ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

ĐINH THỊ NGỌC ANH

NGHIÊN CỨU VỀ GIẢI PHÁP TÍCH HỢP MANET VỚI INTERNET SỬ DỤNG GIAO THỨC MOBILE IP

LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Hà Nội - 2016

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

ĐINH THỊ NGỌC ANH

NGHIÊN CỨU VỀ GIẢI PHÁP TÍCH HỢP MANET VỚI INTERNET SỬ DỤNG GIAO THỨC MOBILE IP

Ngành: Công nghệ thông tin
Chuyên ngành: Truyền dữ liệu và Mạng máy tính
Mã số:

LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: Tiến sĩ Lê Anh Ngọc

Hà Nội - 2016

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Các số liệu có nguồn gốc rõ ràng tuân thủ đúng nguyên tắc và kết quả trình bày trong luận văn được thu thập được trong quá trình nghiên cứu là trung thực chưa từng được ai công bố trước đây.

Hà Nội, tháng 10 năm 2016

Tác giả luận văn

Đinh Thị Ngọc Anh

MỤC LỤC

Trang

Trang phụ bìa.....
Lời cam đoan.....
Mục lục .....
Danh mục các chữ viết tắt .....
Danh mục các bảng.....
Danh mục các hình vẽ .....
MỞ ĐẦU 1
CHƯƠNG 1.TỔNG QUAN VỀ MANET VÀ MOBILEIP..... 3
1.1. Giới thiệu chung về mạng MANET 3
1.1.1. Khái niệm cơ bản..... 3
1.1.2. Lịch sử phát triển..... 4
1.2. Đặc điểm của mạng MANET 4
1.3. Kiểu kết nối và cơ chế hoạt động 5
1.3.1. Các kiểu kết nối topo mạng 5
1.3.2. Chế độ hoạt động..... 6
1.4. Phân loại mạng MANET 7
1.4.1. Theo giao thức 7
1.4.2. Theo chức năng 8
1.5. Phân loại các giao thức định tuyến trong mạng MANET 9
1.5.1. Giao thức định tuyến theo bảng ghi (Table-Driven Routing Protocol)..... 11
1.5.2.Giao thức định tuyến điều khiển theo yêu cầu (On-Demand Routing Protocol) . 11
1.5.3.Giao thức định tuyến kết hợp (Hybrid Routing Protocol)..... 12
1.6. Một số giao thức định tuyến cơ bản trên mạng MANET..... 12
1.6.1. Giao thức DSDV(Destination Sequence Distance Vector)..... 12
1.6.2. Giao thức định tuyến AODV (Ad Hoc On Demand Distance Vector)..... 13
1.6.2.1. Cơ chế khám phá tuyến (Route Discovery) 13
1.6.2.2. Cơ chế duy trì thông tin định tuyến..... 16
1.7. Mobile IP và quản lý di động 16
1.7.1. Tổng quan về giao thức Mobile IP 16
1.7.2. Định tuyến tam giác TR (Triangular Routing)..... 19
1.7.3 Foreign Agents - FA..... 20
1.7.4. NAT và Mobile IP 20
1.7.5. Forwarding..... 21
1.8. Các vấn đề phát sinh khi tích hợp MANET với INTERNET 21
1.8.1. Truyền thông đa bước..... 21
1.8.2. Định tuyến theo yêu cầu 23

Kết luận chương 1 23
CHƯƠNG 2. CÁC GIẢI PHÁP TÍCH HỢP MANET VỚI INTERNET 25
2.1. Các giải pháp tích hợp MANET với INTERNET 25
2.1.1. Giải pháp chủ động 26
2.1.1.1. Giải pháp MEWLANA 26
2.1.1.2. Giải pháp ICFIANET 26
2.1.2. Giải pháp theo yêu cầu 27
2.1.2.1. Giải pháp MMTHWMN 27
2.1.2.2 Giải pháp CGAMANET 27
2.1.3. Giải pháp lai 28
2.1.3.1 Giải pháp ANETMIP 28
2.1.3.2. Giải pháp MIPMANET 28
2.1.3.3. Giải pháp GCIPv4MANET 28
2.1.3.4. Giải pháp ICAMNET 28
2.1.3.5. Giải pháp MIPANETIIE 29
2.1.3.6. Giải pháp GCIPv6MANET 29
2.1.3.7. Giải pháp HAICMANET 29
2.1.3.8. Giải pháp DMIPRANET 30
2.1.3.9. Giải pháp IntMIPOLSR 30
2.1.3.10. So sánh các giải pháp tích hợp 30
2.2. Tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP (MIPMANET) 36
2.2.1. Cách thức hoạt động của Mobile IP trong MANET 36
2.2.1.1. Quảng cáo tác nhân định kỳ 36
2.2.1.2. Chào mời tác nhân 38
2.2.1.3. Phát hiện di chuyển 41
2.2.1.4. Thuật toán MIPMANET ECS 42
2.2.1.5. Đăng ký và vận chuyển gói dữ liệu 42
2.2.1.6. Giải pháp thích ứng 43
2.2.2. Các điều chỉnh để Mobile IP hoạt động tốt hơn trong MANET 43
2.2.2.1. Quảng cáo tác nhân định kỳ 43
2.2.2.2. Chào mời tác nhân 44
2.2.2.3. Phát hiện di chuyển 45
2.2.2.4. Đăng ký và vận chuyển gói dữ liệu 46
2.2.2.5. MIPMANET Interworking Unit 47
2.2.3. Sử dụng AODV cho MIPMANET 48
2.2.3.1. Quảng bá đường hầm 48
2.2.3.2 Thời gian 49
Kết luận chương 2 50

CHƯƠNG 3.MÔ PHỎNG TÍCH HỢP MANET VỚI INTERNET SỬ DỤNG GIAO THỨC MOBILE IP 51
3.1. Giới thiệu và thiết lập mô phỏng mạng MANET trong NS2 51
3.1.1. Giới thiệu NS2 51
3.1.2.Tạo các nút di động trong MANET 52
3.1.3. Hoạt động của nút di động 53
3.1.4. Cấu hình nút di động trong NS2 54
3.1.5. Tạo sự di chuyển của nút trong NS 55
3.1.6. Tạo kênh vô tuyến trong MANET 56
3.1.6.1. Mô hình FreeSpace 56
3.1.6.2. Mô hình Two Ray Ground 56
3.1.6.3. Mô hình Shadowing 56
3.1.7. Tạo ngữ cảnh chuyển động 57
3.1.8. Tạo diện tích mô phỏng 57
3.1.9. Tạo các thực thể giao thức và các nguồn sinh lưu lượng 57
3.1.10. Tạo các dạng chuyển động theo mẫu 58
3.2. Mô hình mô phỏng cho kết nối MANET với INTERNET 60
3.2.1. Mô tả 60
3.2.2. Thiết lập các thông số mô phỏng 62
3.2.3. Các tham số cố định 63
3.3. Tiến hành mô phỏng, nhận xét kết quả 63
3.3.2. Các độ đo được dùng đánh giá hiệu năng 65
3.3.3. Kết quả mô phỏng 65
Kết luận chương 3 67
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 68
1. Kết luận 68
2. Kiến nghị 68
TÀI LIỆU THAM KHẢO 69
PHỤ LỤC 71
1. Kịch bản TCL thực hiện mô phỏng cho mạng MANET 71
2. Kịch bản AWK phân tích kết quả mô phỏng 78

BẢNG KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Ý nghĩa
MANET	Mobile Ad Hoc Network
DSDV	Destination Sequenced Distance Vector
TORA	Temporally Ordered Routing Algorihm
DSR	Dynamic Source Routing
AODV	Ad Hoc On-Demand Distance Vector
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
IETF	INTERNET Engineering Task Force
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
LSA	Link State Advertisment
LSDB	Link State Database
WRP	Wireless Routing Protocol
GSR	Global State Routing
CBRP	Cluster Based Routing Protocol
ZPR	Zone Routing Protocol
ZHLS	Zone-based Hierarchical Link State Routing Protocol
RREQ	Route Request
RREP	Route Reply
RRER	Route Error
DCF	Distributed Coordination Function
TTL	Time To Live
IWU	Interworking Unit

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 3.1. Các tham số của mô hình Random Waypoint..... 60
Bảng 3.2. Các tham số Các tham số cố định trong mô phỏng..... 63

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1. Minh họa mạng MANET 3
Hình 1.2. Biểu đồ mạng MANET 4
Hình 1.3. Mạng máy chủ di động 5
Hình 1.4. Hình minh hoạ mạng có các thiết bị di động không đồng nhất. 6
Hình 1.5. Chế độ IEEE-Ad Hoc 6
Hình 1.6. Chế độ cơ sở hạ tầng. 7
Hình 1.7. Singal-hop 7
Hình 1.8. Multi-hop 8
Hình 1.9. Mô hình mạng phân cấp 9
Hình 1.10. Mô hình mạng Aggregate. 9
Hình 1.11. Phân loại các giao thức định tuyến trong mạng Ad Hoc. 11
Hình 1.12. Các trường trong gói tin RREQ 14
Hình 1.13. Các trường trong gói tin RREP 16
Hình 1.14. Cách thức gửi gói tin khi MN ở mạng ngoài 18
Hình 1.15. Định tuyến tam giác 19
Hình 1.16. MN sử dụng địa chỉ IP của FA làm CoA 20
Hình 1.17. Faold gửi gói tin đến FAnew 21
Hình 1.18. Nút thăm thay đổi kết nối link-layer 22
Hình 2.1. Phân loại các giải pháp tích hợp dựa vào thủ tục khám phá cổng 25
Hình 2.2. Giao thức mở rộng dung lượng mobile IP trong mạng Ad Hoc 26
Hình 2.3. Kiến trúc mạng tích hợp 29
Hình 2.4. Kiến trúc mạng OLSR-IP 30
Hình 2.5. Vùng phủ sóng của FA1 và FA2 với TTL có giá trị bằng 3 38
Hình 2.6. Ba nút thăm không thể liên lạc được với FA thông qua chào mời tác nhân của chúng 39
Hình 2.7. Ba nút đến thăm điều phối chào mời tác nhân của chúng 40
Hình 2.8. Nút trung gian trả lời với quảng cáo tác nhân lưu trữ 40
Hình 2.9. Sử dụng quảng cáo tác nhân lưu trữ trong khi FA không còn truy cập được..... 41
Hình 2.10. Hạn chế khi một nút không chuyển sang FA gần hơn 42
Hình 2.11. Minh họa của thuật toán MANET Cell Switching. 46
Hình 2.12. MIPMANET Interworking Unit 47
Hình 2.13. Thiết lập đường truyền sử dụng đường hầm broadcast 48
Hình 2.14. Gói tin đường hầm broadcast. 49
Hình 3.1. Cấu trúc của NS2. 51
Hình 3.2. Cấu tạo nút di động mô phỏng trong NS2. 52

Hình 3.3. Các mô hình truyền thông trong NS2. 58
Hình 3.4. Di chuyển của một nút theo mô hình Random Waypoint. 59
Hình 3.5. Hình ảnh mô phỏng các nút di động kết nối với HA..... 61
Hình 3.6. Các nút di động di chuyển về phía FA. 61
Hình 3.7. Thực thi awk script để phân tích kết quả file trace. 66
Hình 3.8. Biểu đồ thông lượng dữ liệu trung bình. 66
Hình 3.9. Biểu đồ trễ đầu cuối trung bình của các gói dữ liệu. 67

MỞ ĐẦU

INTERNET từ khi ra đời đến nay luôn đóng một vai trò quan trọng trong đời sống xã hội, nó tác động đến mọi mặt, mọi lĩnh vực trong đời sống. Xã hội càng phát triển thì vai trò của INTERNET càng được thể hiện rõ hơn. Theo thời gian, INTERNET ngày càng được cải tiến và nâng cao cả về tốc độ, dung lượng đường truyền cũng như công nghệ kết nối. Đặc biệt, với sự ra đời của công nghệ kết nối không dây cùng với ưu điểm của nó đã giúp cho mô hình mạng không dây ngày càng được áp dụng phổ biến. Mạng di động không dây được chia thành hai kiểu mạng: Mạng sử dụng cơ sở hạ tầng và mạng không có cơ sở hạ tầng. Mạng không có cơ sở hạ tầng còn được gọi là mạng tùy biến di động – MANET (Mobile Ad Hoc Network).

Mạng MANET là một hệ thống tự trị mà máy chủ di động được kết nối bằng đường vô tuyến và có thể di chuyển tự do, thường hoạt động như một router, nhưng nó giới hạn vùng phủ sóng và việc kết nối của nó bị giới hạn trong ranh giới mạng tùy biến di động. Mặt khác, Sự phát triển của INTERNET cùng với các dịch vụ và ứng dụng của nó và xu hướng mạng không dây thế hệ thứ tư (4G) hướng tới All- IP network dẫn đến việc đòi hỏi cao hơn trong việc cho phép các nút mạng tùy biến di động kết nối với INTERNET cùng sử dụng các dịch vụ và ứng dụng của nó. Vì vậy, vấn đề đặt ra đó là làm sao khi một node di chuyển giữa các mạng MANET mà vẫn duy trì được kết nối INTERNET, đảm bảo cho việc truyền dữ liệu cũng như các ứng dụng vẫn hoạt động bình thường.

Giao thức Mobile IP và các giao thức IP micromobility cho phép một nút di động truy cập INTERNET và thay đổi điểm truy cập của mình mà không bị mất kết nối. Đối với Mobile IP các nút di động cần ở trong phạm vi vùng phủ sóng của các điểm truy cập và cần phải có một kết nối trực tiếp với nó.

Xuất phát từ những vấn đề trên, em chọn đề tài "**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP TÍCH HỢP MANET VỚI INTERNET SỬ DỤNG GIAO THỨC MOBILE IP**" nhằm nghiên cứu các giải pháp tích hợp MANET với INTERNET và nghiên cứu cụ thể giải pháp tích hợp MIPMANET tức là các nút trên mạng có dây sử dụng giao thức Mobile IP để vận chuyển gói tin, khi gói tin đến FA, FA sẽ chuyển gói tin đến nút đích trong mạng Ad Hoc sử dụng giao thức AODV.

Luận văn gồm có phần mở đầu, kết luận và 03 chương, cụ thể như sau:

Chương 1. Tổng quan về MANET và MOBILE IP

Nghiên cứu các cơ sở lý thuyết về mạng MANET, những đặc điểm chính, cơ chế hoạt động, các giao thức định tuyến và phân loại các giao thức định tuyến trong mạng MANET, các đặc điểm và hoạt động của giao thức Mobile IP

Chương 2. Các giải pháp tích hợp MANET với INTERNET

Nghiên cứu, phân tích và so sánh các giải pháp tích hợp MANET với INTERNET.

Nghiên cứu chi tiết giải pháp tích hợp MIPMANET

Chương 3. Mô phỏng tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP

Giới thiệu về bộ công cụ mô phỏng NS-2 và các bước sử dụng NS2 cho mô phỏng mạng MANET.

Tiến hành cài đặt, mô phỏng trên NS-2 và đánh giá kết quả mô phỏng khi tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP.

CHƯƠNG 1.TỔNG QUAN VỀ MANET VÀ MOBILEIP

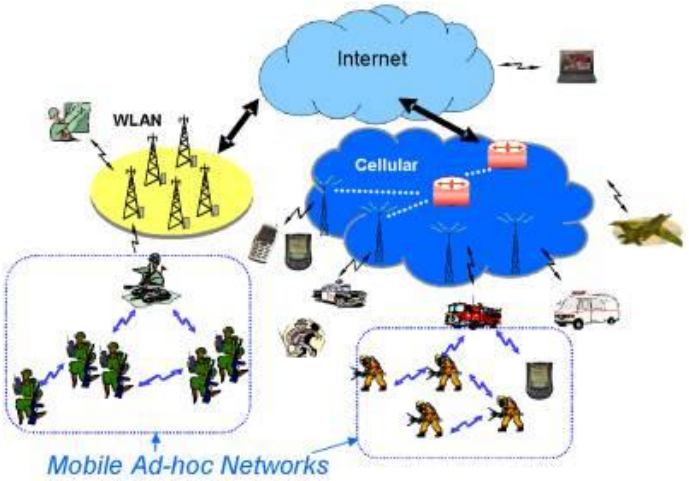
1.1. Giới thiệu chung về mạng MANET

1.1.1. Khái niệm cơ bản

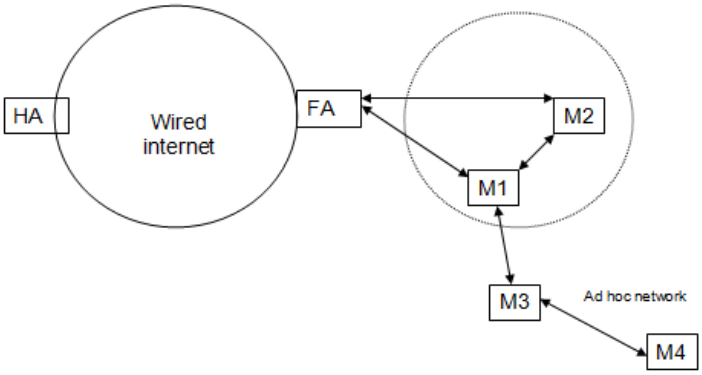
Các thiết bị di động như các máy tính xách tay, với đặc trưng là công suất CPU, bộ nhớ lớn, dung lượng đĩa hàng trăm gigabyte, khả năng âm thanh đa phương tiện và màn hình màu đã trở nên phổ biến trong đời sống hàng ngày và trong công việc. Đồng thời, các yêu cầu kết nối mạng để sử dụng các thiết bị di động gia tăng đáng kể, bao gồm việc hỗ trợ các sản phẩm mạng vô tuyến dựa trên vô tuyến hoặc hồng ngoại ngày càng nhiều. Với kiểu thiết bị điện toán di động này thì giữa những người sử dụng di động luôn mong muốn có sự chia sẻ thông tin.

Một mạng tuỳ biến là một tập hợp các thiết bị di động hình thành nên một mạng tạm thời mà không cần sự trợ giúp của bất kỳ sự quản lý tập trung hoặc các dịch vụ hỗ trợ chuẩn nào thường có trên mạng diện rộng mà ở đó các thiết bị di động có thể kết nối được. Các node được tự do di chuyển và thiết lập nó tuỳ ý. Do đó, topo mạng không dây có thể thay đổi một cách nhanh chóng và không thể dự báo. Nó có thể hoạt động một mình hoặc có thể được kết nối tới INTERNET.

Vậy MANET (Mobile Ad Hoc NETwork) là một tập hợp của những node mạng không dây, những node này có thể được thiết lập tại bất kỳ thời điểm và tại bất cứ nơi nào. Mạng MANET không dùng bất kỳ cơ sở hạ tầng nào. Nó là một hệ thống tự trị mà máy chủ di động được kết nối bằng đường vô tuyến và có thể di chuyển tự do, thường hoạt động như một router.



Hình 1.1. Minh họa mạng MANET



Hình 1.2. Biểu đồ mạng MANET

1.1.2. Lịch sử phát triển

Mobile Ad-hoc Network - MANET trước đây còn được gọi là mạng vô tuyến gói, và được tài trợ, phát triển bởi DARPA trong đầu thập niên 1970. Sau đó một mạng mới: SUSAN (Adaptive Survivable Network) đã được đề xuất bởi DARPA vào năm 1983 để hỗ trợ một mạng quy mô lớn hơn, mạnh mẽ hơn. Thời gian này, Ad-hoc đã được sử dụng để mô tả một loại mạng như tiêu chuẩn IEEE802.11.

Mobile Ad-hoc Network đã được định nghĩa bởi IETF.

1.2. Đặc điểm của mạng MANET

Thiết bị tự trị đầu cuối (Autonomous terminal): Trong MANET, mỗi thiết bị di động đầu cuối là một node tự trị. Nó có thể mang chức năng của host và router. Bên cạnh khả năng xử lý cơ bản của một host, các node di động này có thể chuyển đổi chức năng như một router. Vì vậy, thiết bị đầu cuối và chuyển mạch là không thể phân biệt được trong mạng MANET.

