nối TCP khôi phục lại hoạt động ở trạng thái ổn định sau khi HO.

- Định nghĩa 2.2: Trễ HO là thời gian kể từ khi MH nhận gói số liệu cuối cùng ở ON đến khi nó nhận gói số liệu đầu tiên ở NN.

2.4.1 Đánh giá hiệu suất HO của kết nối TCP khi sử dụng MIP

2.4.1.1 Trễ chuyển giao

Khoảng thời gian gói tin thất lạc : $T = C - A = \tau_{L2} + \tau_a + \tau_m$ (2.13)

Trễ HO : $T_{h1} = D - C_1 + C_1 - A$ (2.14)

$$= \begin{cases} TO_1\dfrac{\gamma^{N+1} - 1}{\gamma - 1} + t_o + t_{ch} + t_{hn} & \text{Khi } N \le m \\ TO_1\dfrac{\gamma^{m+1} - 1}{\gamma - 1} + (N-m)\gamma^m TO_1 + t_o + t_{ch} + t_{hn} & \text{Khi } N > m \end{cases} \quad (2.15)$$

TO_1 và RTT_0 là RTO và RTT đối với kết nối TCP khi MH ở ON

2.4.1.2 Thời gian giảm thông lượng

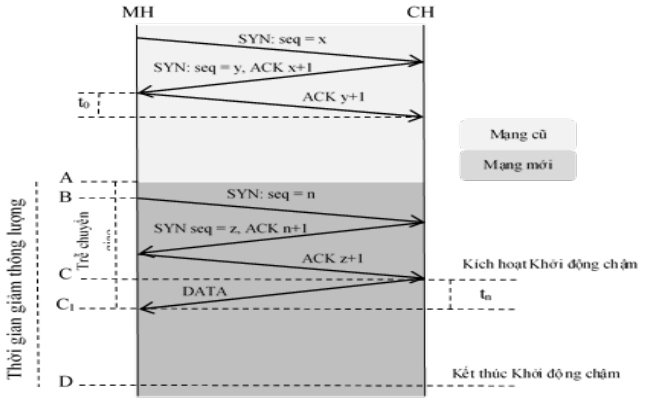
Thời gian τ_s cần để kích cỡ cửa sổ nghẽn tăng từ 1 lên CW_2 được xác định như sau : $\tau_s = \left[1 + \log_2 CW_2\right]RTT_n$ (2.16)

RTT_n là RTT khi MH thuộc NN, và $RTT_n = t_{ch} + t_{hn} + t_n$, trong đó t_{ch} là trễ một chiều giữa CH và HA, t_{hn} là trễ một chiều giữa MH và HA khi MH ở NN, và t_n là trễ một chiều giữa MH và CH khi MH ở NN

Thời gian giảm thông lượng kết nối TCP (T_{tl}) là:

$$T_{tl} = \begin{cases} TO_1\dfrac{\gamma^{N+1} - 1}{\gamma - 1} + t_o + \left[1 + \log_2 CW_2\right]RTT_n & \text{Khi } N \le m \\ TO_1\dfrac{\gamma^{m+1} - 1}{\gamma - 1} + (N-m)\gamma^m TO_1 + t_o + \left[1 + \log_2 CW_2\right]RTT_n & \text{Khi } N > m \end{cases} \quad (2.17)$$

2.4.2 Đánh giá hiệu suất HO của kết nối TCP khi sử dụng TCP Migrate



Hình 2.1: Sơ đồ hoạt động của TCP-M

Hình 2.1 minh họa quá trình HO TCP-M của kết nối TCP khi MH di chuyển từ ON sang NN.

2.4.2.1 Trễ chuyển giao

Từ hình 2.1 ta thấy trễ HO TCP-M được xác định như sau:

$$T_{h2} = C - A = \tau_{L2} + \tau_a + E[L] + t_n \quad (2.18)$$

Ở đây τ_{L2} và τ_a là thời gian cần thiết để MH HO lớp 2 tới NN và đăng nhập được địa chỉ IP ở đây. t_n là trễ một chiều giữa CH và MH khi MH ở NN. E[L] Trễ trung bình để chuyển bản tin báo hiệu TCP-M.
Trễ HO TCP-M trung bình sẽ là:

$$E[L] = \sum_{i=0}^{N_m-1}\sum_{j=0}^{N_m-1}\sum_{k=0}^{N_m-1} P_h(i,j,k)L_h(i,j,k). \quad (2.19)$$

Trong đó RTO = ξRTT_0 và khi ở ON thì RTT_0 chính là RTT

2.4.2.2 Thời gian giảm thông lượng

Như mô tả ở trên, TCP của CH khôi phục lại trang thái khởi động chậm (low start) tại thời điểm C_1 (hình 2.1). Từ thời điểm A đến D là khoảng thời gian giảm thông lượng (kí hiệu T_{t2}) của kết nối TCP, được xác định như sau:

$$T_{t2} = D - A = \tau_{L2} + \tau_a + E[L] + [1 + \log_2 CW_2]RTT_n \quad (2.20)$$

Trong đó τ_{L2}và τ_a là thời gian cần để MH HO lớp 2 tới NN và đăng nhập địa chỉ IP tại NN. tn là trễ một chiều giữa CH và MH khi MH ở NN. RTTn là RTT khi MH ở NN.

2.5 Xây dựng phương thức đánh giá hiệu suất chuyển giao của các ứng dụng dạng D và dạng E (MIP và SIP)

Do các ứng dụng dạng C và D sử dụng giao thức kết nối là UDP giữa MH và CH, hiệu suất HO của ứng dụng dạng D và dạng E phụ thuộc vào hiệu suất HO của kết nối UDP. Ở đây, chúng tôi lưu ý đến việc phân tích ứng dụng VoIP sử dụng RTP trên UDP.