Phân chia hoạt động (Distributed operation): Vì không có hệ thống mạng nền tảng cho trung tâm kiểm soát hoạt động của mạng nên việc kiểm soát và quản lý hoạt động của mạng được chia cho các thiết bị đầu cuối. Các node trong MANET đòi hỏi phải có sự phối hợp với nhau. Khi cần thiết các node hoạt động như một relay để thực hiện chức năng của mình. Ví dụ như bảo mật và định tuyến.

Định tuyến đa đường: Thuật toán định tuyến không dây cơ bản có thể định tuyến một chặng và nhiều chặng dựa vào các thuộc tính liên kết khác nhau và giao thức định tuyến. Singalhop MANET đơn giản hơn multihop ở vấn đề cấu trúc và thực hiện với chi phí thấp và ít ứng dụng. Khi truyền các gói dữ liệu từ một nguồn của nó đến điểm trong phạm vi truyền tải trực tiếp không dây, các gói dữ liệu sẽ được chuyển tiếp qua một hoặc nhiều nút trung gian.

Cấu hình động (dynamic network topology): Vì các node là di động, nên cấu trúc mạng có thể thay đổi nhanh và không thể biết trước, các kết nối giữa các thiết bị đầu cuối có thể thay đổi theo thời gian. MANET sẽ thích ứng tuyến và điều kiện lan truyền giống như mẫu di động và các node mạng di động. Các node di động trong mạng thiết

lập định tuyến động với nhau khi chúng di chuyển, hình thành mạng riêng của chúng trong không trung. Hơn nữa, một User trong MANET có thể không chỉ hoạt động trong mạng lưới di động đặc biệt, mà còn có thể yêu cầu truy cập vào một mạng cố định công cộng (Ví dụ: INTERNET).

Dao động về dung lượng liên kết (Fluctuating link capacity): Bản chất tỉ lệ bit lỗi cao của kết nối không dây cần quan tâm trong mạng MANET. Từ đầu cuối này đến đầu cuối kia có thể được chia sẽ qua một vài chặng. Kênh giao tiếp ở đầu cuối chịu ảnh hưởng của nhiễu, hiệu ứng đa đường, sự giao thoa và băng thông của nó ít hơn so với mạng có dây. Trong một vài tình huống, truy cập của hai người dùng có thể qua nhiều liên kết không dây và các liên kết này có thể không đồng nhất.

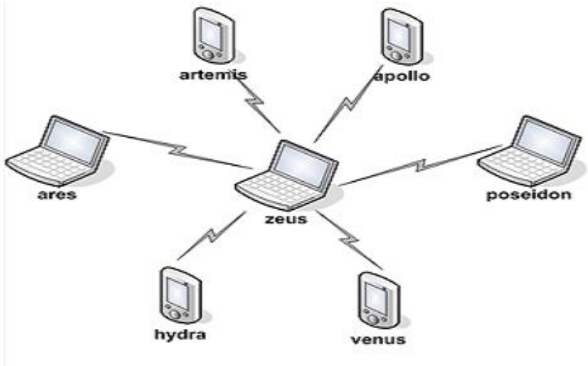
Tối ưu hoá cho thiết bị đầu cuối (light-weight terminals): Trong hầu hết các trường hợp các node trong mạng MANET là thiết bị với tốc độ xử lý của CPU thấp, bộ nhớ ít và lưu trữ điện năng ít. Vì vậy cần phải tối ưu hoá các thuật toán và cơ chế.

1.3. Kiểu kết nối và cơ chế hoạt động

1.3.1. Các kiểu kết nối topo mạng

1.3.1.1. Mạng máy chủ di động

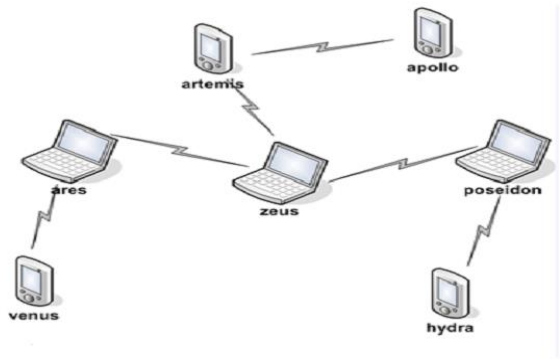
Ở topo này các thiết bị chỉ liên kết với một máy chủ duy nhất. Các thiết bị khác liên kết qua máy chủ đó như hình vẽ:



Hình 1.3. Mạng máy chủ di động

1.3.1.2. Mạng có các thiết bị di động không đồng nhất

Ở topo này các máy có thể liên kết trực tiếp với nhau trong phạm vi phủ sóng của mình:

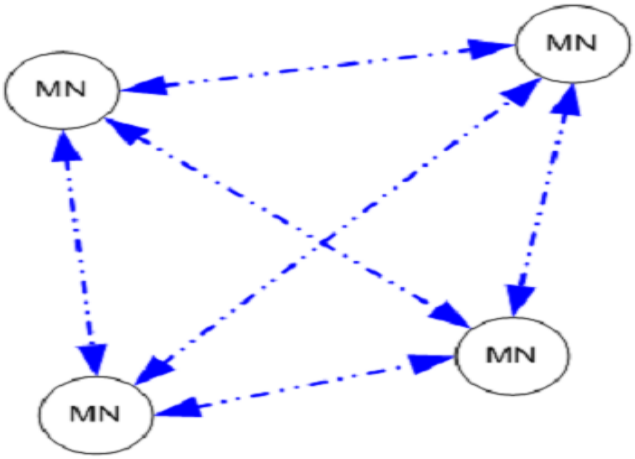


Hình 1.4. Hình minh hoạ mạng có các thiết bị di động không đồng nhất

1.3.2. Chế độ hoạt động

1.3.2.1. Chế độ IEEE-Ad Hoc

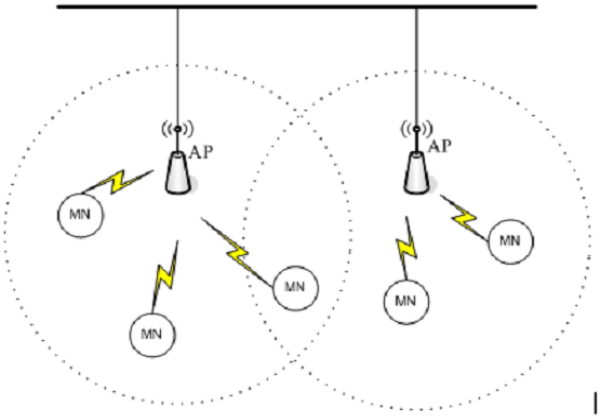
Chế độ này thì các node di động truyền thông trực tiếp với nhau mà không cần tới một cơ sở hạ tầng nào cả. Trong chế độ này thì các liên kết không thể thực hiện qua nhiều chặng:



Hình 1.5. Chế độ IEEE-Ad Hoc

1.3.2.2. Chế độ cơ sở hạ tầng

Chế độ này thì mạng bao gồm các điểm truy cập AP cố định và các node di động tham gia vào mạng, thực hiện truyền thông qua các điểm truy cập. Trong chế độ này thì các liên kết có thể thực hiện qua nhiều chặng:



Hình 1.6. Chế độ cơ sở hạ tầng

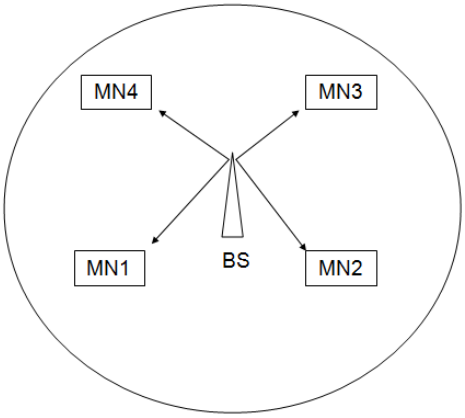
1.4. Phân loại mạng MANET

1.4.1. Theo giao thức

- Singal-hop:

  + Mạng MANET định tuyến singal-hop là loại mô hình mạng ad-hoc đơn giản nhất. Trong đó, tất cả các node đều nằm trong cùng một vùng phủ sóng, nghĩa là các node có thể kết nối trực tiếp với nhau mà không cần các node trung gian.

  + Mô hình này các node có thể di chuyển tự do nhưng chỉ trong một phạm vi nhất định đủ để các node liên kết trực tiếp với các node khác trong mạng.

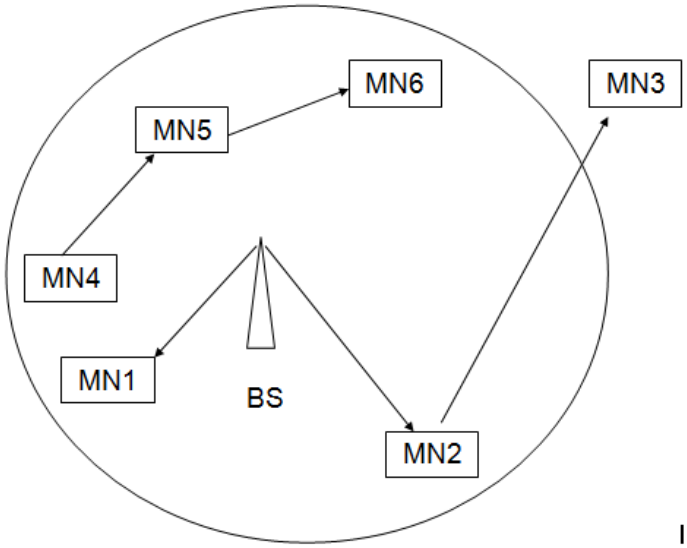


Hình 1.7. Singal-hop

- Multi-hop

  + Đây là mô hình phổ biến nhất trong mạng MANET, nó khác với mô hình trước là các node có thể kết nối với các node khác trong mạng mà có thể không cần kết nối trực tiếp với nhau. Các node có thể định tuyến với các node khác thông qua các node trung gian trong mạng. Để mô hình này hoạt động

một cách hoàn hảo thì cần phải có giao thức định tuyến phù hợp với mô hình mạng MANET.



Hình 1.8. Multi-hop

- Mobile multi-hop

Mô hình này cũng tương tự với mô hình thứ hai nhưng sự khác biệt ở đây là mô hình này tập trung vào các ứng dụng có tính chất thời gian thực: audio, video.

1.4.2. Theo chức năng

- Mạng MANET đẳng cấp (Flat)

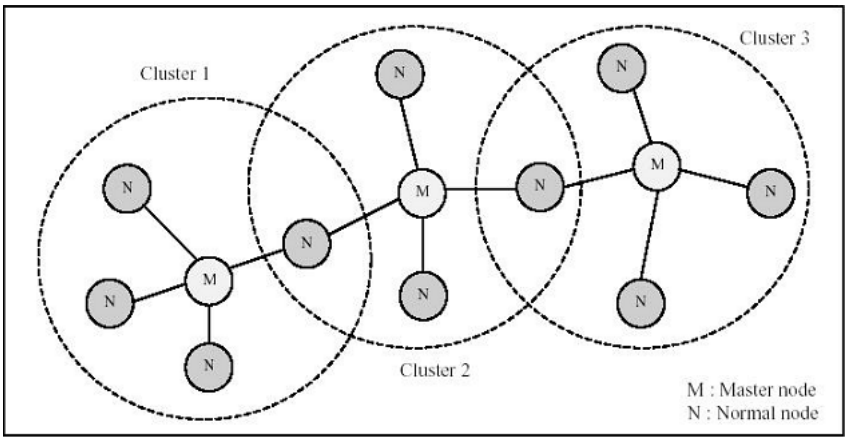
  + Trong kiến trúc này tất cả các node có vai trò ngang hàng với nhau (peer-to-peer) và các node đóng vai trò như các router định tuyến dữ liệu gói trên mạng. Trong những mạng lớn thì cấu trúc Flat không tối ưu hoá việc sử dụng tài nguyên băng thông của mạng vì những thông tin điều khiển phải truyền trên toàn bộ mạng. Tuy nhiên nó thích hợp trong những topo có các node di chuyển nhiều.

- Mạng MANET phân cấp (Hierarchical)

  + Đây là mô hình sử dụng phổ biến nhất. Trong mô hình này thì mạng chia thành các domain, trong mỗi domain bao gồm một hoặc nhiều cluster, mỗi cluster chia thành nhiều node. Có hai loại node là master node và nomal node.

  • *Master node*: là node quản trị một router có nhiệm vụ chuyển dữ liệu của các node trong cluster đến các node trong cluster khác và ngược lại. Nói cách khác nó có nhiệm vụ như một gateway.

  • *Normal node*: là các node nằm trong cùng một cluster. Nó có thể kết nối với các node trong cluster hoặc kết nối với các cluster khác thông qua master node.



Hình 1.9. Mô hình mạng phân cấp

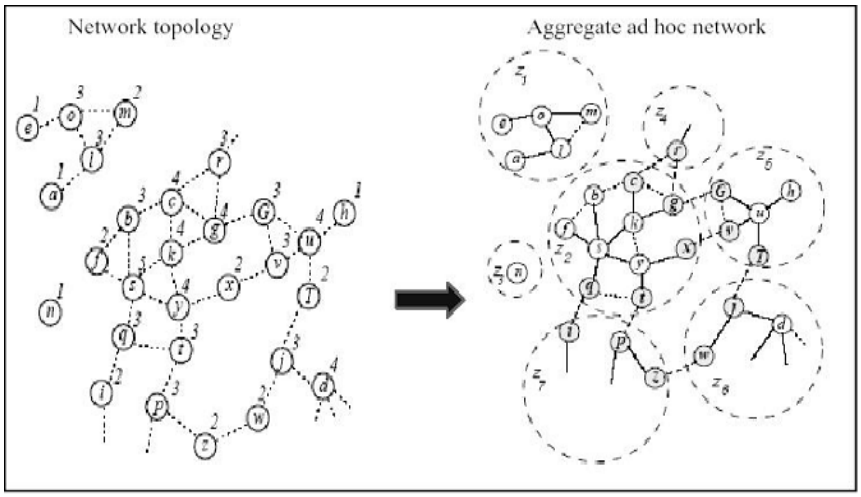
+ Với các cơ chế trên mạng sử dụng tài nguyên băng thông hiệu quả hơn vì các thông điệp chỉ phải truyền trong 1 cluster. Tuy nhiên việc quản lý tính chuyển động của các node trở nên phức tạp hơn. Kiến trúc mạng phân cấp thích hợp cho các mạng có tính chuyển động thấp.

- Mạng MANET kết hợp (Aggregate)

+ Mạng = Zones, Zone = nodes.

+ Mỗi node bao gồm hai mức topo : Topo mức thấp (node level), và topo mức cao (zone level).

+ Mỗi node đặc trưng bởi: node ID và zone ID. Trong một Zone có thể áp dụng kiến trúc đẳng cấp hoặc kiến trúc phân cấp.



Hình 1.10. Mô hình mạng Aggregate

1.5. Phân loại các giao thức định tuyến trong mạng MANET

Mạng MANET (Mobile Ad Hoc Network) là mạng không dây đặc biệt gồm tập hợp các thiết bị di động, giao tiếp không dây, có khả năng truyền thông trực tiếp với nhau hoặc thông qua các nút trung gian làm nhiệm vụ chuyển tiếp. Các nút mạng vừa đóng vai trò như thiết bị truyền thông vừa đóng vai trò như thiết bị định tuyến. Với

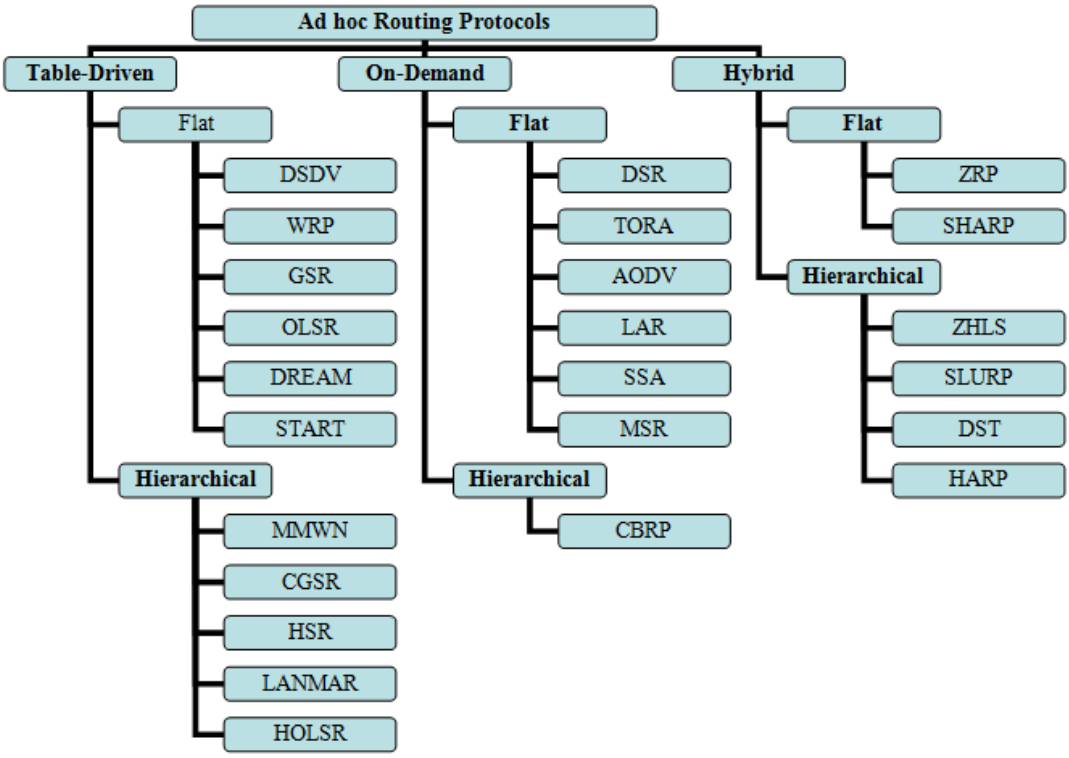
nguyên tắc hoạt động như vậy, nó không bị phụ thuộc vào cơ sở hạ tầng mạng cố định nên có tính linh động cao, đơn giản trong việc lắp đặt, chi phí triển khai và bảo trì thấp.

Như vậy, khi sử dụng các giao thức định tuyến thông thường dựa trên các giải thuật Distance-Vector hoặc Link-State trong mạng Ad Hoc sẽ dẫn đến một số vấn đề phát sinh: [21]

Tiêu tốn băng thông mạng và năng lượng nguồn nuôi cho các cập nhật định kỳ: Hầu hết các thiết bị di động trong mạng Ad Hoc sẽ hoạt động dựa trên nguồn pin, việc truyền hoặc nhận gói tin sẽ tiêu tốn đáng kể đến nguồn năng lượng này. Ở các mạng thông thường, việc kết nối các bộ định tuyến nhìn chung là không thay đổi về vị trí, chính vì thế ít xảy ra việc thay đổi cấu hình topo mạng nên việc hội tụ mạng là ít xảy ra.Tuy nhiên, trong mạng Ad Hoc, các nút luôn thay đổi vị trí dẫn đến cấu hình topo mạng thay đổi, nên đòi hỏi cần phải có sự hội tụ của mạng cho các tuyến mới một cách nhanh chóng. Để thực hiện được việc này, các giao thức định tuyến phải liên tục gửi cập nhật định tuyến, dẫn đến việc tiêu tốn khá nhiều băng thông và năng lượng.

*Các đường đi dư thừa được tích lũy một cách không cần thiết:*Trong môi trường mạng Ad Hoc, có rất nhiều đường đi từ nút nguồn đến nút đích và những đường đi này sẽ được cập nhật tự động vào bảng định tuyến trong các thiết bị định tuyến (thiết bị di động), dẫn đến việc dư thừa đường đi trong bảng định tuyến.

Các giao thức định tuyến trong mạng Ad Hoc được chia thành 3 loại: Giao thức định tuyến theo bảng ghi (Table-Driven Routing Protocol), Giao thức định tuyến điều khiển theo yêu cầu (On-Demand Routing Protocol) và Giao thức định tuyến kết hợp (Hybrid Routing Protocol).



Hình 1.11. Phân loại các giao thức định tuyến trong mạng Ad Hoc

1.5.1. Giao thức định tuyến theo bảng ghi (Table-Driven Routing Protocol)

Giao thức định tuyến theo bảng ghi còn được gọi là giao thức chủ ứng (Proactive). Theo giao thức này, bất kỳ một nút trong mạng đều luôn duy trì trong bảng định tuyến của nó thông tin định tuyến đến tất cả các nút khác trong mạng. Thông tin định tuyến được phát broadcast trên mạng theo một khoảng thời gian quy định để giúp cho bảng định tuyến luôn cập nhật những thông tin mới nhất. Chính vì vậy, một nút nguồn có thể lấy thông tin định tuyến ngay lập tức khi cần thiết.

Tuy nhiên, với những mạng mà các node di chuyển nhiều hoặc các liên kết giữa các node bị đứt thì cần phải có cơ chế tìm kiếm hoặc sửa đổi thông tin của nút bị đứt trong bảng định tuyến, nhưng nếu các liên kết đó không sử dụng thì sẽ trở nên lãng phí tài nguyên, ảnh hưởng đến các băng thông của mạng. Chính vì thế giao thức định tuyến theo bảng ghi chỉ áp dụng trong các mô hình mạng MANET mà các nút ít di chuyển.

Các giao thức hoạt động theo kiểu giao thức định tuyến theo bảng ghi như: Giao thức DSDV (Destination Sequenced Distance Vector), Giao thức WRP (Wireless Routing Protocol), Giao thức GSR (Global State Routing)…

1.5.2.Giao thức định tuyến điều khiển theo yêu cầu (On-Demand Routing Protocol)

Một phương pháp khác với phương pháp định tuyến điều khiển theo bảng ghi đó là định tuyến điều khiển theo yêu cầu còn được gọi là giao thức theo yêu cầu (Reactive). Theo phương pháp này, các tuyến đường sẽ được tạo ra nếu như có nhu

cầu. Khi một nút yêu cầu một tuyến đến đích, nó phải khởi đầu một quá trình khám phá tuyến để tìm đường đi đến đích (Route Discovery). Quá trình này chỉ hoàn tất khi đã tìm ra một tuyến sẵn sàng hoặc tất cả các tuyến khả thi đều đã được kiểm tra.

Khi một tuyến đã được khám phá và thiết lập, nó được duy trì thông số định tuyến (route maintenance) bởi một số dạng thủ tục cho đến khi hoặc là tuyến đó không thể truy nhập được từ nút nguồn hoặc là không cần thiết đến nó nữa.

Với các cơ chế đó, các giao thức định tuyến điều khiển theo yêu cầu không phát broadcast đến các nút lân cận về các thay đổi của bảng định tuyến theo thời gian, nên tiết kiệm được tài nguyên mạng. Vì vậy, loại giao thức này có thể sử dụng trong các mạng MANET phức tạp, các node di chuyển nhiều.

Một số giao thức định tuyến điều khiển theo yêu cầu tiêu biểu như: Giao thức CBRP (Cluster Based Routing Protocol), Giao thức AODV (Ad Hoc On Demand Distance Vector), Giao thức DSR (Dynamic Source Routing), Giao thức TORA (Temporally Ordered Routing Algorihm)…

1.5.3.Giao thức định tuyến kết hợp (Hybrid Routing Protocol)

Trong giao thức định tuyến này có kết hợp cả hai cơ chế giao thức định tuyến chủ ứng (Proactive) và giao thức định tuyến theo yêu cầu (Reactive). Giao thức này phù hợp với những mạng quy mô, kích thước lớn, mật độ các nút mạng dày đặc.

Trong giao thức định tuyến này, mạng được chia thành các vùng (zone). Mỗi node duy trì cả thông tin về kiến trúc mạng trong vùng của nó và thông tin về các vùng láng giềng. Đều đó có nghĩa là giao thức Hybrid sử dụng giao thức định tuyến theo yêu cầu (Reactive) giữa các zone và giao thức định tuyến chủ ứng (Proactive) cho các node mạng trong cùng zone. Do đó, đường đi đến node trong cùng một zone được lập mà không cần phải định tuyến ra ngoài zone, trong khi đó các tiến trình khám phá đường và duy trì đường thì được sử dụng để tìm kiếm và duy trì đường đi giữa các zone với nhau.

Các giao thức định tuyến tiêu biểu sử dụng kiểu Hybrid: Giao thức ZPR (Zone Routing Protocol), Giao thức ZHLS (Zone-based Hierarchical Link State Routing Protocol)…

1.6. Một số giao thức định tuyến cơ bản trên mạng MANET

1.6.1. *Giao thức DSDV(Destination Sequence Distance Vector)*

- *Mô tả*

  + DSDV là giao thức định tuyến vector khoảng cách theo kiểu từng bước: Trong mỗi nút mạng duy trì bảng định tuyến lưu trữ đích có thể đến ở bước tiếp theo của định tuyến và số bước để đến đích. DSDV yêu cầu nút mạng phải gửi đều đặn thông tin định tuyến quảng bá trên mạng

  + Ưu điểm của DSDV là đảm bảo không có đường định tuyến kín bằng cách sử dụng số thứ tự để đánh dấu mỗi đường. Số thứ tự cho biết mức độ “mới”

của đường định tuyến, số càng lớn thì mức độ đảm bảo càng cao (đường R được coi là tốt hơn R’ nếu số thứ tự của R lớn hơn, trong trường hợp có cùng số thứ tự thì R phải có số bước nhỏ hơn). Số thứ tự sẽ tăng khi nút A phát hiện ra đường đến đích D bị phá vỡ, sau đó nút A quảng bá đường định tuyến của nó tới nút D với số bước không giới hạn và số thứ tự sẽ tăng lên.

- *Đặc điểm:* DSDV phụ thuộc vào thông tin quảng bá định kỳ nên nó sẽ tiêu tốn thời gian để tổng hợp thông tin trước khi đường định tuyến được đưa vào sử dụng. Thời gian này là không đáng kể đối với mạng có cấu trúc cố định nói chung (bao gồm cả mạng có dây), nhưng với mạng Ad Hoc thời gian này là đáng kể, có thể gây ra mất gói tin trước khi tìm ra được định tuyến hợp lý. Ngoài ra, bản tin quảng cáo định kỳ cũng là nguyên nhân gây ra lãng phí tài nguyên mạng.

1.6.2. Giao thức định tuyến AODV (Ad Hoc On Demand Distance Vector)

Giao thức định tuyến AODV là một trong những giao thức định tuyến theo cơ chế theo yêu cầu trong hệ thống mạng MANET. Tương tự như giao thức DSR, AODV cũng phát gói tin broadcast để yêu cầu tìm đường khi có nhu cầu. Tuy nhiên điểm khác biệt cơ bản đối với giao thức DSR là AODV sử dụng nhiều cơ chế khác để duy trì thông tin bảng định tuyến, chẳng hạn như nó sử dụng bảng định tuyến truyền thống để lưu trữ thông tin định tuyến với mỗi entry cho một địa chỉ đích. [1]

Không sử dụng cơ chế Source Routing và cũng không cần biết thông tin về các node láng giềng của nó, AODV dựa trên các entry của bảng định tuyến để phát gói tin RREP về node nguồn và node nguồn dùng thông tin đó để gửi dữ liệu đến đích. Để đảm bảo rằng thông tin trong bảng định tuyến là mới nhất thì AODV sử dụng kỹ thuật Sequence Number (kỹ thuật này dùng để nhận ra các con đường đi không còn giá trị trong quá trình cập nhật bảng định tuyến) để loại bỏ những đường đi không còn giá trị trong bảng định tuyến. Mỗi node sẽ có một bộ tăng số Sequence Number riêng cho nó. [2]

Tương tự như cơ chế hoạt động của DSR, quá trình định tuyến của AODV cũng bao gồm 2 cơ chế chính: cơ chế khám phá định tuyến và cơ chế duy trì thông tin định tuyến.

1.6.2.1. Cơ chế khám phá tuyến (Route Discovery)

Cơ chế khám phá tuyến sẽ được thiết lập khi một nút nguồn có nhu cầu trao đổi thông tin với một nút khác trong hệ thống mạng. Trong hệ thống mạng MANET hoạt động theo giao thức AODV, mỗi nút trong hệ thống mạng luôn duy trì 2 bộ đếm: Bộ đếm Sequence Number và Bộ đếm REQ_ID. Cặp thông tin <Sequence Number, REQ_ID> là định danh duy nhất cho một gói tin RREQ. Cặp thông tin này sẽ bị thay đổi giá trị khi: [2]

- *Đối với Sequence Number:*

  + Trước khi một node khởi động tiến trình route discovery, điều này nhằm chống sự xung đột với các gói tin RREP trước đó.

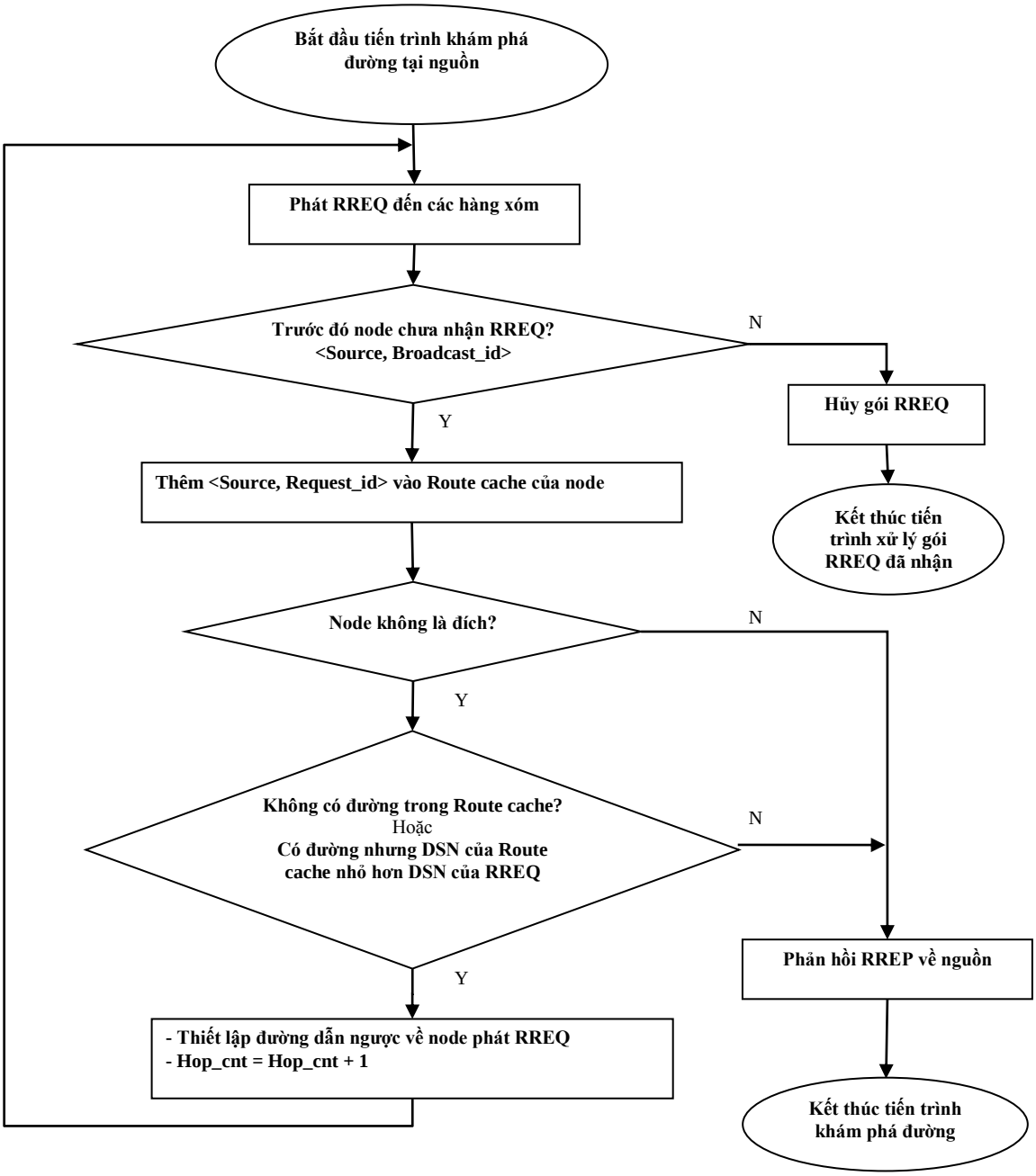
  + Khi nhận được một gói tin RREP gửi từ nút đích để trả lời gói tin RREQ, nó sẽ cập nhật lại giá trị Sequence number lớn nhất của một trong 2 giá trị: Sequence number hiện hành mà nó lưu giữ đối với Sequence number trong gói RREQ

- *Đối với REQ_ID:* Khi có một sự thay đổi trong toàn bộ các nút lân cận của nó dẫn đến sẽ có một số tuyến đường trong bảng định tuyến sẽ không còn hiệu lực. Số REQ_ID sẽ được tăng lên khi node khởi động một tiến trình route discovery mới.

Source address	Request ID	Source sequence No.	Destination address	Destination sequence No.	Hop count

Hình 1.12.Các trường trong gói tin RREQ

Tiến trình khám phá tuyến được khởi động khi một node muốn trao đổi dữ liệu với một node khác mà trong bảng định tuyến của nó không có thông tin định tuyến đến node đích đó. Khi đó tiến trình sẽ phát broadcast một gói RREQ cho các node láng giềng của nó. Thông tin trong RREQ ngoài địa chỉ đích, địa chỉ nguồn, số hop-count (được khởi tạo giá trị ban đầu là 0),… còn có các trường: số sequence number của node nguồn, số broadcast ID, giá trị sequence number được biết lần cuối cùng của node đích. Khi các node láng giềng nhận được gói RREQ, nó sẽ kiểm tra tuần tự theo các bước:



Lưu đồ 1.1. Cơ chế xử lý khám phá đường tại node của AODV

- *Bước 1:* Xem các gói RREQ đã được xử lý chưa? Nếu đã được xử lý thì nó sẽ loại bỏ gói tin đó và không xử lý thêm. Ngược lại chuyển qua bước 2.
- *Bước 2:* Nếu trong bảng định tuyến của nó chứa đường đi đến đích, thì sẽ kiểm tra giá trị Destination sequence number trong entry chứa thông tin về đường đi với số Destination sequence number trong gói RREQ, nếu số Destination sequence number trong RREQ lớn hơn số Destination squence number trong entry thì nó sẽ không sử dụng thông tin trong entry của bảng định tuyến để trả lời cho node nguồn mà nó sẽ tiếp tục phát Broadcast gói RREQ đó đến cho các node láng giềng của nó. Ngược lại nó sẽ phát Unicast cho gói RREP ngược trở lại cho

node láng giềng của nó để báo đã nhận gói RREQ. Gói RREP ngoài các thông tin như: địa chỉ nguồn, địa chỉ đích,… còn chứa các thông tin: destination sequence number, hop-count, TTL. Ngược lại thì qua bước 3.

- *Bước 3:* Nếu trong bảng định tuyến của nó không có đường đi đến đích thì nó sẽ tăng số Hop-count lên 1, đồng thời nó sẽ tự động thiết lập một đường đi ngược (Reverse path) từ nó đến node nguồn bằng cách ghi nhận lại địa chỉ của node láng giềng mà nó nhận gói RREQ lần đầu tiên. Entry chứa đường đi ngược này sẽ được tồn tại trong một khoảng thời gian đủ để gói RREQ tìm đường đi đến đích và gói RREP phản hồi cho node nguồn, sau đó entry này sẽ được xóa đi.

Source address	Destination address	Destination sequence No.	Hop count	Life - time

Hình 1.13.Các trường trong gói tin RREP

Quá trình kiểm tra này sẽ lặp tuần tự cho đến khi gặp node đích hoặc một node trung gian mà có các đều kiện thỏa bước 2. Trong quá trình trả về gói RREP, một node có thể nhận cùng lúc nhiều gói RREP, khi đó nó sẽ chỉ xử lý gói RREP có số Destination Sequence number lớn nhất, hoặc nếu cùng số Destination sequence number thì nó sẽ chọn gói RREP có số Hop-count nhỏ nhất. Sau đó nó sẽ cập nhật các thông tin cần thiết vào trong bảng định tuyến của nó và chuyển gói RREP đi.

1.6.2.2. Cơ chế duy trì thông tin định tuyến

Như đã nhận xét ở trên, cơ chế hoạt động của AODV là không cần phải biết thông tin về các nút láng giềng, chỉ cần dựa vào các entry trong bảng định tuyến. Vì vậy, khi một node nhận thấy rằng Next hop (chặng kế tiếp) của nó không thể tìm thấy, thì nó sẽ phát một gói RRER (Route Error) khẩn cấp với số Sequence number bằng số Sequence number trước đó cộng thêm 1, Hop count bằng ∞ và gửi đến tất cả các node láng giềng đang ở trạng thái active, những node đó sẽ tiếp tục chuyển gói tin đó đến các node láng giềng của nó,... và cứ như vậy cho đến khi tất cả các node trong mạng ở trạng thái active nhận được gói tin này. [2]

Sau khi nhận thông báo này, các node sẽ xóa tất cả các đường đi có chứa node hỏng, đồng thời có thể sẽ khởi động lại tiến trình khám phá tuyến nếu nó có nhu cầu định tuyến dữ liệu đến node bị hỏng đó bằng cách gửi một gói tin RREQ (với số Sequence number bằng số Sequence number mà nó biết trước đó cộng thêm 1) đến các node láng giềng để tìm đến địa chỉ đích.

1.7. Mobile IP và quản lý di động

1.7.1. Tổng quan về giao thức Mobile IP

Mobile IP được xây dựng nhằm mục đích cho phép người dùng với thiết bị di động của mình có thể di chuyển từ mạng này sang mạng khác mà vẫn tiếp tục duy trì các dòng thông tin đang diễn ra. Cùng với sự phát triển của công nghệ mạng 4G,

Mobile IP vẫn đang được nghiên cứu và cải tiến nhằm đảm bảo tính di động của thiết bị trong thế hệ mạng tương lai.

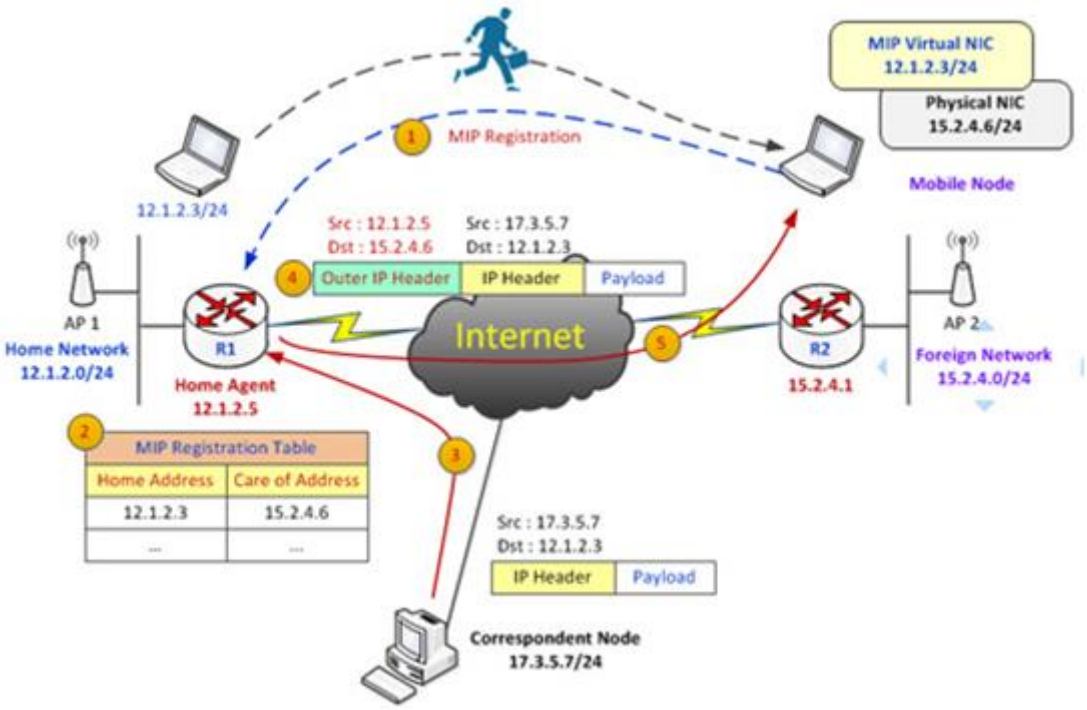
Trong thiết kế của giao thức IP, mỗi thiết bị khi nối kết vào mạng sẽ được gắn kết với một địa chỉ IP nhất định. Đây được xem như điểm nối vật lý của thiết bị với mạng INTERNET. Khi trao đổi dữ liệu trên mạng các thiết bị được giả định là không thay đổi địa chỉ IP. Nếu một nút liên lạc CN (Correspondent Node) gửi gói tin đến nút di động MN (*Mobile Node*) thì trước tiên gói tin sẽ được định tuyến đến mạng nhà HN (*Home Network*) của MN mà không phụ thuộc vào vị trí hiện tại của MN. Sau đó, Mobile IP đảm nhiệm việc chuyển tiếp gói tin này đến cho MN để duy trì dòng thông tin không bị gián đoạn giữa hai thiết bị.