2.5.1 Đánh giá hiệu suất HO của kết nối UDP khi sử dụng MIP

Độ trễ HO sẽ được tính bằng khoảng thời gian khi MH nhận được bản tin cuối cùng khi nó trong mạng ON cho đến khi MH nhận được bản tin đầu tiên khi nó ở trong mạng NN.

$$T_{h3} = D - A = \tau_{L2} + \tau_a + \tau_m + t_{ch} + t_{hn} \quad (2.21)$$

Với τ_{L2} , τ_a và τ_m được định nghĩa ở phần 2.4.1

Số lượng gói tin thất lạc là:

$$P_h = R(C - G) = R(\tau_{L2} + \tau_a + \tau_m + t_{ho}) \quad (2.22)$$

Độ trễ khi truyền gói tin từ điểm đến điểm của các gói tin dữ liệu VoIP theo đường từ MH đến CH là D_{fm} khi không có RLP và là D_{fmnr} khi có RLP

$$D_{fmnr} = D + t_{wcn} \quad (2.22)$$

$$D_{fmr} = D + (K_p - 1)\tau + t_{wcn} \quad (2.23)$$

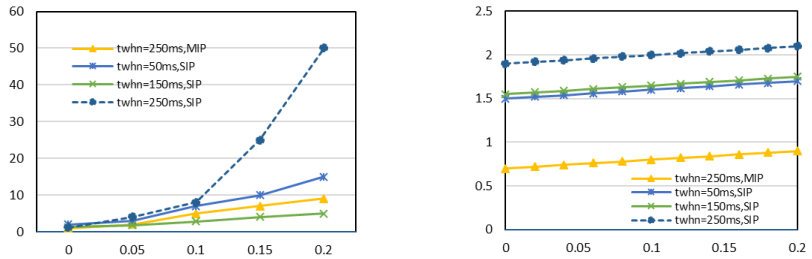
2.5.2 Đánh giá hiệu suất chuyển giao của một kết nối UDP khi sử dụng SIP

Độ trễ khi HO khi sử dụng giao thức SIP được tính như sau:

$$T_{h4} = D_1 - A = \tau_{L2} + \tau_a + 2D_{mc} \quad (2.24)$$

Với τ_{L2} và τ_a là thời gian cần thiết để HO lớp 2 của MH đến mạng NN và được cấp phát địa chỉ IP mới từ mạng NN. D_{mc} là độ trễ một chiều trung bình để truyền các bản tin báo hiệu SIP giữa MH và CH.

$$D_{mc} = (1 - q_2)\Big\{B_2 + A_2\sum_{i=2}^{m} q_2^{i-1}(\gamma^{i-1} - 1) + \sum_{i=m+1}^{\infty} q_2^{i-1}[A_2(\gamma^{m-1} - 1) + (i - m)\gamma^{m-2}\Delta_2 \quad (2.25)$$

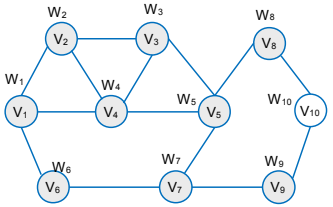


(a) (b)

Hình 2.2: So sánh trễ HO giữa MIP và SIP khi không có RLP (a) và có RLP (b)

2.6 Phân tích đánh giá tương quan giữa tiêu hao nguồn điện và hiệu suất chuyển giao

2.6.1 Mô hình phân tích

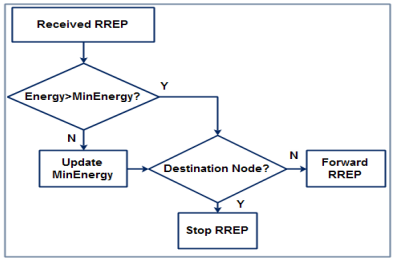


Hình 2.3: Mô hình mạng MANET

Như trong hình 2.3. mỗi nút di động có trọng số biểu diễn dung lượng pin còn lại. Từ mô hình hệ thống, ta có thể xây dựng được mô hình mạng kết nối. Đinh nghĩa G = (*V*, *E*) là đồ thị truyền tin của MANET, trong đó V =

$\{V_1,\ldots,V_n\}$ là tập hợp các đầu cuối di động, E là tập hợp các kết nối, $L_{i,j} = (V_i, V_j)$ nếu chúng có kết nối trực tiếp.

2.6.2 Mô tả giao thức



Hình 2.4: Thủ tục kiểm tra tiêu hao năng lượng

Nút nguồn gửi các gói RREQ với Header thay đổi là {*MinEnergy, AODV RREQ Header*}. Sau đó các gói này sẽ được chuyển tiếp tới các nút trung gian trước khi đi tới nút đích. Điểm khác biệt với các giao thức khác là thực hiện việc kiểm tra năng lượng (Energy-check) tại mỗi nút trung gian như mô tả trong hình 2.4.

2.6.3 Thuật toán tìm tuyến

Thuật toán lựa chọn tuyến EEMA có thể tóm tắt như sau:

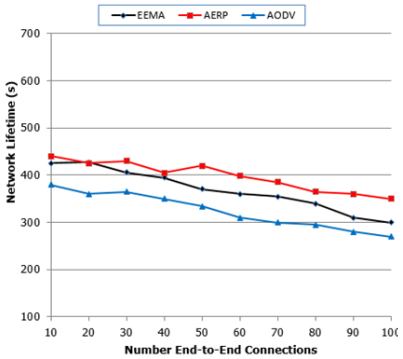
1. routeset=shortest-route(S,D)
2. minhop=min(shortest-route(S,D))
3. maxhop=minhop+2; cons1valid=Ø
4. // Equation (1)
5. **for** i=1 to maxsizeof(routeset) **do**
6. **if** minhop ≤ numhop(routeset(i)) ≤ maxhop **then**
7. cons1valid <- route(i)
8. Endif
9. Endfor
10. // Equation (2)
11. Cost= ∞**,** weight=0
12. **for** i=1 to sizeof(cons1valid) **do**
13. weight= MinEnergy(cons1valid(i))
14. **if** Cost > weight **then**
15. Cost=weight
16. selectedroute=cons1valid(i)
17. Endif
18. Endfor
19. Return (selectedroute, cost)

2.6.4 Mô phỏng và đánh giá

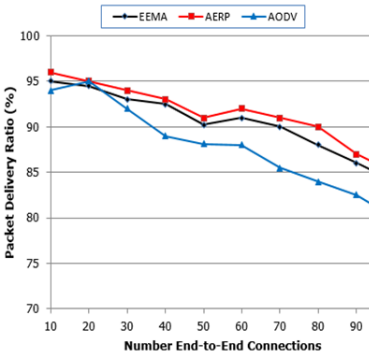
Hình 2.5 cho thấy hiệu suất mạng theo tiêu chí thời gian duy trì (sống) của mạng. Quan sát kết quả, chúng tôi thấy rằng thời gian duy trì mạng

của AERP luôn được cải thiện tốt hơn giao thức EEMA và AODV trong tất cả các mô phỏng.