Một số thuật ngữ chính:

- Nút di động MN: là thiết bị có cài đặt phần mềm Mobile IP client. MN luôn được gán với một IP cố định gọi là địa chỉ nhà - HA (Home Address). Trong hình 1.14 địa chỉ nhà của MN sẽ là 12.1.2.3/24. Khi MN đang trong mạng nhà, quá trình liên lạc diễn ra bình thường, nút di động tiến hành gửi và nhận các gói tin như một thiết bị thông thường.
- Nếu MN di chuyển ra khỏi mạng nhà, thì MN cần có một HA (Home Agent) thay mặt cho thiết bị. Vai trò của HA là nhận thông tin gửi đến MN và tiếp tục chuyển tiếp đến địa chỉ mới của MN.
- Khi MN chuyển từ mạng nhà đến mạng ngoài FN (Foreign Network), nó sẽ được cung cấp một địa chỉ tạm gọi là CoA (Care of Address). MN có nhiệm vụ đăng ký với HA địa chỉ CoA mới này. MN có thể nhận địa chỉ này là từ máy chủ DHCP hoặc sử dụng IP của FA (Foreign Agent).

Để xác định MN đã di chuyển khỏi mạng nhà cũng như tìm kiếm FA mới ở mạng ngoài dựa vào thông điệp quảng bá mà HA và FA định kỳ gửi trên các mạng cục bộ của chúng, MN tiếp nhận các gói tin này và xác định được những thông tin cần thiết. Quá trình này được biết đến với tên là Agent Discovery.

Cách thức mà Mobile IP thực hiện để duy trì được dòng dữ liệu liên tục khi thiết bị di chuyển đến mạng khác với địa chỉ IP mới được minh họa bằng cách thức gửi gói tin đến MN khi chúng ở mạng ngoài trong hình 1.14:



Hình 1.14: Cách thức gửi gói tin khi MN ở mạng ngoài

Phân tích:

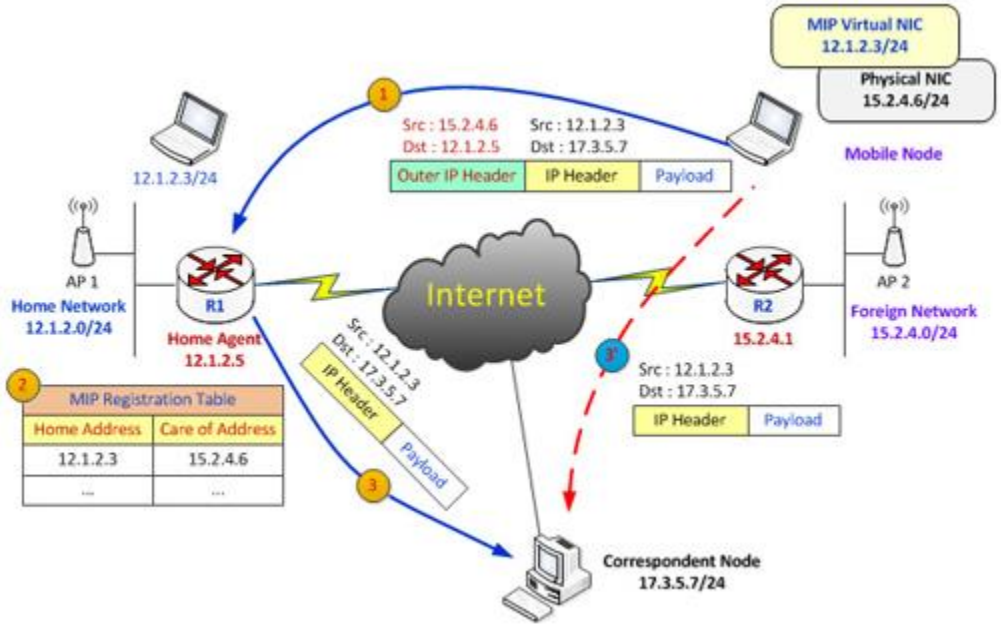
- Bước 1: Trong hình 1.14, router R1 đóng vai trò như một HA cho nút di động. Khi MN di chuyển sang mạng ngoài, nó sẽ thực hiện việc đăng ký địa chỉ CoA bằng cách gửi gói tin "MIP registration" đến cho HA.
- Bước 2: HA sử dụng địa chỉ CoA nhận được ở bước 1 để tiến hành cập nhật bảng đăng ký (MIP Registration Table). Bảng đăng ký này lưu trữ ánh xạ giữa địa chỉ nhà, địa chỉ tạm và một số thông tin liên quan như thời hạn đăng ký.
- Bước 3: Khi gói tin được gửi từ CN đến địa chỉ nhà của MN, HA sẽ đứng ra làm trung gian tiếp nhận gói tin này sau đó chuyển hướng chúng đến vị trí hiện tại của MN.
- Bước 4: HA dùng phương pháp "đóng gói" gói tin để chuyển thông tin cho MN bằng cách dùng thêm phần Outer IP header vào gói tin gốc và chuyển theo đường hầm (IP-in-IP tunelling) đến địa chỉ CoA mà MN đã đăng ký.
- Bước 5: Card mạng vật lý (Physical NIC) thực hiện tháo bỏ Outer IP header để khôi phục gói tin gốc và chuyển giao cho card mạng ảo (Virtual NIC). Các ứng dụng đang thực thi trên MN vốn chỉ gắn kết với địa chỉ nhà trên card mạng ảo, do vậy việc thay đổi của CoA của thiết bị sẽ không làm gián đoạn luồng thông tin giữa hai thiết bị.

Quá trình tiếp diễn cho đến khi hết thời hạn đã đăng ký (hoặc MN chuyển đến vị trí mới). Khi điều này xảy ra, MN sẽ tiến hành đăng ký lại với HA. Khi MN trở về mạng nhà, nó không cần di động nữa, vì thế MN sẽ gửi một yêu cầu hủy bỏ đăng ký

lưu động đến HA, nói rõ rằng nó đang "ở nhà" để HA không thực hiện đường hầm và dọn bỏ các địa chỉ tạm trong bảng đăng ký trước đó.

Giao thức mobile IP có một nhược điểm là độ trễ (delay) lớn (do gói tin phải chuyển qua HA trước rồi mới đến MN) vì thế nó sẽ ảnh hưởng đến các ứng dụng thời gian thực (real-time application). Chính vì vậy, đã có nhiều cải tiến được đưa vào Mobile IP để tăng tính hiệu quả và giảm delay.

1.7.2. Định tuyến tam giác TR (Triangular Routing)



Hình 1.15: Định tuyến tam giác

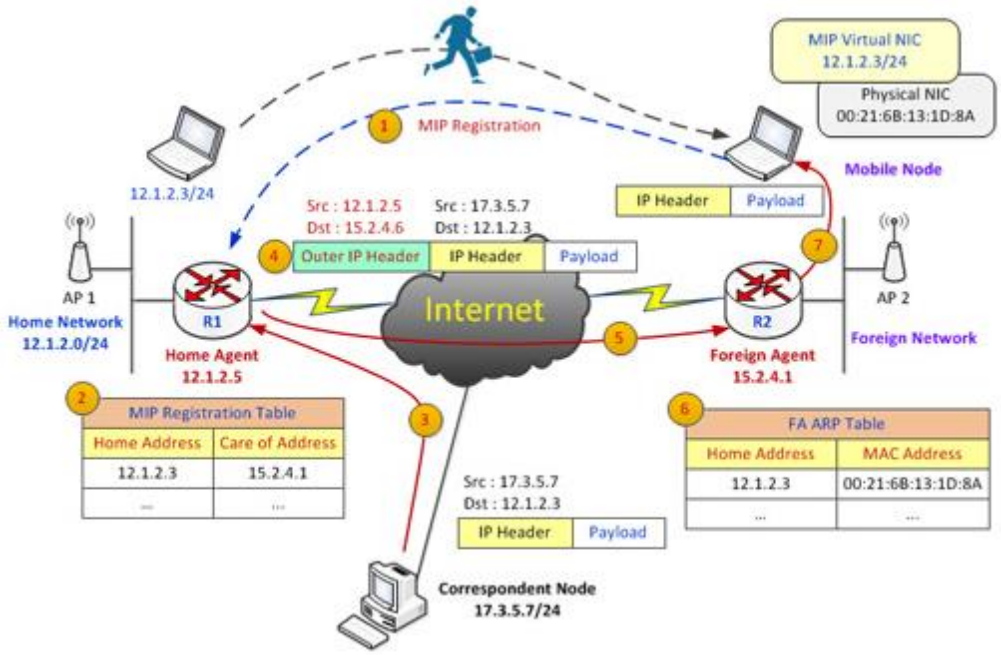
MN sau khi nhận được gói tin gốc sẽ biết được chính xác địa chỉ IP của CN. Vì thế, MN có thể gửi các gói tin trực tiếp đến CN hoặc thông qua đường hầm đến HA nhờ chuyển giúp. Việc gửi trực tiếp gói tin đến CN sẽ là giải pháp tối ưu giúp giảm thiểu độ trễ khi gửi/nhận thông tin giữa MN và CN. Quá trình này được gọi là định tuyến tam giác. Tuy nhiên, thực tế một số router và firewall thường được cấu hình với chức năng "ingress filtering" nhằm mục đích ngăn chặn các cuộc tấn công giả mạo địa chỉ. Chức năng này sẽ chặn các gói tin có địa chỉ IP nguồn không thuộc subnet mạng cục bộ. Trong hình 1.15 gói tin gửi từ MN đến CN sẽ có IP source là 12.1.2.3, không thuộc về subnet 15.2.4.0/24, do đó nó sẽ bị loại bỏ. Để giải quyết vấn đề này Mobile IP đưa ra giải pháp đường hầm nghịch (Reverse Tunneling). Theo đó MN sẽ chuyển gói tin thông qua đường hầm đến HA trước khi HA chuyển tiếp chúng cho CN.

Để cải thiện hiệu quả định tuyến, người ta đưa ra giải pháp cho phép MN sau khi xác định được địa chỉ IP của CN thì MN sẽ gửi trực tiếp thông tin CoA hiện hành đến CN. CN sẽ duy trì ánh xạ liên kết giữa địa chỉ nhà và CoA của MN (tương tự như HA) trong một khoảng thời gian nhất định. Nếu ánh xạ này vẫn còn hợp lệ thì CN và MN sẽ

trao đổi dữ liệu trực tiếp với nhau mà không cần qua HA. Nếu ánh xạ không tồn tại hoặc bị expired thì CN sẽ tiến hành gửi các gói tin đến HA, rồi từ HA sẽ chuyển đến MN như bình thường, sau đó MN có thể gửi lại CoA cho CN.

1.7.3 Foreign Agents - FA

Việc sử dụng địa chỉ IP thật (Public IP) để đăng ký như hình 1.15 sẽ dẫn buộc các mạng ngoài dành trước một số IP thật cho các thiết bị di động. Nếu số lượng các MN di chuyển đến mạng ngoài quá nhiều sẽ dẫn đến tình trạng không còn đủ IP để cung cấp cho MN mới. Để giải quyết vấn đề này IP di động đã bổ sung thêm khái niệm Foreign Agents - FA. Khi có sự hiện diện của FA thì các MN sẽ dùng chung IP của FA để làm CoA của mình. Trong hình 1.16 CoA của MN sẽ là IP của router R2 15.2.4.1/24.



Hình 1.16: MN sử dụng địa chỉ IP của FA làm CoA

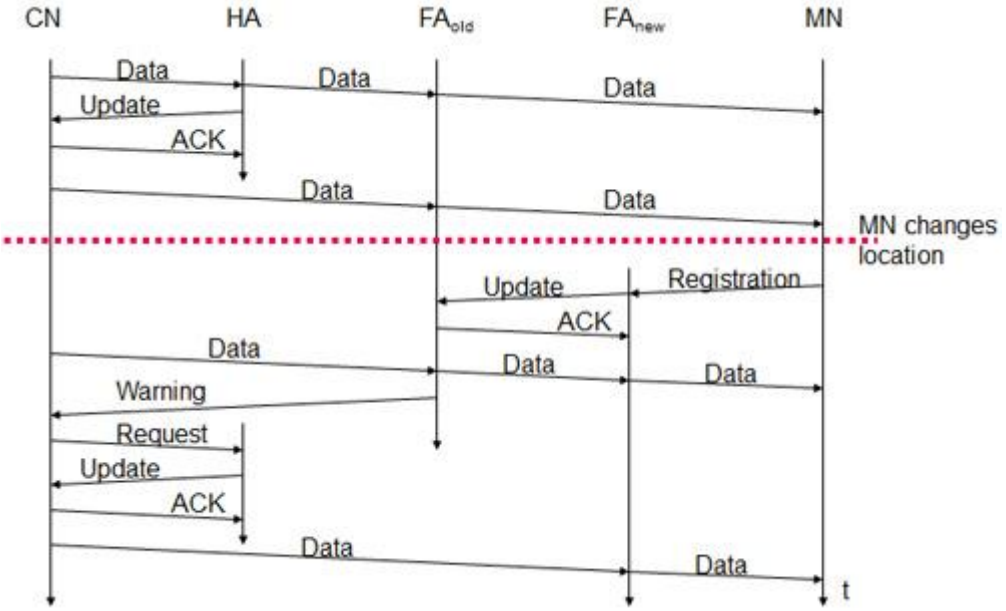
Các bước thực hiện từ 1 đến 4 tương tự như hình 1.15, tuy nhiên, đường hầm được hình thành giữa HA và FA chứ không phải là giữa HA và MN. Tại FA, gói tin gốc sẽ được khôi phục bằng cách tháo bỏ Outer IP Header. Sau đó, FA căn cứ vào thông tin địa chỉ MAC có bảng ARP của nó để gửi thông tin đến vị trí hiện thời của MN một cách chính xác.

1.7.4. NAT và Mobile IP

Khi MN ở sau một thiết bị NAT thì đường hầm IP-in-IP giữa HA và MN sẽ không thể thực hiện được, bởi vì địa chỉ CoA không thể truy cập một cách trực tiếp từ mạng ngoài. Để giải quyết vấn đề này, IP di động thực hiện đóng gói "IP packet" trong "UDP segment" và sử dụng đường hầm IP-in-UDP để gửi thông tin.

1.7.5. Forwarding

Nếu MN di chuyển từ mạng ngoài này sang một mạng ngoài khác, tức sẽ chuyển từ FA cũ (FAold) sang một FA mới (FAnew) thì trong quá trình chuyển từ FAold sang FANew, thông tin gói sẽ vẫn tiếp tục được chuyển đến FAold. Và để giảm số packet bị mất do vấn đề này thì người ta đã cải tiến tính năng forwarding để cho phép FAold sẽ chuyển tiếp thông tin nó nhận được đến FAnew.



Hình 1.17: FAold gửi gói tin đến FAnew

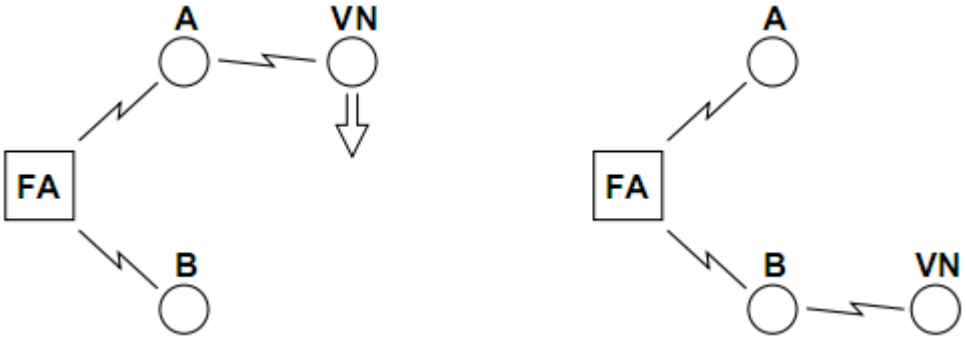
1.8. Các vấn đề phát sinh khi tích hợp MANET với INTERNET

1.8.1. Truyền thông đa bước

Một trong những tính năng quan trọng của mạng Ad Hoc là nó cho phép truyền thông đa bước, trên thực tế nói chung đều đòi hỏi truyền thông đa bước, mặt khác mobile IP được thiết kế để có các FA và các nút thăm trên cùng một liên kết. Khi chúng có kết nối link-layer, các gói tin đến nút di động được chuyển tiếp bởi các FA sử dụng địa chỉ link-layer của nó. Trong một mạng Ad Hoc, các FA và một nút thăm có thể không có khả năng kết nối liên kết, nhưng thay vì phải sử dụng truyền thông đa bước. Áp dụng cho một mạng Ad Hoc Mobile IP phải dựa trên giao thức định tuyến được sử dụng trong các mạng Ad Hoc để vận chuyển các gói dữ liệu giữa các FA và các nút di động.

Hình 1.18 cho thấy một FA không thể sử dụng địa chỉ link-layer được lưu trữ trong danh sách khách thăm của mình để cung cấp các gói tin đến một nút thăm. Nút thăm VN ở trong hình thay đổi kết nối link-layer từ nút A đến nút B. nếu bình thường Mobile IP được sử dụng, FA sẽ có được địa chỉ HA của node thăm VN cùng với địa chỉ link-layer của nút A. Do đó nó sẽ chuyển gói tin tới VN sử dụng địa chỉ link-layer của node A. Nếu thay vì FA phải dựa trên giao thức định tuyến tìm tuyến đường đến

nút thăm VN, các gói tin trên đường đến VN vẫn được chuyển tới VN mặc dù VN đã chuyển kết nối với FA thông qua B thay vì chuyển kết nối với A.



VN di chuyển khỏi A VN kết nối với B

Hình 1.18. Nút thăm VN thay đổi kết nối link-layer

Nếu con đường đến nút thăm là đa bước, thì một địa chỉ IP được sử dụng. Câu hỏi đặt ra là sau đó địa chỉ IP có được sử dụng cho việc gửi các gói tin đến một nút di động hoặc có thể là địa chỉ nhà được sử dụng trên các mạng Ad Hoc?

- Nếu địa chỉ nhà được sử dụng để tránh các vòng lặp định tuyến kể từ khi có hai nút được kết nối với INTERNET mà muốn nhận các gói được gửi đến một địa chỉ IP duy nhất (các HA và các nút di động). Thay vì đến các nút thăm, các gói tin chuyển tiếp bởi FA có thể được định tuyến trên INTERNET một lần nữa và trở lại HA.
- Nếu một địa chỉ khác với địa chỉ nhà đang sử dụng, có thể có vấn đề với quá trình thông suốt mạng. Khi gói tin từ một nút đến một máy chủ trên INTERNET, các gói tin phải có địa chỉ nhà như địa chỉ nguồn để cho các giao thức cấp cao hơn như TCP làm việc. Điều này có thể được thực hiện bằng cách cho phép các FA có chức năng như là một proxy. Một khả năng khác có thể là để cho nút di động sử dụng nhiều địa chỉ IP giống như nếu nó thực sự có vài máy chủ đã kết nối với nó, như vậy nó sẽ hoạt động như một router.