Hình 2.6 biểu diễn hiệu suất mạng theo tiêu chí tỷ lệ phân phối bản tin. Kết quả mô phỏng cho thấy, khi lưu lượng mạng thấp (số lượng kết nối đầu cuối thấp), thì tỷ lệ phân phối bản tin của 3 giao thức là khá cao và không khác nhau nhiều.



Hình 2.5: Thời gian duy trì mạng



Hình 2.6: Tỷ lệ phân phối bản tin

2.7 Kết luận

Trong chương này, luận án đã:

- Phân tích và đánh giá hiệu suất quản lý di động cho nhiều loại ứng dụng khác nhau (A,B,C,D,E) của các giao thức đã có như MIP, TCP-M, SIP. Từ đó chứng minh được các định lý liên quan tới việc *thất lạc gói tin* và *độ trễ trung bình,* làm tiền đề xác định các yếu tố cơ bản ảnh hưởng tới QoS khi HO, đó là: *xác suất gói tin bị thất lạc; độ trễ truyền tin; và trung bình độ trễ truyền bản tin báo hiệu.*

- Đề xuất giao thức định tuyến theo yêu cầu - EEMA cho MANET. EEMA chọn tuyến tối ưu cho HO dựa trên: số bước nhảy và hàm chi phí, và cân đối giữa trễ và năng lượng tiêu thụ

CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG PHƯƠNG THỨC ĐỊNH TRƯỚC BĂNG THÔNG CHUYỂN GIAO TRONG MẠNG BCN

3.1 Mở đầu

Luận án phân tích hai tham số liên quan tới chất lượng dịch vụ mức kết nối, đó là: *xác suất khóa các yêu cầu kết nối mới* P_{CB} và *xác suất rơi các kết nối HO* P_{HD}. Việc đặt trước băng thông trong tất cả các tế bào mà thuê bao có thể đi qua là cần thiết để kết nối không bị gián đoạn. Vấn đề đặt ra là đặt trước bao nhiêu băng thông cho đủ. Trong chương này luận án đề xuất cơ chế *dự báo HO, đặt trước băng thông linh hoạt và điều khiển đăng nhập để đảm bảo xác suất rơi kết nối HO thấp hơn giá trị mong muốn* $P_{HD,Target}$ (theo thiết kế).

3.2 Xây dựng mô hình hệ thống

Việc điều khiển đăng nhập cho kết nối mới chỉ được thực hiện khi:

$$\sum_i b_i + b_{new} \le C - B_r \quad (3.1)$$

Với C là dung lượng kết nối vô tuyến, B_r là băng thông định sẵn cho HO, b_i là băng thông đang được kết nối thứ i sử dụng và b_{new} là băng thông do kết nối mới yêu cầu.

3.2.1 Kiến trúc trao đổi tin

Cơ chế định trước băng thông đề xuất ở đây dựa trên thông tin từ các tế bào lân cận, bao gồm số các kết nối đang diễn ra và băng thông yêu cầu. Có hai kiến trúc mạng là kiến trúc kết nối hình sao giữa MSC và BS, trong đó không có kết nối trực tiếp giữa các BS, và kiến trúc các BS có kết nối trực tiếp với nhau không qua MSC.

3.2.2 Mô hình hoá di chuyển

Chúng tôi nghiên cứu lưu lượng giao thông qua ví dụ:

1. Có các hạn chế tốc độ trên hầu hết các con đường, và tốc độ di chuyển thường không nhỏ hơn hoặc lớn hơn tốc độ hạn chế.
2. Tín hiệu giao thông ảnh hưởng tới việc di chuyển ở các tuyến phố.
3. Trong giờ cao điểm, tốc độ di chuyển trong một khu vực nhất định là tương quan với nhau.
4. Có thể dự báo được hướng di chuyển của các phương tiện thông qua lịch sử di chuyển trước đó.

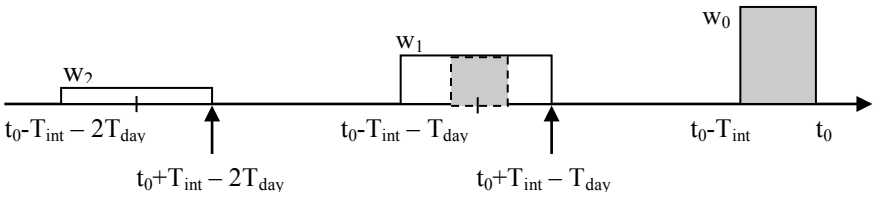
Từ những quan sát trên, chúng tôi thấy việc đáp ứng HO cho các kết nối trong cùng một tế bào tại các thời điểm khác nhau là tương tự nhau. Do đó, ta có thể dự báo tế bào tiếp theo của kết nối và ước tính thời điểm HO của nó thông qua việc giám sát trong mỗi tế bào.

3.2.3 Tính toán xác suất chuyển giao

Phần này, chúng tôi phát triển cơ chế ước tính và dự báo di chuyển. Cơ chế này được thực hiện ở BS của mỗi tế bào theo phương thức phân tán. Hàm ước tính HO tại thời điểm t_0 với bộ tham số (T_{event}, prev, next, T_{soj}) được biểu diễn như sau:

$$t_0 - T_{int} - nT_{day} \le T_{event} < t_0 + T_{int} - nT_{day} \quad (3.1)$$

T_{int} khoảng thời gian ước tính, đây là tham số thiết kế, T_{day} là khoảng thời gian trong ngày.



Hình 3.1: Cửa sổ thời gian thu được các hàm ước tính HO với N_{win_days}=2

Luận án hạn chế số các bộ tham số *(1) sử dụng cho hàm ước tính HO* và (2) *hiện tại không sử dụng cho hàm ước tính HO nhưng được ghi lại để sử dụng trong tương lai*, ví dụ các tham số trong khoảng

$t_0 + T_{int} - T_{day} < T_{event} < t_0 - T_{int}$ $t_0 + T_{int} - T_{day} < T_{event} < t_0 - T_{int}$

trong hình 3.1 để giảm bộ nhớ và tính toán phức tạp.

3.3 Thuật toán định trước băng thông và điều khiển đăng nhập

3.3.1 Định trước băng thông không thông tin di chuyển

Sử dụng lý thuyết Bayes, xác suất $p_h(C_{0,j} \rightarrow next)$ $p_h(C_{0,j} \rightarrow next)$ tại thời điểm t_0 được tính:

$$p_h(c_{0,j} \rightarrow next) := \frac{\sum_{T_{ext_soj}(c_{0,j}) < t_{soj} \le T_{ext_soj}(c_{0,j}) + T_{ext}} F_{HOE}(t_0, prev(c_{0,j}), next, t_{soj})}{\sum_{next' \in A_0} \sum_{t_{soj} > T_{ext_soj}(c_{0,j})} F_{HOE}(t_0, prev(c_{0,j}), next', t_{soj})} \quad (3.2)$$

trong đó $prev(c_{0,j})$ $prev(C_{0,j})$là tế bào có $c_{0,j}$ $C_{0,j}$cư trú trong đó trước khi di chuyển vào tế bào hiện tại, và A_i là tập các chỉ số của các tế bào bên cạnh của tế bào i.

3.3.2 Định trước băng thông với thông tin di chuyển

Một BS sử dụng hàm ước tính HO theo 2 cách: thứ nhất là phán đoán tế bào tiếp theo mà MT sẽ di chuyển tới, thứ hai là ước tính thời gian cư trú của nó trong tế bào hiện tại. Xác suất ước tính HO sẽ là:

$$p_h(c_{0,j} \rightarrow next) := \frac{\sum_{T_{ext_soj}(c_{0,j}) < t_{soj} \le T_{ext_soj}(c_{0,j}) + T_{ext}} F_{HOE}(t_0, prev(c_{0,j}), next, t_{soj})}{\sum_{t_{soj} > T_{ext_soj}(c_{0,j})} F_{HOE}(t_0, prev(c_{0,j}), next, t_{soj})}$$

$$\begin{cases} \dfrac{\sum_{T_{ext_{soj}}(C_{0,j}) < t_{soj} \le T_{ext_{soj}}(C_{0,j}) + T_{est}} F_{HOE}(t_0, prev(C_{0,j}), next, t_{soj})}{\sum_{t_{soj} > T_{ext_{soj}}(C_{0,j})} F_{HOE}(t_0, prev(C_{0,j}), next, t_{soj})}, \\ \text{if} \sum_{t_{soj} > T_{ext_{soj}}(C_{0,j})} F_{HOE}(t_0, prev(C_{0,j}), next, t_{soj}) \ne 0, \\ 0, \text{Khác} \end{cases} \quad (3.3)$$

Với $p_h(C_{0,j} \rightarrow next') := 0$, nếu $next' \ne next$ $p_h(C_{0,j} \rightarrow next') := 0, \quad \text{if } next' \ne next,$

3.3.3 Điều khiển cửa sổ ước tính thời gian di chuyển

Gọi kích thước cửa sổ tham chiếu $w\ (= \lceil 1/P_{HD,target} \rceil)$ được xác định và gán cho kích thước cửa sổ quan sát w_{obs}.

Mã giả thuật toán như sau:

01. if($w=[1/P_{HD,target}]$) then $w_{obs} := w$;
02. $T_{est} := T_{start}$; $n_H := 0$; $n_{HD} := 0$;

03. while (Thời gian tăng) {
04. if (HO ở cell hiện tại) then {
05. $n_H := n_H + 1$;
06. if (rơi kết nối) then {
07. $n_{HD} := n_{HD} + 1$;
08. if ($n_{HD} > w_{obs}/w$) then {
09. $w_{obs} := w_{obs} + w$;
10. if ($T_{est} < T_{soj,max}$) then $T_{est} := T_{est} + 1$;
11. }}
12. else if ($n_H \geq w_{obs}$) then {
13. if ($n_{HD} \leq w_{obs}/w$ and $T_{est} > 1$) then $T_{est} := T_{est} - 1$;
14. $w_{obs} := w$; $n_H := 0$; $n_{HD} := 0$;
15. }}}

Hình 3.2: Mã giả của thuật toán điều chỉnh T_{est} trong mỗi BS

3.3.4 Điều khiển đăng nhập

Sau khi tính toán băng thông định trước mong muốn theo công thức (3.1) thì thực hiện kiểm tra đăng nhập, cụ thể:

1. Kiểm tra nếu :

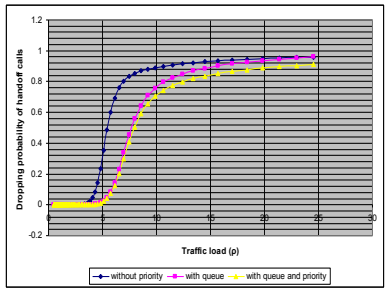
$$\sum_{j \in S_0} b(C_{0,j}) + b_{new} \leq C(0) - B_{r,0} \quad \Sigma_{j \in S_0} b(C_{0,j}) + b_{new} \leq C(0) - B_{r,0}$$

2. Nếu việc kiểm tra trên là dương, kết nối được đăng nhập

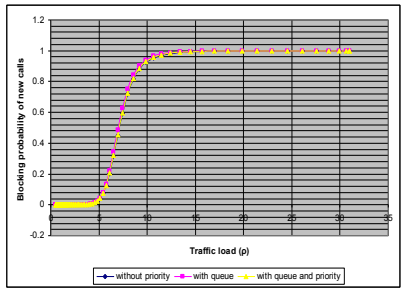
Trong đó C(0) và b_{new} lần lượt là dung lượng liên kết của tế bào 0 và băng thông của kết nối mới yêu cầu.