Một vấn đề khác nảy sinh khi thích nghi Mobile IP cho mạng Ad Hoc là phát quá nhiều broadcast trong mạng hơn là trên một liên kết đơn. Phát broadcast 1 link-local được nhận bởi tất cả các host trên các liên kết, nhưng không nút nào trong số các nút cần để chuyển tiếp nó nữa. Mỗi lần phát broadcast trong mạng Ad Hoc sẽ làm ngập lụt mạng bởi quá trình nhận được và truyền lại bởi mỗi nút trong mạng Ad Hoc. Phát ngập lụt này tốn rất nhiều băng thông và năng lượng, mà nguồn năng lượng trong một mạng Ad Hoc di động thường được giới hạn. Do đó, cần giảm số lượng các phát broadcast nếu có thể.

Một mạng Ad Hoc sử dụng truyền thông đa bước cũng có tác động trên cơ chế phát hiện di chuyển được hỗ trợ bởi Mobile IP. Một nút thăm không thể xác định nếu một FA có thể truy cập bằng cách sử dụng thông tin phản hồi link-layer bằng mọi cách. Nó phải dựa vào các giao thức định tuyến để xác định nếu có một lộ trình tới các

FA hay không. Đây cũng là khó khăn hơn để quyết định giữa một số FA như chất lượng của các giao tiếp với từng FA có thể phụ thuộc vào chất lượng của một số liên kết.

1.8.2. Định tuyến theo yêu cầu

Nhờ Mobile IP mà một nút thăm có thể duy trì truy cập từ INTERNET cố định, mặc dù các nút thăm là im lặng, bằng cách trao đổi thông tin giữa các FA và các nút thăm. Điều này mâu thuẫn trực tiếp với bản chất của một giao thức định tuyến theo yêu cầu, khi mà thông tin chỉ được trao đổi theo yêu cầu. Vì vậy, việc thiết kế cơ bản của hai bên không thực sự tương thích. Nếu Mobile IP được sử dụng trong một mạng Ad Hoc, trong đó giao thức định tuyến theo yêu cầu đang hoạt động, hoặc là Mobile IP nên thích ứng với phương pháp theo yêu cầu của giao thức định tuyến hoặc các giao thức định tuyến nên thích ứng với cách tiếp cận chủ động của Mobile IP.

Có rất nhiều khía cạnh cần được xem xét khi quyết định cách tiếp cận để sử dụng. Đó là:

- Hạn chế của các mạng Ad Hoc (băng thông, năng lượng pin, vv).
- Tỷ lệ số lượng các nút sử dụng IP di động (các nút thăm) với số nút không sử dụng IP di động.
- Các yêu cầu dịch vụ của các nút thăm, chẳng hạn như bàn giao và có thể truy cập.

Ví dụ, khi quyết định làm cho Mobile IP hoạt động trong một kiểu theo yêu cầu sẽ có hiệu lực phủ định về một số cơ chế IP di động (bao gồm: Phát hiện tác nhân, phát hiện di chuyển và phát hiện truy cập) vì các nút thăm sẽ nhận được ít thông tin về FA hiện thời. Mặt khác, để cung cấp các nút thăm với nhiều thông tin hơn khi sử dụng giao thức Mobile IP, các nút khác không được sử dụng Mobile IP sẽ chịu thiệt hại hơn vì lưu lượng mà tất cả quảng cáo tác nhân và chào mời tác nhân ngập lụt mạng.

Kết luận chương 1

Như vậy, mạng tùy biến di động (MANET) là một mạng không theo cấu trúc, độc lập, và là mạng tùy biến. Một mạng tùy biến di động có thể triển khai linh hoạt và đơn giản trong hầu hết các môi trường, nhưng nó giới hạn vùng phủ sóng và việc kết nối của nó bị giới hạn trong ranh giới mạng tùy biến di động. Sự phát triển của INTERNET cùng với các dịch vụ và ứng dụng của nó và xu hướng mạng không dây thế hệ thứ tư (4G) hướng tới All- IP network dẫn đến việc đòi hỏi cao hơn trong việc cho phép các nút mạng tùy biến di động kết nối với INTERNET cùng sử dụng các dịch vụ và ứng dụng của nó. Mobile IP và các giao thức IP micromobility cho phép một nút di động truy cập INTERNET và thay đổi điểm truy cập của mình mà không bị mất kết nối. Đối với Mobile IP các nút di động cần ở trong phạm vi vùng phủ sóng của các điểm truy cập và cần phải có một kết nối trực tiếp với nó. Vì vậy, với sự kết hợp giữa

các giao thức định tuyến mạng MANET và giao thức Mobile IP thì việc kết nối INTERNET với mạng MANET được thực hiện.

Nhiều giải pháp đã được đề xuất để cho phép MANETs kết nối với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP. Trong chương 2 của luận văn sẽ trình bày các giải pháp tích hợp MANETs với INTERNET.

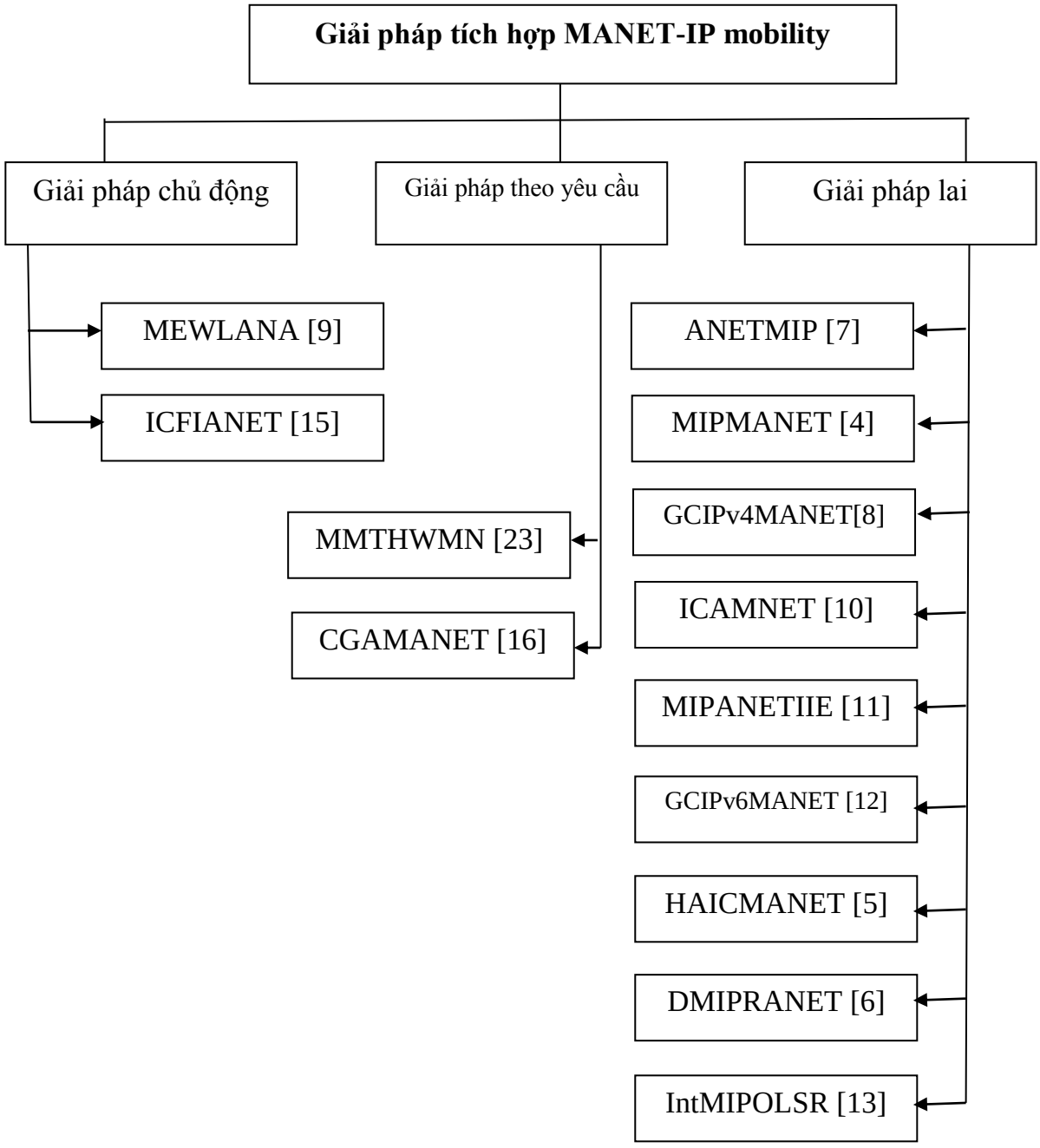
Việc tích hợp MANETs với mạng truy cập IP có cấu trúc cố định cung cấp nhiều lợi ích cho cả mạng có cơ sở hạ tầng và mạng MANET. Người sử dụng MANET có thể truy cập INTERNET và truy cập vào một loạt các dịch vụ INTERNET và các ứng dụng. Vì sự hạn chế vùng phủ sóng của MANETs nên tích hợp MANETs với mạng truy cập IP có cấu trúc cố định có thể tăng vùng phủ sóng. Tích hợp của MANETs với mạng truy cập IP có cấu trúc cố định dựa trên các giao thức IP mobile cho phép các nút trong mạng MANET di chuyển giữa các mạng MANETs khác nhau mà không bị mất kết nối.

CHƯƠNG 2. CÁC GIẢI PHÁP TÍCH HỢP MANET VỚI INTERNET

2.1. Các giải pháp tích hợp MANET với INTERNET

Các giải pháp tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức mobile IP được phân loại dựa theo thủ tục khám phá cổng gồm [26]:

- Giải pháp chủ động
- Giải pháp theo yêu cầu
- Giải pháp lai



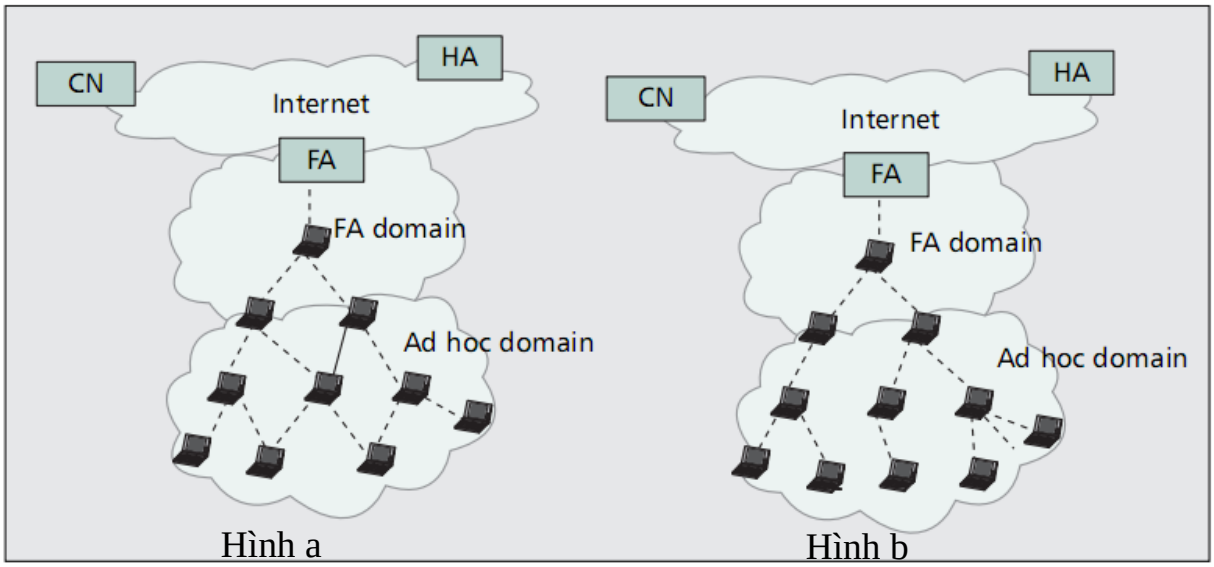
Hình 2.1. Phân loại các giải pháp tích hợp dựa trên thủ tục khám phá cổng

2.1.1. Giải pháp chủ động

Trong các giải pháp chủ động, thông điệp quảng cáo tác nhân được phát bởi các nút cổng và chuyển tiếp đến toàn bộ mạng Ad Hoc. Các thông báo quảng cáo tác nhân được sử dụng để phát hiện ra cổng, tạo ra tuyến đường mặc định, phát hiện di chuyển, và quyết định bàn giao dựa trên số chặng. Cụ thể các giải pháp chủ động gồm:

2.1.1.1. Giải pháp MEWLANA

Trong giải pháp MEWLANA (Mobile IP Enriched Wireless Local Area Network Architecture) [9], đề xuất hai giao thức mở rộng dung lượng mobile IP trong mạng Ad Hoc, đó là MEWLANA-TD và MEWLANA-RD. Trong đó có ba loại miền được xem xét: Miền INTERNET, miền FA, và miền Ad Hoc, như trong hình 2.2



Hình a MEWLANA-TD

Hình b MEWLANA-RD

Hình 2.2. Giao thức mở rộng dung lượng mobile IP trong mạng Ad Hoc

MEWLANA-TD sử dụng giao thức định tuyến DSDV để định tuyến các gói giữa FA và các nút Ad Hoc di động; Hình 2.2 a cho thấy con đường định tuyến giữa các nút di động tới FA bằng cách sử dụng DSDV. MEWLANA-RD sử dụng bảng định tuyến hai chiều (TBBR) để định tuyến các gói giữa các nút Ad Hoc di động và FA. Trong giao thức này, bảng định tuyến tại mỗi nút có hai loại. Loại thứ nhất được thiết lập khi nút di động nhận được một tín hiệu định kỳ từ FA, trong đó đề cập đến tuyến đường mặc định tới FA (cổng tải lên). Loại thứ hai được thiết lập khi nút di động nhận được thông điệp yêu cầu đăng ký từ nút di động cấp thấp. Lối vào này được sử dụng như cổng liên kết xuống, Hình 2.2 b hiển thị đường dẫn định tuyến giữa các nút di động tới FA sử dụng TBBR.

2.1.1.2. Giải pháp ICFIANET

Giải pháp ICFIANET (Integrated Connectivity Framework for INTERNET and Ad Hoc Networks) [15] đề xuất nâng cao các giao thức DSDV để giải quyết các vấn đề liên kết bị phá vỡ do tính di động cao, làm giảm hiệu quả hoạt động của giao thức

DSDV tiêu chuẩn đồng thời đưa ra một kết nối hai chiều cho mạng Ad Hoc và INTERNET dựa trên EDSDV.

2.1.2. Giải pháp theo yêu cầu

Trong các giải pháp theo yêu cầu, các nút di động bắt đầu khám phá định tuyến để tìm kiếm các nút cổng. Các nút di động gửi một thông điệp yêu cầu đường, hoặc một thông báo chào mời tác nhân, để tìm các nút cổng và tuyến đường tới nó. Giải pháp này sử dụng cổng định tuyến mất hiệu lực để phát hiện di chuyển và bắt đầu khám phá ra cổng. Các giải pháp theo yêu cầu bao gồm:

2.1.2.1. Giải pháp MMTHWMN

Giải pháp MMTHWMN (Micro-mobility within Wireless Ad Hoc Networks: Towards Hybrid Wireless Multihop Networks) [23] đề xuất tích hợp giữa Cellular IPv6 và AODVv6, cho phép các nút di động truy cập vào mạng Cellular IPv6 ngay cả khi nó ở một khoảng cách xa hơn 1 chặng kể từ trạm gốc.

2.1.2.2 Giải pháp CGAMANET

Giải pháp CGAMANET **(**Common Gateway Architecture for Mobile Ad Hoc Net-works) [16] đề xuất một kiến trúc để hỗ trợ nhiều cổng truy cập INTERNET trong mạng Ad Hoc di động. Kiến trúc này bao gồm một số điểm truy cập, được kết nối với một cổng INTERNET, và mạng Ad Hoc. Giải pháp này sử dụng giao thức định tuyến AODV. Trong kiến trúc này sử dụng ba loại nút, cụ thể:

- Các nút di động: Các nút Ad Hoc sử dụng giao thức định tuyến AODV giúp phát hiện ra cổng INTERNET
- Điểm truy cập: Các router dùng giao thức định tuyến AODV trong đó có hai giao diện: Một mạng không dây được kết nối với các mạng Ad Hoc và một mạng có dây được kết nối với gateway)
- Gateway: Một router có một kết nối đến tất cả các điểm truy cập và một kết nối khác tới INTERNET. Cấu trúc này quản lý không gian địa chỉ IP và chạy AODV với một số phần mở rộng cần thiết để kết nối với INTERNET. Khi gateway muốn tìm đường đến bất kỳ nút trong mạng Ad Hoc, nó sẽ gửi một thông điệp RREQ cho mỗi điểm truy cập. Các điểm truy cập gửi thông điệp RREQ tới vùng lân cận, và như vậy, đến đích. Sau đó, đích gửi một thông báo RREP đến gateway, do đó các tuyến đường sẽ được thiết lập từ gateway đến đích. Gateway lựa chọn tuyến đường với số chặng tối thiểu. Nếu gateway nhận được một thông điệp RREQ, nó sẽ gửi một thông điệp RREP thông qua các điểm truy cập, chính là các nút gửi thông điệp RREQ đến cổng. Nếu các tuyến đường bị mất, một tuyến đường tối ưu mới được thiết lập bằng cách sử dụng giao thức định tuyến AODV.

2.1.3. Giải pháp lai

Trong các giải pháp lai, cả hai phương pháp tiếp cận phát hiện gateway chủ động và theo yêu cầu, hoặc kết hợp các phương pháp tiếp cận chủ động và theo yêu cầu được sử dụng. Đây là loại tích hợp sử dụng các thông điệp quảng cáo tác nhân ngập lụt định kỳ để thông báo sự hiện diện của các nút gateway, và sử dụng thông điệp chào mời các tác nhân hoặc thủ tục khám phá tác nhân bởi các nút di động để phát hiện ra các nút gateway. Các giải pháp lai bao gồm:

2.1.3.1 Giải pháp ANETMIP

Trong giải pháp ANETMIP (Ad Hoc Networking with Mobile IP) [7], cơ chế phối hợp các giao thức trong mạng Ad Hoc với Mobile IP được thiết kế và thực hiện giúp các nút di động giao tiếp với nhau và truy cập INTERNET. Giải pháp đưa ra một sửa đổi giao thức thông tin định tuyến – RIP (Routing Information Protocol) [18, 19] để xử lý các định tuyến trong mạng Ad Hoc.

2.1.3.2. Giải pháp MIPMANET

Trong giải pháp MIPMANET (Mobile IP for Mobile Ad Hoc Networks) [4], giúp cho các nút di động trong mạng Ad Hoc có thể truy cập INTERNET và các dịch vụ di động của Mobile IP. Trong đó, FA được sử dụng như một điểm truy cập INTERNET, giao thức định tuyến AODV được sử dụng để định tuyến các gói giữa FA và các nút trong Ad Hoc. Khi một nút mới muốn truy cập INTERNET, nó đăng ký với FA sử dụng địa chỉ nhà của nó. Các nút di động trong mạng Ad Hoc tạo đường hầm cho các gói tới FA để gửi chúng đến INTERNET. FA chỉ đơn giản là gửi gói tin bất kỳ từ INTERNET tới các nút di động trong mạng Ad Hoc. Việc định tuyến các gói dữ liệu bên trong mạng Ad Hoc dựa vào việc sử dụng các giao thức định tuyến Ad Hoc, trong trường hợp này là AODV. MIPMANET sử dụng cơ chế khám phá tuyến của giao thức định tuyến AODV để tìm kiếm các điểm đích.