3.3.5 Kết quả mô phỏng

Ở hình 3.3a, khi tải tăng thì xác suất rớt cuộc gọi tăng, trong khi đó ở hình 3.3b, xác suất khóa cuộc gọi mới là không đổi. Hình 3.4 cho thấy, với số kênh bảo vệ và hàng đợi như nhau thì xác suất rớt cuộc gọi HO và khóa cuộc gọi mới đều tăng, vì tỷ lệ kênh bảo vệ cuộc gọi HO và tổng số kênh của hệ thống là giảm

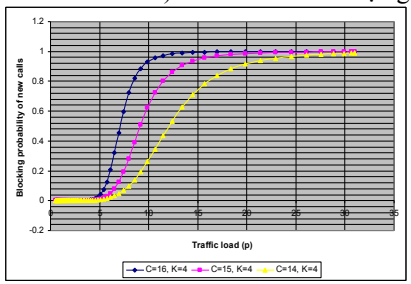


(a)

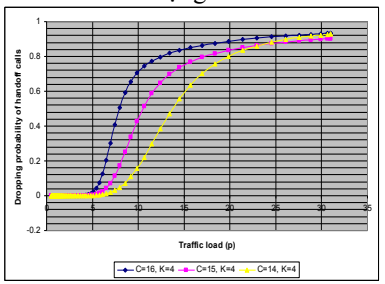


(b)

Hình 3.3: a) Xác xuất rớt cuộc gọi HO theo lưu lượng trên mỗi kênh.
b) Xác xuất khóa cuộc gọi mới theo lưu lượng trên mỗi kênh.



(a)



(b)

Hình 3.4: a) Xác suất khóa cuộc gọi mới theo lưu lượng trên mỗi kênh với C khác nhau.
b) Xác xuất rớt cuộc gọi HO theo lưu lượng trên kênh với C khác nhau.

3.4 Kết luận

Nội dung chính của chương này là dựa trên thông tin di chuyển của người dùng được cập nhật định kỳ để xây dựng cơ chế dự báo xác suất HO , từ đó đưa ra quyết định đăng ký trước băng thông cho kết nối nhằm đảm bảo QoS cam kết. Để thực hiện được nội dung nêu trên, luận án tập trung xây dựng và đánh giá *phương pháp dự báo và đặt trước băng thông linh hoạt* để điều khiển HO và thiết lập cuộc gọi mới, đảm bảo xác suất rơi cuộc gọi thấp hơn giá trị định trước.

Luận án cũng tập trung phân tích ba cơ chế điều khiển tiếp nhận cuộc gọi phụ thuộc vào việc có bao nhiêu BS liền kề tham gia vào quyết định đăng nhập một yêu cầu kết nối mới. Thông qua việc so sánh về hiệu suất và độ phức tạp của các cơ chế này, luận án đưa ra kết luận là cơ chế AC3 mang lại hiệu suất cao nhất với độ phực tập chấp nhận được.

Phương pháp dự báo HO và đặt trước băng thông này sẽ là cơ sở để xây dựng nên *phương thức quản lý HO linh hoạt* trong chương sau.

CHƯƠNG 4: XÂY DỰNG PHƯƠNG THỨC QUẢN LÝ CHUYỂN GIAO LINH HOẠT

4.1 Mở đầu

Khi HO, các ứng dụng khác nhau sẽ bị ảnh hưởng khác nhau. Để hiểu được ảnh hưởng của HO lên ứng dụng di động, dựa trên yêu cầu quản lý di động, luận án phân chúng thành 5 loại khác nhau là A, B, C, D, và E. Ảnh hưởng của HO lên các lớp ứng dụng khác nhau được phân tích tại chương 2, thể hiện thông qua tham số *Trễ HO và kết cuối; Tính trong suốt của lớp giao vận; Bảo mật; Tiêu thụ năng lượng và hiệu suất mạng.*

4.2 Phân tích hiệu suất của giao thức định tuyến cho MANETs

4.2.1 Xu hướng nghiên cứu trong thời gian gần đây

Kết quả khảo sát về các giao thức định tuyến được đề xuất để cải thiện hiệu suất cho MANET trong giai đoạn 2011 – 2020, được công bố trên cơ sở dữ liệu của Thư viện số Xplore cho thấy khoảng 80% giao thức định tuyến đã được đề xuất trong mười năm gần đây dựa trên những cải tiến từ các giao thức truyền thống. Kết quả khảo sát cũng cho thấy hầu hết các giao thức định tuyến mới được đề xuất đều dựa trên những cải tiến từ các giao thức định tuyến truyền thống đã biết.

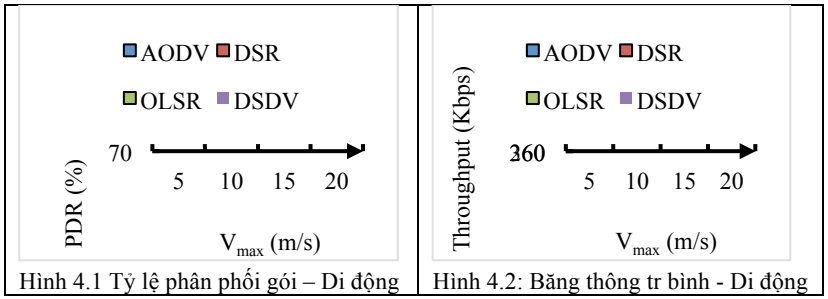
4.2.2 Các giao thức định tuyến truyền thống

Bao gồm (i) *Giao thức định tuyến theo nhu cầu* hoạt động theo nguyên tắc là bất cứ khi nào cần dữ liệu, nút nguồn sẽ khám phá và tìm đường đến nút đích; và (ii) *Giao thức định tuyến chủ động* sử dụng bảng định tuyến để xác định tuyến đến tất cả các nút trong mạng. Các nút được cập nhật thường xuyên với thông tin định tuyến về kiến trúc mạng và trạng thái liên kết để làm mới bảng định tuyến.

4.2.3 Mô phỏng và phân tích kết quả

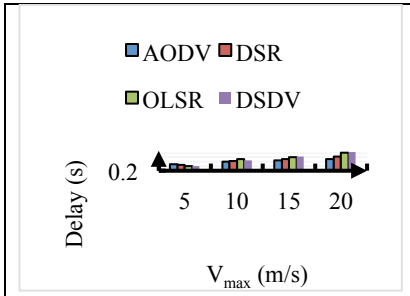
Bảng 4.1: Tham số mô phỏng

Tham số	**Giá trị**
Vùng mô phỏng	1000m×1000m
Số nút	200
Thời gian	600 (s)
Loại lưu lượng	CBR
Băng thông	2 (Mbit/s)
Kích thước gói	512 (byte)
MAC Layer	802.11
Transport Layer	UDP
Mô hình di động	Random Way Point
Tốc độ di chuyển	[5-20] (m/s)
Phạm vi truyền	150 (m)

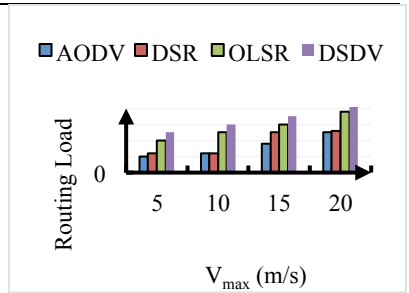


Hình 4.1 Tỷ lệ phân phối gói – Di động

Hình 4.2: Băng thông tr bình - Di động



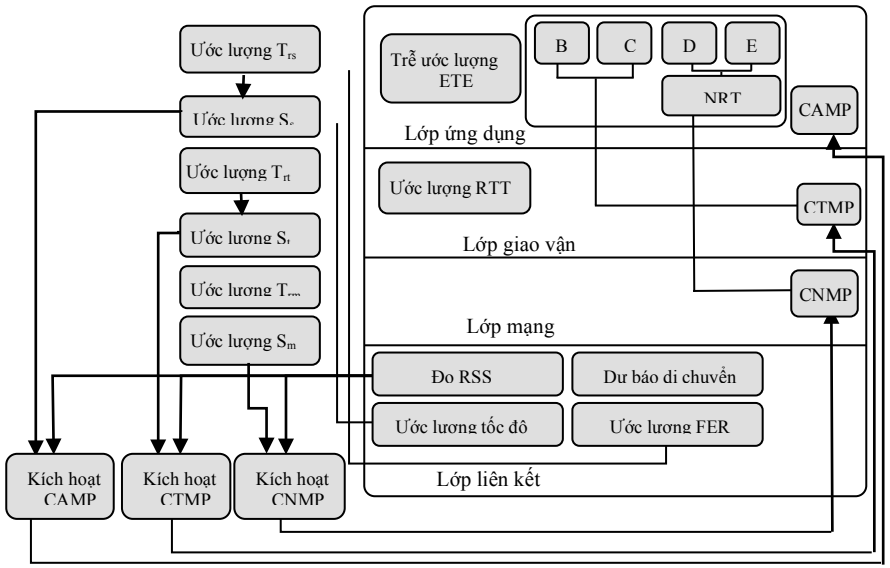
Hình 4.3: Trễ trung bình - Di động



Hình 4.4: Tải định tuyến chuẩn hóa – Di động

Kết quả mô phỏng cho thấy, trong môi trường MANET, các đặc tính di động của các nút mạng có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu năng hệ thống. Khi các nút di chuyển với vận tốc cao, các liên kết có xác suất ngắt cao hơn, bởi vì các tuyến có thể được định tuyến lại và các gói dữ liệu được truyền lại ngày càng nhiều. Do đó, tỷ lệ phân phối gói (Hình 4.1) và thông lượng (Hình 4.2) sẽ giảm nhanh trong khi độ trễ (Hình 4.3) và tải định tuyến (Hình 4.4) sẽ nhanh chóng tăng.

4.3 Giải pháp Quản lý chuyển giao linh hoạt (AMMS)



Hình 4.5: Cấu trúc của AMMS

Hình 4.5 minh họa cấu trúc của AMMS. NRT là các ứng dụng không thời gian thực lớp D và E, còn RT là các ứng dụng thời gian thực lớp D

và E. Như hình 4.5, việc sử dụng thông tin từ các lớp khác nhau cho phép hoạt động xuyên suốt giữa các lớp trong các giao thức quản lý di động.

- Giao thức quản lý di động lớp ứng dụng (CAMP): Sử dụng đối với các ứng dụng thời gian thực lớp D và E. τ_{rs} (Trễ đăng ký địa chỉ của SIP) sử dụng FER, công nghệ truy nhập lớp kết nối, và thông tin trễ kết cuối (ETE) như trình bày ở mục 4.3.1.6. CAMP khởi động các thủ tục HO khi RSS do MH thu được từ BS bé hơn S_s.
- Giao thức quản lý di động lớp vận chuyển (CTMP): sử dụng cho các ứng dụng lớp B và C. τ_{rt} (Trễ đăng ký địa chỉ khi dùng TCP-M) sử dụng FER, công nghệ truy nhập lớp kết nối. CTMP khởi động các thủ tục HO khi RSS do MH thu được từ BS bé hơn S_t.
- Giao thức quản lý di động lớp mạng (CNMP): sử dụng cho các ứng dụng không thời gian thực lớp D và E. τ_{rm} (Trễ đăng ký địa chỉ khi dung MIP). CNMP khởi động các thủ tục HO khi RSS do MH thu được từ BS bé hơn S_m

4.4 Phân tích mô hình đánh giá hiệu suất của AMMS

Cơ chế AMMS bắt đầu xử lý HO trước khi MH đi vào vùng giao nhau giữa OBS và NBS, ở đây chúng tôi giả sử MH sẽ di chuyển vào BS dự báo trước, trường hợp này có thể xảy ra các tình huống sau:

Trường hợp 1: Dự báo NN không chính xác, nghĩa là MH di chuyển vào BS khác với BS dự báo. MH ghi nhận dự báo BS không thành công bằng việc so sánh ID của NBS (MH ghi nhận ID của NBS thông qua các bản tin quảng bá BS nó nhận được sau khi đi vào vùng giao nhau giữa OBS và NBS) với ID của BS dự báo.