Nếu các tuyến đường đến đích không được tìm thấy trong Ad Hoc, các nút di động thiết lập một đường hầm tới FA dựa vào tuyến đường mặc định các nút di động đăng ký với FA.

2.1.3.3. Giải pháp GCIPv4MANET

Trong giải pháp GCIPv4MANET (Global Connectivity for IPv4 Mobile Ad Hoc Networks) [8], đề xuất tích hợp giữa Mobile IPv4 và AODV, tức là một nút di động bên ngoài phạm vi truyền của FA có thể có được một CoA và kết nối với INTERNET thông qua các chặng trong MANET. Nó có thể đi đến một mạng con MANET khác mà không ngắt kết nối sử dụng mobile IP.

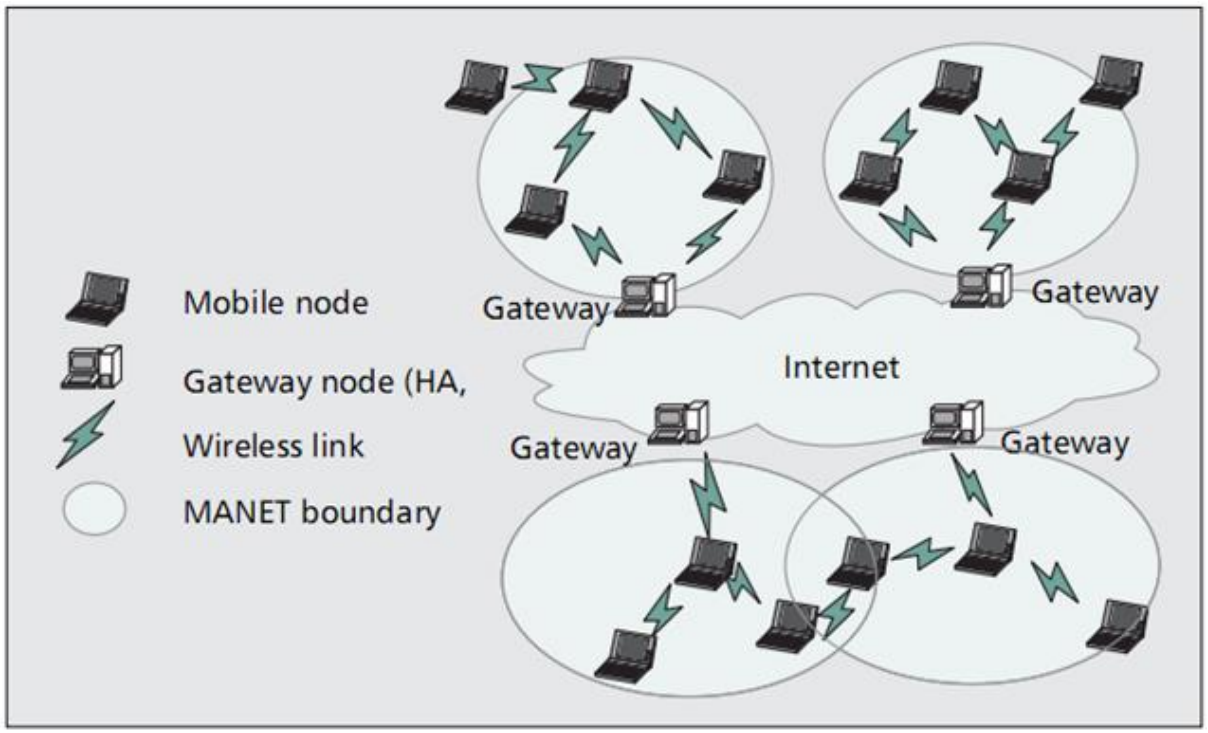
2.1.3.4. Giải pháp ICAMNET

Trong giải pháp ICAMNET (INTERNET Connectivity for Ad Hoc Mobile Networks) [10] tương tự như GCIPv4MANET [8], nó thể hiện sự tích hợp giữa

Mobile IP và AODV, nút di động trong mạng Ad Hoc có thể có được kết nối INTERNET và đi đến mạng con khác mà vẫn giữ nguyên kết nối.

2.1.3.5. Giải pháp MIPANETIIE

Trong giải pháp MIPANETIIE (Mobile IP and Ad Hoc Networks: An Integration and Implementation) [11], đề xuất tích hợp nhiều mạng MANET với INTERNET bằng cách sử dụng các điểm truy cập khác nhau gọi là các cổng, cụ thể trong giải pháp tích hợp này, các mạng không dây đơn bước được mở rộng cho nhiều mạng MANET. Hình 2.3 cho thấy kiến trúc này.



Hình 2.3: Kiến trúc mạng tích hợp

2.1.3.6. Giải pháp GCIPv6MANET

Giải pháp GCIPv6MANET (Global Connectivity for IPv6 Mobile Ad Hoc) [12] mô tả cách thức các nút MANET giao tiếp với INTERNET cố định. Kết nối giữa các nút MANET và INTERNET thông qua các nút được gọi là các cổng mạng, các nút cổng mạng kết nối với INTERNET sử dụng giao diện có dây và kết nối với MANET sử dụng giao diện không dây. Trong đó các nút MANET có thể tạo ra một địa chỉ IPv6 toàn cục, được sử dụng để gửi /nhận các gói tin đi/ đến INTERNET.

2.1.3.7. Giải pháp HAICMANET

Trong giải pháp HAICMANET **(**A Hybrid Approach to INTERNET Connectivity for Mobile Ad Hoc Networks) [5], đề xuất phương pháp ghép cho phép các nút MANET có được kết nối INTERNET sử dụng mobile IP. FA định kỳ phát quảng bá các thông điệp quảng cáo tác nhân. Như vậy, các thông báo quảng cáo tác nhân được phát quảng bá trong MANET và trong khu vực cách FA n-chặng. Bất kỳ 1 nút di động cách FA n chặng đều có thể nhận được cập nhật thông tin về FA. Các nút

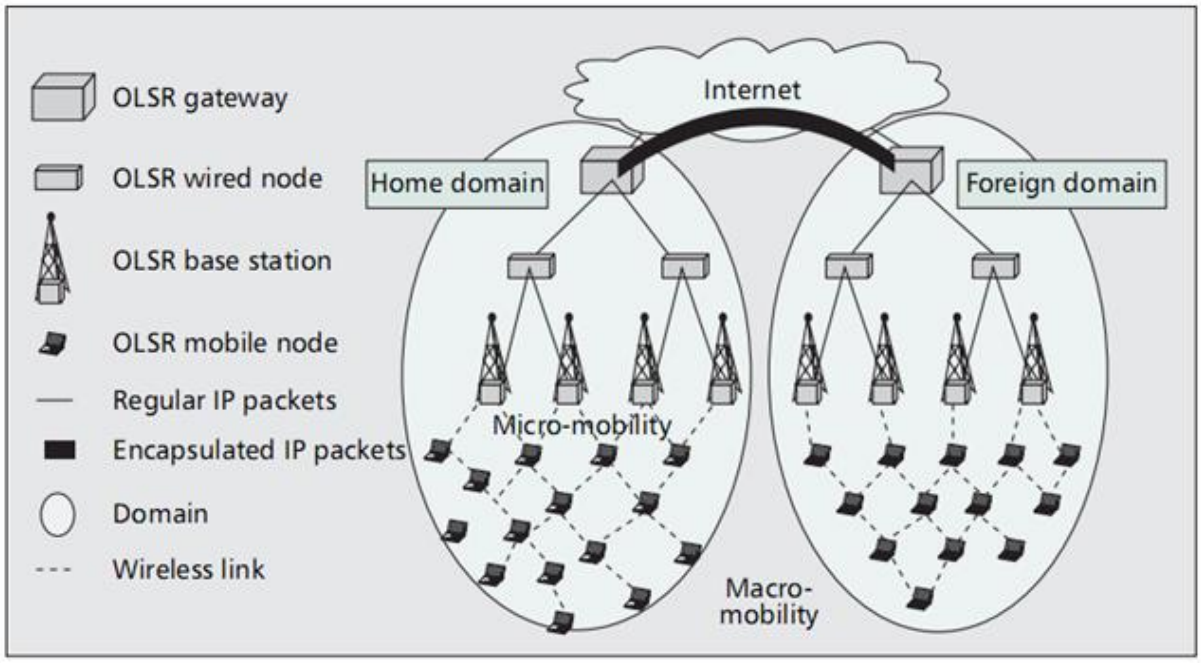
di động cách FA nhiều hơn n chặng và muốn kết nối INTERNET cần phát quảng bá một thông điệp chào mời để khám phá FA. Các nút trung gian nhận được thông điệp quảng cáo tác nhân mới và có một tuyến đường chính xác tới FA có thể trả lời các nút di động với một quảng cáo truyền unicast.

2.1.3.8. Giải pháp DMIPRANET

Giải pháp DMIPRANET **(**Dynamic Mobile IP Routers in Ad Hoc Networks) [6] đề xuất tích hợp giữa hệ thống Cellular (GPRS) và mạng Ad Hoc sử dụng Mobile IP. Trong đó sử dụng các bộ định tuyến di động như một cổng giữa HA và các nút di động Ad Hoc.

2.1.3.9. Giải pháp IntMIPOLSR

Trong giải pháp IntMIPOLSR (Integration of Mobile-IP and OLSR for Universal Mobility) [13] đề xuất sử dụng kiến trúc quản lý di động phân cấp để kết nối bên trong các nút MANET với INTERNET. Các mạng truy cập của kiến trúc này được gọi là mạng truy cập OLSR-IP. Nó bao gồm các thành phần như thể hiện trong hình 2.4.



Hình 2.4: Kiến trúc mạng OLSR-IP

2.1.3.10. So sánh các giải pháp tích hợp

a. So sánh các giải pháp chủ động

Giải pháp	MEWLANA[9]	ICFIANET[15]
1. Hỗ trợ di động	Không	Không
2. Khám phá cổng	1 phương pháp	1 phương pháp
3. Đường hầm	Không	Không

Giải pháp	MEWLANA[9]	ICFIANET[15]
4. Quảng cáo tác nhân định kỳ	Có	Không
5. Phát hiện di chuyển	Số chặng	Độ đo số chặng vô hạn
6. Quyết định chuyển giao	Số chặng	Độ đo số chặng vô hạn
7. Mobile IP	MIPv4	MIPv4
8. Giao thức định tuyến Ad Hoc	DSDV & TBBR	EDSDV
9. Giải pháp thực hiện	Điều chỉnh Mobile IP làm việc với DSDV và hỗ trợ TBBR	Điều chỉnh DSDV để hỗ trợ Mobile IP
10. Quảng cáo tác nhân Unicast định kỳ	Không, đề cập như một đề xuất	Không
11. Sử dụng chào mời tác nhân cho khám phá cổng	Không, đề cập như một đề xuất	Không
12. Hợp nhất khái niệm tuyến mặc định với giao thức định tuyến Ad Hoc	Có	Không
13. Định tuyến giữa các node MANET và gateway	Sử dụng thiết lập tuyến bởi thông điệp quảng cáo tác nhân	Theo giao thức EDSDV

b. So sánh các giải pháp theo yêu cầu

Giải pháp	MMTHWMN[23]	CGAMANET[16]
1. Hỗ trợ di động	Có	Có
2. Khám phá cổng	1 phương pháp	1 phương pháp
3. Đường hầm	Không	Không
4. Quảng cáo tác nhân định kỳ	Không	Không
5. Phát hiện di chuyển	Được kiểm tra bởi node di	Mất hiệu lực lối vào

Giải pháp	MMTHWMN[23]	CGAMANET[16]
	động trong vùng phủ sóng của trạm cơ sở	
6. Quyết định chuyển giao	Được kiểm tra bởi node di động trong vùng phủ sóng của trạm cơ sở	Mất hiệu lực lối vào
7. Mobile IP	Cellular IPv6	Không
8. Giao thức định tuyến Ad Hoc	AODVv6	AODV
9. Giải pháp thực hiện	Tổ hợp của Cellular IPv6 và AODVv6	Điều chỉnh AODV để điều khiển di động
10. Quảng cáo tác nhân Unicast định kỳ	Không	Không
11. Sử dụng chào mời tác nhân cho khám phá cổng	Sử dụng tiếp nhận tuyến	Không
12. Hợp nhất khái niệm tuyến mặc định với giao thức định tuyến Ad Hoc	Không	Có
13. Định tuyến giữa các node MANET và gateway	Dùng tiêu đề định tuyến IPv6	Theo giao thức AODV

c. So sánh các giải pháp lai

Giải pháp	ANETMIP[7]	MIPMANET[4]	GCIPv4MANET[8]	ICMANET[10]	MIPANETIIE[11]
1. Hỗ trợ di động	Không	Không	Không	Không	Có
2. Khám phá cổng	2 Phương pháp	2 Phương pháp	2 Phương pháp	2 Phương pháp	2 Phương pháp
3. Đường hầm	Không	Có	Không	Không	Không
4. Quảng cáo tác nhân	Có	Có	Có	Có	Có

Giải pháp	ANETMIP[7]	MIPMANET[4]	GCIPv4MANET[8]	ICMANET[10]	MIPANETIIE[11]
định kỳ					
5. Phát hiện di chuyển	Nhận quảng cáo tác nhân từ FA mới	Thuật toán MIPMANET Eager Cell Switching	Giống MIPv4	Nhận quảng cáo tác nhân từ FA mới	Giống MIP
6. Quyết định chuyển giao	Khoảng cách ngắn nhất	Thuật toán MIPMANET Eager Cell Switching	Giống MIPv4	Nếu node di động không nhận quảng cáo tác nhân từ FA đã đăng ký	Khoảng cách ngắn nhất
7. Mobile IP	MIPv4	MIPv4	MIPv4	MIPv4	MIPv4
8. Giao thức định tuyến Ad Hoc	RIP	AODV	AODV	AODV	DSDV
9. Giải pháp thực hiện	Điều chỉnh Mobile IP làm việc với RIP	Điều chỉnh Mobile IP làm việc với AODV	Điều chỉnh Mobile IP làm việc với AODV	Điều chỉnh Mobile IP làm việc với AODV	Điều chỉnh Mobile IP làm việc với DSDV
10. Quảng cáo tác nhân Unicast định kỳ	Không	Không	Không	Không	Không
11. Sử dụng chào mời tác nhân cho khám phá cổng	Có	Có	Không	Không	Có

Giải pháp	ANETMIP[7]	MIPMANET[4]	GCIPv4MANET[8]	ICMANET[10]	MIPANETIIE[11]
12. Hợp nhất khái niệm tuyến mặc định với giao thức định tuyến Ad Hoc	Có	Có	FA như tuyến mặc định	Không	Có
13. Định tuyến giữa các node MANET và gateway	Điều chỉnh theo RIP	Sử dụng đường hầm	Chuyển tiếp IP thông thường	Chuyển tiếp IP chuẩn	Dựa vào định tuyến DSDV

Giải pháp	GCIPv6MANET[12]	HAICMANET[5]	IntMIPOLSR[13]	DMIPRANET[6]
1. Hỗ trợ di động	Không	Không	Có	Không
2. Khám phá cổng	2 Phương pháp	2 Phương pháp	2 Phương pháp	2 Phương pháp
3. Đường hầm	Không	Tới FA: Có; Từ FA: Không	Không	Có
4. Quảng cáo tác nhân định kỳ	Không	Có	Có	Có
5. Phát hiện di chuyển	Giống MIPv6	Thuật toán MMCS Cell switching [4]	OLSR cho mạng di động nhỏ và Mobile IP cho mạng di động lớn	Nhận quảng cáo tác nhân từ bộ định tuyến di động khác
6. Quyết định chuyển giao	Giống MIPv6	Thuật toán MMCS Cell switching [4]	OLSR cho mạng di động nhỏ và Mobile	Dựa vào giá trị TTL

Giải pháp	GCIPv6MANET[12]	HAICMANET[5]	IntMIPOLSR[13]	DMIPRANET[6]
			IP cho mạng di động lớn	
7. Mobile IP	MIPv6	MIPv4	MIPv4	MIPv4
8. Giao thức định tuyến Ad Hoc	AODVv6	AODV	OLSR	AODV
9. Giải pháp thực hiện	Điều chỉnh Mobile IPv6 làm việc với AODVv6	Điều chỉnh Mobile IP làm việc với AODV	Điều chỉnh OLSR để hỗ trợ di động	Điều chỉnh Mobile IP làm việc với AODV
10. Quảng cáo tác nhân Unicast định kỳ	Không	Không	Không	Không
11. Sử dụng chào mời tác nhân cho khám phá cổng	Có	Có	Có	Có
12. Hợp nhất khái niệm tuyến mặc định với giao thức định tuyến Ad Hoc	Có	Không	Không	Không
13. Định tuyến giữa các node MANET và	Sử dụng tuyến mặc định	Sử dụng đường hầm và AODV	Dựa vào định tuyến OLSR	Sử dụng đường hầm

Giải pháp	GCIPv6MANET[12]	HAICMANET[5]	IntMIPOLSR[13]	DMIPRANET[6]
gateway				

d. So sánh tổng hợp

	Giải pháp chủ động	Giải pháp theo yêu cầu	Giải pháp lai
Quảng cáo tác nhân định kỳ	Có	Không	Có
Sử dụng chào mời tác nhân để khám phá cổng	Không	Có	Có
Khám phá cổng	1 phương pháp (Chủ động)	1 Phương pháp (Theo yêu cầu)	2 Phương pháp (Chủ động và theo yêu cầu)

2.2. Tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP (MIPMANET)

Những ưu điểm khi tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP:

- Chia các nhiệm vụ của giao thức định tuyến và Mobile IP đồng thời cung cấp tương tác trong suốt giữa giao thức định tuyến và Mobile IP.
- Mobile IP giúp FA trao đổi thông tin với các nút di động mà không làm ảnh hưởng đến INTERNET cố định.
- Các nút trong mạng Ad Hoc không sử dụng Mobile IP nhìn thấy mạng Ad Hoc là một mạng độc lập, tức là chúng không biết về INTERNET cố định.
- Sử dụng một mô-đun riêng biệt IWU (Interworking Unit) bằng cách tích hợp mô-đun này với FA giúp cho việc trao đổi thông tin trong mạng dễ dàng hơn mà không làm ảnh hưởng đến toàn mạng.

2.2.1. Cách thức hoạt động của Mobile IP trong MANET

2.2.1.1. Quảng cáo tác nhân định kỳ

Trong Mobile IP, FA phát broadcast quảng cáo tác nhân định kỳ với thời gian khoảng một giây. Như vậy mạng Ad Hoc tràn ngập định kỳ bởi các quảng cáo tác nhân của FA, gây tốn băng thông của mạng. Để khắc phục điều này có 4 giải pháp:

- Tăng khoảng thời gian định kỳ phát broadcast quảng cáo.
- Chỉ quảng cáo Unicast đến các nút đăng ký.
- Hạn chế TTL (Time To Live) của quảng cáo.
- Sử dụng một chương trình kết hợp.

a. Tăng khoảng thời gian định kỳ phát broadcast quảng cáo

Tăng khoảng thời gian giữa hai quảng cáo tác nhân liên tiếp, số lượng quảng cáo tác nhân phát broadcast sẽ được giảm. Như vậy băng thông của mạng sẽ được tăng lên.

Nhược điểm: Có tác động tiêu cực tới tất cả các cơ chế trong Mobile IP như: Phát hiện tác nhân, phát hiện di chuyển và phát hiện truy cập. Nếu khoảng thời gian định kỳ phát quảng cáo được tăng lên các nút thăm sẽ nhận được ít thông tin từ các FA hiện tại, do đó các nút sẽ khó phát hiện các FA mới nếu như nó đã mất liên lạc với các FA mà nó đã đăng ký, việc xác định các FA mới cũng chậm hơn so với khi chưa tăng thời gian định kỳ phát quảng cáo gây ra bàn giao kém hiệu quả và khả năng tìm kiếm tác nhân sẽ tăng thêm chi phí.

Ngoài ra, các nút sẽ khó có thể truy cập INTERNET cố định vì sẽ mất thời gian lâu hơn để phát hiện rằng nó đã mất liên lạc với FA của nó.

b. Unicast định kỳ

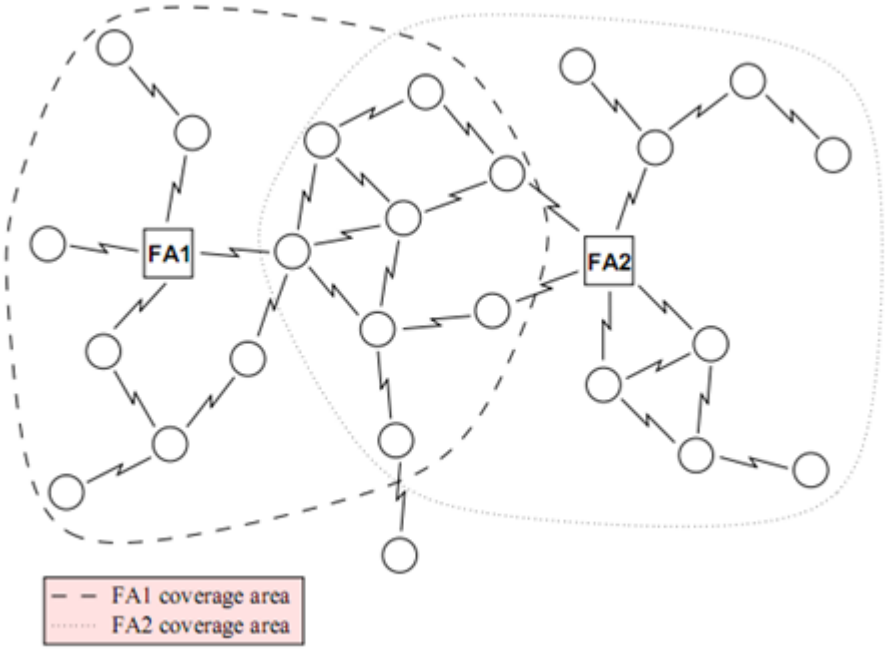
Một cách khác để tăng băng thông mạng đó là chỉ gửi quảng cáo tác nhân unicast đến các nút đăng ký. Tức nếu không có nút nào đăng ký với FA thì FA sẽ không gửi bất kỳ quảng cáo tác nhân định kỳ nào.

Nhược điểm: Thiếu bàn giao và các nút di động khó có thể tìm FA mới và gần hơn để đăng ký. Cách duy nhất cho một nút di động để tìm một FA là phát broadcast một chào mời tác nhân.

c. Giới hạn TTL

Cách thứ ba giúp tăng băng thông mạng là thiết lập trường TTL trong IP header chỉ trong một vài chặng. Trong cách này chỉ có các nút di động cách FA một số hữu hạn chặng sẽ nhận được quảng cáo tác nhân từ nó và do đó cũng có thể đăng ký với nó. Các nút có số chặng nhiều hơn giá trị TTL được sử dụng trong các quảng cáo tác nhân sẽ không thể nghe thấy từ các FA.

Nhược điểm: Các nút mà không đủ gần có thể không tìm thấy bất kỳ FA nào. Tuy nhiên, việc giới hạn TTL này có thể tích hợp với các cách khác. Ví dụ trong hình 2.5 cho thấy 1 mạng Ad Hoc thiết lập TTL của FA1 và FA2 bằng 3, như trong hình chỉ có 1 số nút nhận được quảng cáo tác nhân từ một trong hai FA, một số nút nhận được quảng cáo cả từ hai FA, tuy nhiên có một nút không nhận được bất kỳ quảng cáo tác nhân nào từ cả hai FA vì nó nằm xa hơn 3 chặng so với cả hai FA.



Hình 2.5. Vùng phủ sóng của FA1 và FA2 với TTL có giá trị bằng 3

d. Chương trình kết hợp

Phương pháp sử dụng chương trình kết hợp có nghĩa là thay vì có mỗi nút trong mạng chuyển broadcast quảng cáo, thì có thể để cho các nút đó nhận được nhiều quảng cáo, kiểm tra các quảng cáo và đưa ra quyết định xem quảng cáo nào là tốt nhất và thực hiện chuyển các quảng cáo đó.

Ưu điểm của phương pháp này là mỗi quảng cáo tác nhân phát broadcast sẽ chỉ làm ngập 1 phần của mạng, vì mỗi nút sẽ không chuyển tiếp tất cả quảng cáo. Trong phương pháp này một quảng cáo tác nhân từ một FA mà một nút di động đăng ký có thể không đến nút di động mặc dù chúng vẫn còn có khả năng kết nối với nhau. Điều này xảy ra khi một nút di động trung gian không chuyển tiếp quảng cáo vì nó đã chuyển một quảng cáo từ một FA gần hơn. Do nút di động chỉ đăng ký với FA mới nếu như các FA là gần nhất với một số lượng nhất định các quảng cáo liên tiếp.

Nhược điểm: Một nút có thể có những yêu cầu dịch vụ khác nhau tới FA. Cách duy nhất để một FA đáp ứng các dịch vụ mà nút trong mạng yêu cầu là nhận được một quảng cáo tác nhân từ nó. Nếu một nút quyết định chỉ chuyển tiếp các quảng cáo từ các FA gần nhất, khi đó một nút đòi hỏi một dịch vụ đặc biệt mà chỉ có FA nằm cách xa mới đáp ứng được thì khi đó nút sẽ không nhận được dịch vụ mà nó yêu cầu. Để khắc phục vấn đề này, các quảng cáo dịch vụ giống nhau sẽ được loại bỏ.

2.2.1.2. Chào mời tác nhân

Trong Mobile IP một nút thăm muốn tìm một FA cần phát broadcast một chào mời tác nhân và mỗi chào mời được trả lời với một quảng cáo tác nhân unicast đến nút

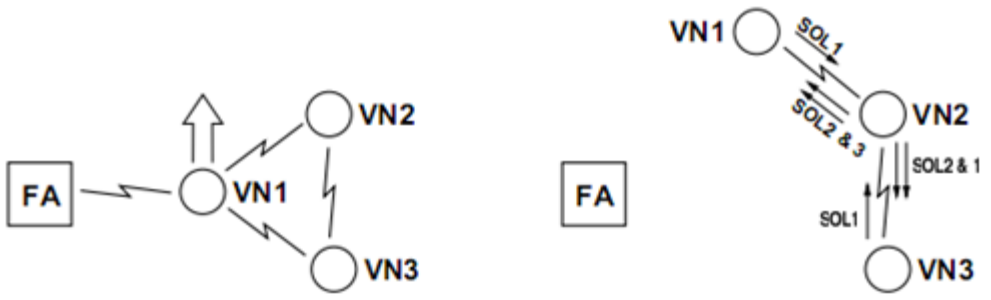
mời. Điều này sẽ làm tốn băng thông mạng, để hạn chế điều đó có 2 phương pháp, gồm:

- Nút điều phối
- Quảng cáo tác nhân cache

a. Nút điều phối

Trong phương pháp này: FA sẽ phát broadcast quảng cáo tác nhân khi nhận được yêu cầu tìm kiếm FA từ các nút. Một nút mà nhận được một yêu cầu tìm kiếm FA giống nó từ các nút khác thì nó sẽ hủy yêu cầu tìm kiếm của nó. Tuy nhiên, có một vấn đề đó là nếu các nút cùng có yêu cầu tìm kiếm tác nhân cùng một thời điểm, khi đó mạng sẽ bị ngập lụt các yêu cầu. Để hạn chế điều này, có một phương pháp đó là lập lịch chào mời tác nhân.

Trong một mạng Ad Hoc, các nút thăm đã đăng ký có thể sử dụng một tuyến đường đa chặng để tới FA của chúng (điều này trái ngược với Mobile IP: Các nút thăm không phụ thuộc vào bất kỳ nút khác để tiếp cận các FA). Nếu như một nút di chuyển và tất cả các tuyến đường qua nó phá vỡ, một số nút thăm sẽ mất liên lạc với FA của chúng. Trong hình 2.6 các nút thăm VN1, VN2, VN3 đều đăng ký với FA. Khi VN1 di chuyển đi, tất cả các nút thăm tiếp xúc lỏng lẻo với FA và quyết định phát yêu cầu tìm kiếm tác nhân cùng lúc.



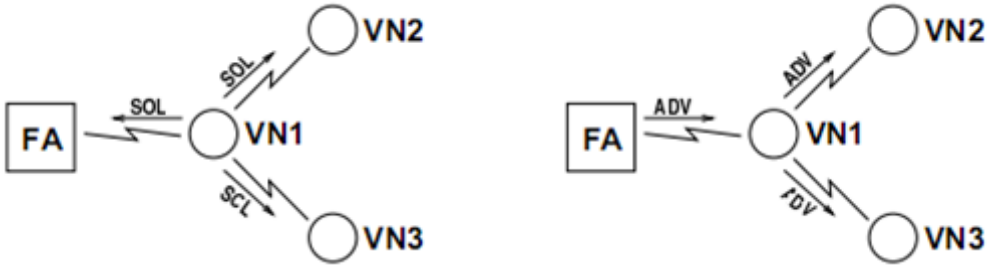
Nút VN1 di chuyển đi Các nút mất liên lạc với FA

Hình 2.6. Ba nút thăm không thể liên lạc được với FA thông qua chào mời tác nhân của chúng

Như vậy xác suất chào mời đồng thời được phát broadcast trong một mạng Ad Hoc lớn hơn trong Mobile IP. Để giảm xác suất này, một chào mời tác nhân phát broadcast bởi một nút di động được tiếp nhận và xử lý bởi tất cả các nút di động có sử dụng Mobile IP trong toàn bộ mạng Ad Hoc. Nếu một nút di động nhận được một chào mời tác nhân nó sẽ không gửi một chào mời của riêng nó trong một chu kỳ nhất định (gọi là khoảng chu kỳ chào mời). Điều này được thể hiện trong hình 2.7, khi VN1 phát một chào mời và cả VN2 & VN3 hủy chào mời của chúng. Các FA trả lời chào mời này với một quảng cáo broadcast tới tất cả các nút thăm.

Nếu so sánh cách Mobile IP xử lý các chào mời tác nhân với cách đã mô tả ở trên, cho thấy rằng tất cả các thời gian liên lạc với một FA rất chậm, bình thường

Mobile IP sẽ tạo ra n_{vn} chào mời tác nhân phát quảng bá và $n_{vn} - n_{FA}$ quảng cáo tác nhân unicast, trong đó n_{vn} là số nút thăm đã được đăng ký với FA bị mất liên lạc và n_{FA} là số lượng FA có thể truy cập trong mạng Ad Hoc. Nếu sử dụng các nút thăm điều phối, chỉ cần n_{FA} quảng cáo chào mời tác nhân được phát broadcast. Tức là nếu có hai FA có thể truy cập, thì chỉ cần phát broadcast 2 quảng cáo tác nhân cùng 1 khoảng thời gian.



VN1 gửi chào mời FA gửi broadcast quảng cáo tác nhân

Hình 2.7. Ba nút đến thăm điều phối chào mời tác nhân của chúng

Lập lịch chào mời tác nhân:

Để khắc phục việc một vài nút gửi quảng cáo tác nhân cùng một lúc cần lập lịch gửi chào mời tác nhân cho các nút di động bằng cách thiết lập thời gian ngẫu nhiên để các nút được phép gửi yêu cầu chào mời tác nhân tỷ lệ thuận với số chặng tới các FA mà nó đã mất liên lạc. Ví dụ một nút X nào đó có n_{hops} là số chặng tới FA mà đã đăng ký trước đó, t_{hop} là thời gian một gói tin đi qua một chặng, công thức thiết lập thời gian Δ_x là thời gian nút phải đợi trước khi gửi chào mời tác nhân:

$$\Delta_x = t_{hop}.(n_{hops} - 1 + Rand(0,1)) \quad (2.1)$$

Lưu ý khi sử dụng công thức này thì chào mời đầu tiên trong mạng gửi bởi bất kỳ nút nào đó sẽ không được gửi trước t_{hop} *($n_{hop,\ min}$ - 1) giây (trong đó $n_{hop,\ min}$ là n_{hops} của nút gần nhất với FA). Như vậy hiệu suất của công thức 2.1 phụ thuộc vào đường kính mạng và mật độ của các nút thăm trong mạng.

b. Quảng cáo tác nhân cache

Phương pháp này cho phép một nút khi nhận được quảng cáo tác nhân từ FA nó sẽ lưu lại và khi có một nút nào đó phát đi một yêu cầu tìm kiếm FA nó sẽ chuyển tiếp quảng cáo mà nó lưu trữ cho nút yêu cầu, cụ thể như hình 2.8. Khi nút thăm VN2 di chuyển tới gần nút thăm VN1 và gửi một chào mời để tìm một FA thích hợp để đăng ký. VN1 có một quảng cáo được lưu trữ trong bộ nhớ cache của nó và gửi một bản sao của quảng cáo này đến VN2.

VN2 di chuyển tới VN1 VN1 gửi quảng cáo lưu trữ cho VN2

Hình 2.8. Nút trung gian trả lời với quảng cáo tác nhân lưu trữ

Nhược điểm: Có thể sẽ gửi lại quảng cáo đã hết hạn, như vậy có thể có những nút sẽ không tìm được FA mà nó cần và việc lưu trữ thông tin quá hạn là không hiệu quả.

Khắc phục nhược điểm trên bằng cách cho phép một nút trả lời một quảng cáo tác nhân cache nếu thời gian sống của quảng cáo là lớn hơn rất nhiều so với thời gian sống ban đầu trừ đi khoảng thời gian định kỳ phát quảng cáo. Tức là các node nhận được quảng cáo mới nhất sẽ được phép trả lời.

Tuy nhiên, nhược điểm khác đó là một nút di động có thể sẽ trả lời với một quảng cáo tác nhân cho một FA mà không còn truy cập được. Cụ thể trong hình 2.9, khi VN1 di chuyển ra khỏi FA. Ngay trước khi VN1 mất liên lạc với FA, nó nhận được một quảng cáo tác nhân từ FA. VN2 mà muốn tìm một FA sẽ gửi một chào mời và VN1 sẵn sàng gửi một quảng cáo tác nhân lưu trữ cho VN2 nhưng FA này không còn truy cập được nữa.

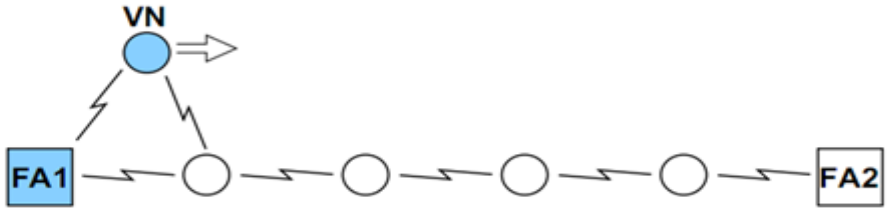
VN1 di chuyển tới VN2 VN1 gửi quảng cáo lưu trữ tới VN2

Hình 2.9. Sử dụng quảng cáo tác nhân lưu trữ trong khi FA không còn truy cập được

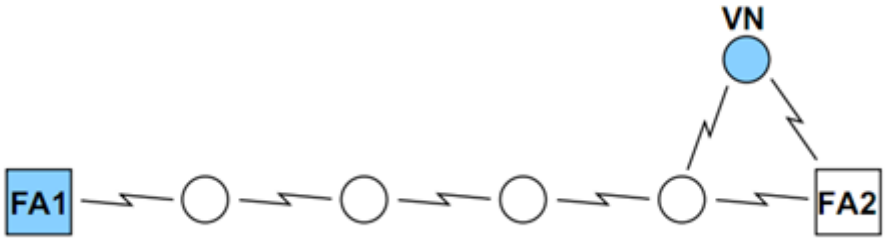
2.2.1.3. Phát hiện di chuyển

Việc lựa chọn giữa các FA trong mạng Ad Hoc khá phức tạp so với mạng sử dụng giao thức Mobile IP bởi vì Ad Hoc là mạng đa chặng trong khi mạng áp dụng Mobile IP là đơn chặng. Ví dụ như trong hình 2.10, một nút đăng ký với FA1 và sau đó di chuyển đến gần FA2, khi đó tuy FA2 chỉ cách nút một chặng và tuyến đường tới FA1 kéo dài vài chặng nhưng nút vẫn không chuyển sang FA2. Điều này làm giảm hiệu năng của mạng.

Mặt khác, trong Mobile IP không có trường đếm số hop quy định tại IP header nhưng trong AODV lại có, do đó việc kết hợp giữa sử dụng Mobile IP và AODV có vị trí quan trọng trong việc phát hiện di chuyển của các nút.



(a) Node VN đăng ký với FA1 và bắt đầu di chuyển



(b) Node VN vẫn duy trì kết nối với FA1 mặc dù chỉ cách FA2 một chặng

Hình 2.10. Hạn chế khi một nút không chuyển sang FA gần hơn

Ngoài ra, sử dụng phương pháp tương tự phương pháp ECS (Eager Cell Switching) để giúp các nút phát hiện di chuyển và đăng ký được với FA gần nhất trong mạng Ad Hoc.

2.2.1.4. Thuật toán MIPMANET ECS

Điểm đặc biệt của thuật toán MIPMANET ECS (Eager Cell Switching) đó là cho phép các nút chuyển đổi qua lại giữa các FA một cách có kiểm soát. Tức là một nút thăm có thể đăng ký với một FA nếu nó có số chặng tới FA đó ít hơn so với FA mà nó đang đăng ký, với một số lượng nhất định các quảng cáo tác nhân liên tục.

Để có thể chuyển đổi giữa các FA, các nút thăm cần nhận quảng cáo tác nhân từ các FA tham gia vào việc chuyển đổi. Nếu quảng cáo tác nhân định kỳ chỉ được gửi unicast đến nút đăng ký của từng FA tương ứng, các nút thăm sẽ không dễ dàng phát hiện các FA mới. Nếu quảng cáo tác nhân được phát broadcast theo yêu cầu để chào mời thì nút thăm có thể phát hiện các FA mới bất cứ khi nào bất kỳ 1 nút nào đó trong mạng chào mời. Nếu chúng được gửi unicast, các nút chỉ có thể phát hiện các FA mới bằng cách phát broadcast một chào mời của riêng mình. Như vậy, thuật toán MIPMANET Cell Switching sẽ đạt hiệu quả cao hơn khi quảng cáo tác nhân định kỳ được phát broadcast.

2.2.1.5. Đăng ký và vận chuyển gói dữ liệu

Thủ tục đăng ký giống như trong Mobile IP với ngoại lệ là yêu cầu đăng ký phải đi qua nhiều chặng trước khi nó đến FA và ngược lại cũng qua nhiều chặng cho trả lời đăng ký.

Cách thức quyết định gói dữ liệu sẽ được vận chuyển đó là khi một nút nhận được một trả lời đăng ký từ FA của nó, Mobile IP thiết lập một mục mặc định trong bảng định tuyến và thiết lập một đường hầm giữa các nút và các FA. Cụ thể một gói tin đến tại hàng đợi đầu ra IP sẽ được xử lý theo cách sau:

- Tìm kiếm tuyến đường trong bảng định tuyến phù hợp với địa chỉ IP đích. Nếu tìm thấy, sẽ sử dụng tuyến đường đó.
- Nếu không, cố gắng tìm một con đường chính trong mạng Ad Hoc bằng cách sử dụng các cơ chế khám phá tuyến. Nếu tìm thấy, sẽ sử dụng tuyến đường đó.
- Nếu không, hình thành đường hầm gói tin đến các FA.

Tức là, nếu một tuyến đường không thể được tìm thấy trong các mạng Ad Hoc, các giao thức định tuyến cần phải xem nó là một tuyến đường chính đến đích được thiết lập đường hầm (lối vào mặc định). Sau đó, tất cả các gói tin khác với cùng một điểm đến/đích sẽ được chuyển đến các đường hầm như các tuyến đường chính được tìm thấy trong bước đầu tiên của quy trình tra cứu tuyến đường trên.