Trường hợp 2: MH di chuyển vào BS do khối dự báo di chuyển đưa ra. Ký hiệu xác suất xảy ra trường hợp này là p_{c2}, tức là xác suất dự báo NN thành công. Khi đó: $p_{c2}=1-p_{c1}$

Trong trường hợp 2, có thể xảy ra các tình huống sau:

i) Quá trình MH đăng nhập và đăng ký địa chỉ IP của CAMP được hoàn thành trước khi MH đi vào vùng giao nhau. Gọi P_e là xác suất xảy ra khả năng này, ta có:

$$p_e = p(t < \tau_{rs}) \tag{4.1}$$

Với τ_{rs} là thời gian cần thiết để đăng ký địa chỉ, t là thời gian để MH di chuyển từ P tới Q. Ta có:

$$f_{i(t)} = \begin{cases} \dfrac{L-d}{\theta\sqrt{v^2t^2-(L-d)^2}}, & \dfrac{L-d}{v} < t < \dfrac{\sqrt{b^2+(L-d)^2}}{v} \\ 0 \qquad otherwire \end{cases} \tag{4.2}$$

Với $\theta = \arctan(\dfrac{b}{l-d})$, $b = \dfrac{a}{2} + \dfrac{d}{\sqrt{3}}$, L là khoảng cách từ P tới S, d là độ dài của vùng giao nhau, v là tốc độ di chuyển của M.

Trễ HO của trường hợp này là:

$$T_{he} = \frac{L}{v} - \tau_{rs} + \tau_d + \tau_l \tag{4.3}$$

ii) Hoàn thành việc đăng ký địa chỉ sau khi MH đi vào vùng giao nhau. Ký hiệu p_u là xác suất xảy ra trường hợp này, và trễ tương ứng là T_{hu}. Trường hợp này có thể xảy ra 3 tình huống sau:

+ Việc đăng ký địa chỉ hoàn thành trong khi dò tìm hướng di chuyển. Ký hiệu p_{u1} là xác suất xảy ra trường hợp này, khi đó

$$p_{u1} = p\left(\frac{L-d}{v} < t < \frac{L-d}{v} + \tau_d\right) \tag{4.4}$$

Trễ HO là :

$$T_{u1} = \tau_l + \frac{L-d}{v} + \tau_d - \tau_{rs} \tag{4.5}$$

+ Việc đăng ký địa chỉ hoàn thành sau khi dò tìm hướng di chuyển nhưng trước khi hoàn thành HO L2. Ký hiệu p_{u2} là xác suất xảy ra trường hợp này, khi đó:

$$p_{u2} = p\left(\frac{L-d}{v} + \tau_d < t < \frac{L-d}{v} + \tau_d + \tau_l\right) \tag{4.6}$$

Trễ HO là:

$$T_{u2} = \tau_l \tag{4.7}$$

+ Việc đăng ký địa chỉ hoàn thành sau khi hoàn thành HO L2. Ký hiệu p_{u3} là xác suất xảy ra trường hợp này, khi đó:

$$p_{u3} = p\left(\frac{L-d}{v} + \tau_d + \tau_l < t < \frac{L}{v}\right) \tag{4.8}$$

Trễ HO là :

$$T_{u3} = \tau_{rs} - \frac{L-d}{v} - \tau_d \tag{4.9}$$

4.5 Kết luận chương 4

Chương này, chúng tôi đề xuất *giải pháp AMMS - sử dụng các giao thức khác nhau cho các lớp ứng dụng khác nhau, và phù hợp với cấu trúc mạng truy cập trong quản lý di động*. Qua đó hiệu suất quản lý HO sẽ

được cải thiện dựa trên bộ tham số HO sử dụng cho các lớp ứng dụng đó. Việc sử dụng giao thức HO sẽ phụ thuộc vào đặc tính của ứng dụng và cấu trúc mạng truy cập.

Như vậy, giải pháp AMMS này có hai ưu điểm nổi bật đó là: (1) Phát triển được ứng dụng hỗ trợ tính di động thích ứng, và (2) Cải thiện hiệu suất HO thông qua sự tương tác giữa các lớp, và cấu trúc mạng truy cập.

KẾT LUẬN

Mục tiêu của bài toán Tối ưu hóa quản lý HO trong mạng vô tuyến hỗn hợp băng rộng đa dịch vụ là xây dựng được giải pháp quản lý HO mới, linh hoạt cho các loại ứng dụng sử dụng đồng thời, đáp ứng các yêu cầu về QoS và năng lượng tiêu thụ mà không phụ thuộc vào sự di chuyển của thuê bao. Luận án thực hiện khảo sát các công trình nghiên cứu trước đây về lĩnh vực quản lý di động trong mạng di động nói chung và BcN nói riêng ở chương 1 và cho thấy, nhiều công nghệ vô tuyến khác nhau (LTE, 5G, NB-IOT, WLAN, MANETs...) cùng tồn tại trong hạ tầng mạng di động, cùng cung cấp các dịch vụ tương tự nhau (thoại, video, data,...). Vấn đề đặt ra là làm thế nào để khai thác hiệu quả hạ tầng mạng đã đầu tư mà vẫn đáp ứng nhu cầu sử dụng dịch vụ đa dạng, chất lượng, mọi lúc, mọi nơi của người dùng.

Luận án đã phân tích và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tới chất lượng dịch vụ khi HO, mức độ ảnh hưởng của các loại giao thức tới các loại ứng dụng khác nhau, tương quan giữa năng lượng tiêu thu và hiệu suất mạng, từ đó rút ra được các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu suất HO của một giao thức quản lý di động đó là *(i) Xác suất thất lạc gói tin số liệu; (ii) Độ trễ báo hiệu và truyền bản tin kết cuối; (iii) Các công nghệ truy cập lớp kết nối; (iv) Loại ứng dụng; (v) Năng lượng tiêu thụ và hiệu suất mạng.*

Các kết quả đạt được của luận án:

1. Phân tích và đánh giá hiệu suất quản lý di động cho nhiều loại ứng dụng khác nhau (A,B,C,D,E) của các giao thức đã đề xuất như MIP, TCP-M, SIP. Từ đó chứng minh được các định lý liên quan tới việc *thất lạc gói tin* và *độ trễ trung bình*, làm tiền đề xác định các yếu tố cơ bản ảnh hưởng tới QoS khi HO, đó là: *xác suất gói tin bị thất lạc; độ trễ truyền tin; và trung bình độ trễ truyền bản tin báo hiệu*.

2. Đề xuất giao thức định tuyến theo yêu cầu - EEMA cho MANETs. EEMA chọn tuyến tối ưu cho HO dựa trên: số bước nhảy và hàm chi phí, và cân đối giữa trễ và năng lượng tiêu thụ.

3. Dựa trên các yếu tố cơ bản ảnh hưởng tới QoS khi HO và sử dụng lý thuyết Bayes để tính toán *xác suất HO* P_b. Xây dựng cơ chế *đặt trước băng thông* cho các ứng dụng có P_b lớn hơn ngưỡng HO, nhằm duy trì QoS cho các ứng dụng này.

4. Đề xuất một giao thức định tuyến theo yêu cầu cho MANETs, gọi là A_WCETT để cải thiện hiệu năng mạng. Giao thức này được cải tiến từ AODV, hoạt động đa kênh và dựa trên tác tử di động.

5. Đề xuất giải pháp *quản lý HO linh hoạt* (AMMS) nhằm khai thác hiệu quả tài nguyên mạng, đáp ứng yêu cầu QoS và mức tiêu thụ năng lượng cho các loại ứng dụng A,B,C,D,E. Phương án này loại trừ được các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ như lỗi khung (FER), xác suất mất số liệu, trễ báo hiệu HO. Như vậy phương pháp AMMS này có hai ưu điểm nổi bật đó là: (1) *Phát triển được ứng dụng hỗ trợ tính di động thích ứng*, và (2) *Cải thiện hiệu suất HO thông qua sự tương tác giữa các lớp*.

Trong thời gian thực hiện luận án, chúng tôi đã công bố một số công trình nghiên cứu trên các hội nghị, tạp chí trong và ngoài nước. Các công trình này được liệt kê tại phần DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ, và được sử dụng trong việc hoàn thành luận án tiến sĩ này.

HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

Đối với cơ chế điều khiển đăng nhập dựa trên các mức ưu tiên được trình bày trong luận án mới là bước đầu trong việc xây dựng một thuật toán điều khiển HO liên mạng, trong tương lai phân tích toán học và mô phỏng sẽ được phát triển cho hệ thống với môi trường di động không đồng nhất, các lưu lượng hỗn hợp được tạo ra từ các nguồn lưu lượng di động với tốc độ di chuyển thay đổi (mô phỏng với các môi trường như đường cao tốc hay trong một khu công nghiệp- tốc độ người đi bộ).

Cơ chế điều khiển đăng nhập kết hợp với SLA đã đề xuất biện pháp điều khiển dựa trên điều khiển các bộ đệm phụ thêm cho các mức SLA, trong tương lai sẽ phát triển phương pháp thống nhất tham số SLA toàn hệ thống (SLA giữa mạng-mạng và người sử dụng-mạng) để đảm bảo hỗ trợ tối đa giữa các mức.

Đảm bảo chất lượng dịch vụ trong mạng lõi là vấn đề lớn còn rất nhiều tồn tại. Tuy đã đề xuất biểu diễn toán học đối với môi trường hỗn hợp, nhưng khả năng áp dụng để điều khiển mạng là khó khăn do yêu cầu năng lực tính toán cao và thời gian tính toán dài. Trong tương lai phương pháp rút gọi toán học với một số các điều kiện biên để giảm tính hỗn hợp của nguồn lưu lượng sẽ được nghiên cứu.

Chúng tôi cũng sẽ tập trung nghiên cứu vấn đề bảo mật khi chia sẻ thông tin giữa các lớp mạng và lựa chọn các giao thức HO cho các lớp ứng dụng, đánh giá hiệu suất của AMMS dựa trên mức độ di động cao hơn.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ

1. Lê Ngọc Hưng, Nguyễn Xuân Quỳnh, "*Nhận dạng và phân lớp các yếu tố ảnh hưởng tới điều khiển chuyển vùng",* Hội nghị FAIR lần 10, tháng 8/2017, Đà Nẵng.
2. Dzung Van DINH, Byeong-Nam YOON, Hung Ngoc LE, Uy Quoc NGUYEN, Khoa Dang PHAN, Lam Dinh PHAM, "*ICT Enabling Technologies for Smart Cities",* 2018 20th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), IEEE, Feb. 2018, Korea.
3. Vu Khanh Quy[1], Le Ngoc Hung[2], Nguyen Dinh Han[3] , "CEPRM: A Cloud-assisted Energy-Saving and Performance-Improving Routing Mechanism for MANETs" JCM 15 Nov. 2019.
4. Ngoc Hung Le, "An approach to handover bandwidth reservation in the wireless Future Convergence Network", IEEE/NICS Dec.2019.
5. Vu Khanh Quy, Le Ngoc Hung, "A Trade-off between Energy Efficient and High-Performance in Routing for Mobile Ad hoc Networks", JCM Mar. 2020
6. Le Ngoc Hung, Vu Khanh Quy, " A Review: Performance Improvement Routing Protocols for MANETs", JCM May 2020.