Khi Mobile IP (trong nút thăm) xác định rằng nó đã mất liên lạc với các FA mà nó đăng ký, Mobile IP có thể loại bỏ các lối vào mặc định trong bảng định tuyến cũng như tất cả các tuyến đường chính có sử dụng đường hầm.

2.2.1.6. Giải pháp thích ứng

Giải pháp thích ứng được sử dụng khi có nhiều nút sử dụng Mobile IP để kết nối với INTERNET.

Giải pháp này cho phép các FA quyết định gửi quảng cáo tác nhân broadcast hoặc unicast đến nút di động đã đăng ký. Khi chỉ có một vài nút di động đăng ký, FA sẽ chỉ gửi unicast đến các nút đó. Khi số lượng các nút di động đăng ký đạt đến một ngưỡng nào đó, khi đó các FA quyết định bắt đầu gửi broadcast quảng cáo tác nhân thay thế và FA chỉ quay lại phát unicast khi đăng ký hết hạn từ nhiều nút. Nhược điểm của giải pháp trên là có thể gây ngập lụt mạng khi thời hạn phát broadcast chưa hết trong khi chỉ còn một nút cần đăng ký quảng cáo tác nhân từ FA.

2.2.2. Các điều chỉnh để Mobile IP hoạt động tốt hơn trong MANET

Các điều chỉnh đối với Mobile IP:

- Thay vì phát broadcast quảng cáo tác nhân định kỳ, chúng có thể được phát unicast định kỳ chỉ đến các nút đăng ký.
- Quảng cáo tác nhân có thể được phát broadcast (trong mạng Ad Hoc) theo yêu cầu để chào mời tác nhân thay vì phát unicast. Điều này giúp giảm thiểu số lượng chào mời được gửi.
- Sử dụng thuật toán MIPMANET ECS để chuyển đổi giữa các FA.

Để việc điều chỉnh không ảnh hưởng nhiều đến Mobile IP, có các MIPMANET IWU được chèn vào giữa các tác nhân di động của Mobile IP và mạng Ad Hoc. Các IWU này biến đổi giao tiếp liên kết lớp của Mobile IP để giao tiếp lớp có thể được định tuyến trên các mạng Ad Hoc.

2.2.2.1. Quảng cáo tác nhân định kỳ

Có hai phương pháp cơ bản để làm thế nào các quảng cáo tác nhân định kỳ gửi bởi các FA có thể được xử lý:

- Phát broadcast đến tất cả các nút
- Gửi unicast chỉ đến các nút thăm đăng ký.

Khi phát broadcast quảng cáo tác nhân, Mobile IP vẫn gửi các dịch vụ được sử dụng tới nút thăm bình thường. Tuy nhiên việc phát broadcast gây ngập lụt mạng làm tốn băng thông mạng.

Với quảng cáo tác nhân được gửi unicast, việc gửi các dịch vụ được sử dụng cho các nút thăm của Mobile IP sẽ bị ảnh hưởng, dẫn đến các nút có thể không được đáp ứng dịch vụ mà nó cần, tuy nhiên phương pháp này không làm ngập lụt mạng và các nút không sử dụng Mobile IP không bị ảnh hưởng.

Trong Mobile IP, thời gian giữa hai quảng cáo tác nhân liên tiếp mất khoảng 1 giây nhưng đối với Ad Hoc quảng cáo trong khoảng thời gian như vậy là quá thường xuyên vì vậy cần phải tăng khoảng thời gian này lên. Khi tăng khoảng thời gian này sẽ có tác động đến Mobile IP. Để giảm bớt những tác động tiêu cực của việc tăng khoảng thời gian này đối với Mobile IP cần cho phép nút thăm thông báo rằng nó đã mất liên lạc với FA của mình bằng cách cho phép Mobile IP biết nếu một gói tin không thể được chuyển giao cho các FA.

2.2.2.2. Chào mời tác nhân

Có hai giải pháp để chào mời tác nhân được trả lời bởi FA:

- Quảng cáo tác nhân được phát broadcast theo yêu cầu để chào mời tác nhân và được tiếp nhận và xử lý bởi các nút có sử dụng Mobile IP.
- Quảng cáo Tác nhân được phát unicast theo yêu cầu để chào mời tác nhân và được tiếp nhận và xử lý bởi chỉ các nút chào mời.

Nếu có nhiều nút sử dụng Mobile IP trong mạng Ad Hoc phương pháp tiếp cận phát broadcast sẽ làm việc tốt hơn, trong khi phương pháp tiếp cận unicast làm việc tốt nhất nếu tỷ lệ phần trăm của các nút sử dụng Mobile IP là thấp.

a. Quảng cáo tác nhân phát broadcast theo yêu cầu

Khi một nút muốn tìm một FA nó sẽ gửi broadcast một chào mời tác nhân. Mỗi nút truy cập trong mạng Ad Hoc nhận được chào mời này và nếu chúng vẫn chưa gửi một chào mời chúng bỏ qua việc gửi một chào mời của riêng mình. Để giảm xác suất mà một vài nút phát broadcast chào mời tác nhân đồng thời, các nút được lập lịch để chúng được phép gửi chào mời đầu tiên sử dụng công thức 2.1. Khi một nút đã gửi hoặc nhận được một chào mời nó lập lịch thời gian khi nó có thể gửi các chào mời tiếp theo nếu nó không nhận được bất kỳ quảng cáo tác nhân hoặc nhận được một chào mời từ một số nút khác trong khoảng thời gian chào mời này. Công thức 2.2 xác định thời gian khi nào nút nên gửi các chào mời tác nhân tiếp theo ($T_{nextsol}$) trong đó T_{sol} là khoảng thời gian tối thiểu giữa hai chào mời, Δ_x là thời gian nút phải đợi trước khi gửi chào mời tác nhân, backoff là giá trị để gửi chào mời backoff , và T_{max} là thời gian tối đa giữa hai chào mời liên tiếp:

$$T_{nextsol} = \begin{cases} t_{sol} + \Delta_x & \text{nếu backoff} \leq 2 \\ \min\left(t_{sol}.2^{backoff-2} + \Delta_x, T_{max}\right) & \text{nếu backoff} > 2 \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Quảng cáo tác nhân phát unicast theo yêu cầu

Phương pháp này được sử dụng khi chỉ có một vài nút trong mạng Ad Hoc sử dụng Mobile IP hoặc các nút di động không muốn tìm kiếm FA cùng một lúc.

Theo ICMP Router Discovery [14], các nút di động dự kiến gửi ngẫu nhiên chào mời của chúng trong khoảng thời gian nào đó cho một chào mời. Công thức 2.1 dùng để lập lịch khi chào mời tác nhân được gửi. Có một ngoại lệ đó là n_{hops} luôn được thiết lập bằng 1.

Sử dụng công thức 2.2 để lên lịch khi chào mời tác nhân tiếp theo được gửi. Trong trường hợp này giá trị của backoff được tăng lên nếu và chỉ nếu nút gửi một chào mời của riêng nó.

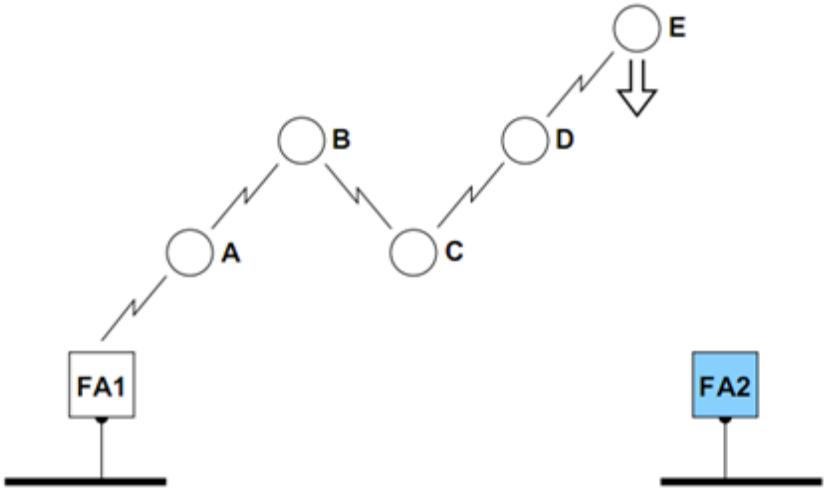
2.2.2.3. Phát hiện di chuyển

Để phát hiện di chuyển sử dụng thuật toán MIPMANET Eager Cell Switching. Các nút được phép bỏ lỡ ba quảng cáo tác nhân liên tiếp từ các FA được đăng ký trước khi nó cho rằng nó đã bị mất liên lạc với các FA. Tức là, thời gian sống của một quảng cáo tác nhân được thiết lập bằng 3 lần quảng cáo tác nhân liên tiếp. Nếu nút di động nhận được các quảng cáo tác nhân (chưa hết hạn) từ các FA thì nó có thể trực tiếp lựa chọn để đăng ký với FA gần nhất. Nếu không nó sẽ gửi một chào mời tác nhân của riêng nó. Trong trường hợp này số chặng tới FA được sử dụng để xác định FA nào nút thăm cần đăng ký.

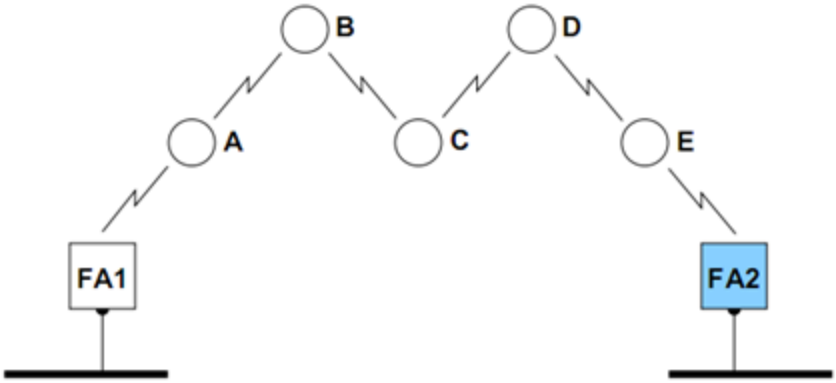
Để ngăn chặn các nút liên tục chuyển đổi qua lại giữa các FA, thuật toán MIPMANET Eager Cell Switching được sử dụng theo cách sau:

Một nút di động chuyển tới một FA mới trực tiếp khi nút di động nhận được một quảng cáo tác nhân từ một FA gần hơn ít nhất hai chặng so với FA hiện tại của nút di động.

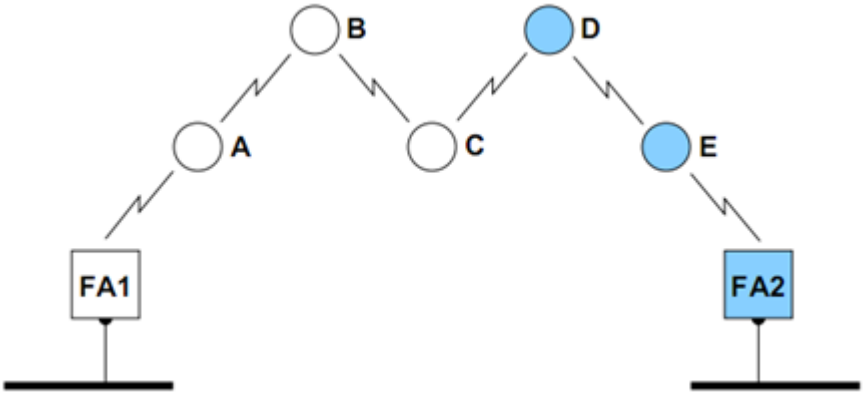
Trong hình 2.11 (a) có năm nút di động đang sử dụng Mobile IP và được đăng ký với FA1. Trong 2.11(b), nút E đã di chuyển và nó có thể liên hệ với FA2. Nếu quảng cáo tác nhân chỉ được phát unicasts để chào mời và đăng ký, sẽ không có nút nào tìm hiểu về FA2 và kịch bản sẽ vẫn giống như trong hình 2.11(b). FA2 sẽ chỉ gửi một quảng cáo tác nhân khi một số nút coi mình có bị mất liên lạc với FA1 và gửi một chào mời tác nhân. Nếu FA2 phát broadcast quảng cáo tác nhân, tất cả các nút sẽ tìm hiểu về FA2 nhờ chào mời đó. Khi đó hai nút gần nhất với FA2 đó là D và E đã chuyển sang FA2, cụ thể hình 2.11 (c)



(a) Tất cả 5 nút đăng ký với FA1, nút E di chuyển về phía FA2



(b)



(c)

Hình 2.11. Minh họa của thuật toán MANET Eager Cell Switching

2.2.2.4. Đăng ký và vận chuyển gói dữ liệu

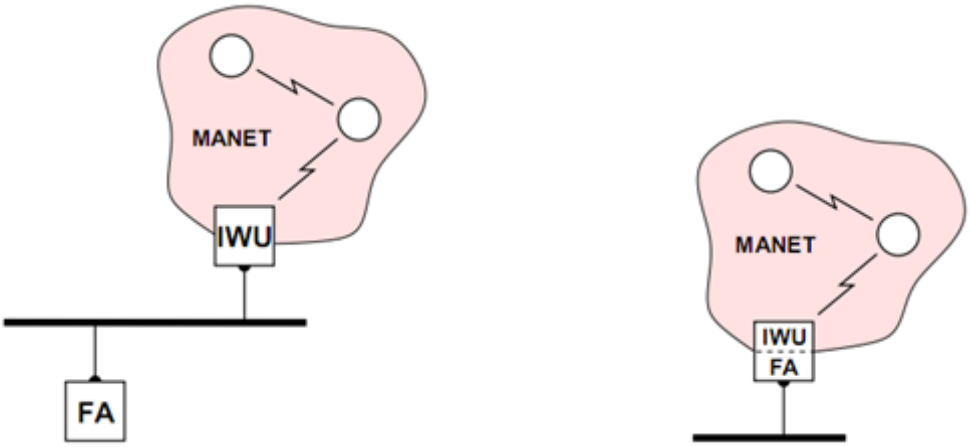
Việc đăng ký đi qua nhiều chặng trước khi đến FA và việc trả lời đăng ký cũng qua nhiều chặng.

Mobile IP thiết lập một tuyến đường mặc định tới các FA mà các nút đã đăng ký. Các gói tin đến một nút liên lạc trên INTERNET cố định có thể được tạo đường hầm tới các FA từ nơi chúng được gửi đi.

Việc vận chuyển gói tin còn sử dụng đường hầm ngược như định nghĩa trong RFC 2344 [17]. Yêu cầu duy nhất là các gói tin gửi trên INTERNET cố định được tạo đường hầm từ một nút thăm đăng ký với FA. Khi các FA nhận được một gói đường hầm này nó có thể gửi gói tin đã được mở gói đến nút liên lạc. Trong RFC 2344 các gói tin được tạo đường hầm trên tất cả các tuyến đường đến các HA.

2.2.2.5. MIPMANET Interworking Unit

Để không ảnh hưởng nhiều khi thực hiện điều chỉnh Mobile IP, các modul MIPMANET Interworking Unit (IWU) được chèn vào giữa các tác nhân di động Mobile IP và mạng Ad Hoc như trong hình 2.12



Hình 2.12. MIPMANET Interworking Unit

Các IWU biến đổi thông tin liên lạc liên kết lớp Mobile IP vào giao tiếp lớp mạng để có thể định tuyến được trên các mạng Ad Hoc (và ngược lại). Mỗi gói tin được gửi từ các FA tới IWU được biến đổi và gửi tới các mạng Ad Hoc tùy thuộc vào phương pháp đang được sử dụng.

Nếu chào mời tác nhân được trả lời với quảng cáo tác nhân phát broadcast, IWU thay đổi tất cả các quảng cáo tác nhân unicast thành broadcast và chuyển tiếp chúng đến mạng Ad Hoc. Nếu chào mời tác nhân được trả lời với quảng cáo tác nhân phát unicast, các IWU chỉ chuyển tiếp các quảng cáo trên mạng quảng cáo hoc mà không thực hiện bất kỳ thay đổi nào cho nó.

Quảng cáo tác nhân định kỳ:

Nếu quảng cáo tác nhân định kỳ là unicast đến nút đăng ký duy nhất, IWU xem nó là quảng cáo tác nhân phát broadcast, thực hiện sao chép và phát unicast đến nút đăng ký. Để làm việc này các IWU cần biết được cách các nút đăng ký với FA. Nếu quảng cáo tác nhân được phát broadcast định kỳ, các IWU chỉ đơn giản là chuyển các quảng cáo tác nhân tới các mạng Ad Hoc.

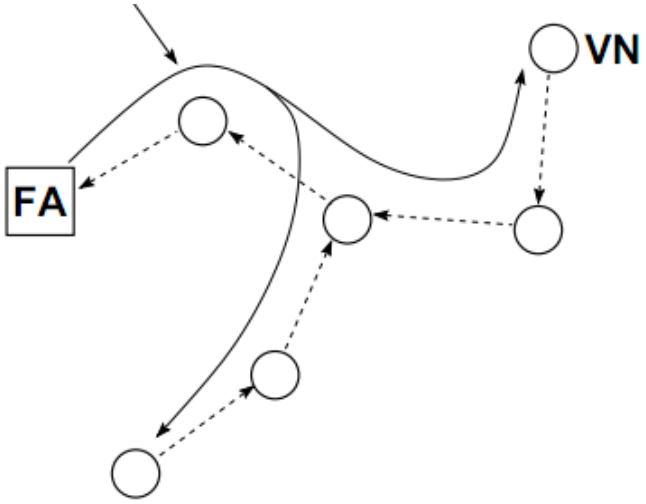
2.2.3. Sử dụng AODV cho MIPMANET

2.2.3.1. Quảng bá đường hầm

Trong trường hợp khi một nút thăm gửi một chào mời tác nhân và các FA trả lời với một quảng cáo tác nhân unicast hay broadcast thì mạng đều bị ngập lụt hai lần.

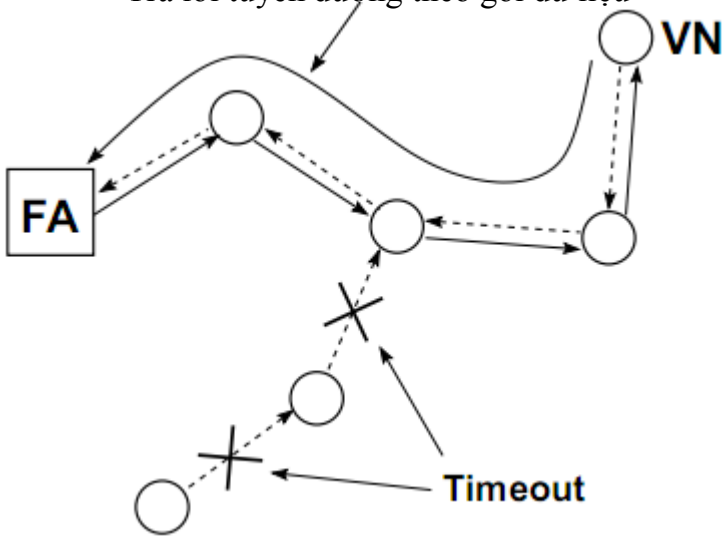
Nếu như các tuyến đường ngược đến nút nguồn được thiết lập trong suốt quá trình phát broadcast sẽ giúp cho 1 nút muốn đăng ký dịch vụ với nút nguồn dễ dàng hơn. Ví dụ trong hình 2.13, khi các FA gửi quảng cáo tác nhân phát quảng bá vào mạng. Trong (a) quảng cáo này được tạo đường hầm và tất cả các nút trong mạng có thể thiết lập các tuyến đường ngược lại tạm thời tới FA. Khi nút thăm VN muốn đăng ký với FA nó đã có một con đường tới FA và chỉ cần gửi trả lời đường (để kích hoạt tuyến đường này) tiếp theo bởi một yêu cầu đăng ký. Điều này được thể hiện trong (b).

Quảng cáo trong đường hầm broadcast



(a) Đường hầm tạm được hình thành từ mỗi node tới FA

Trả lời tuyến đường theo gói dữ liệu

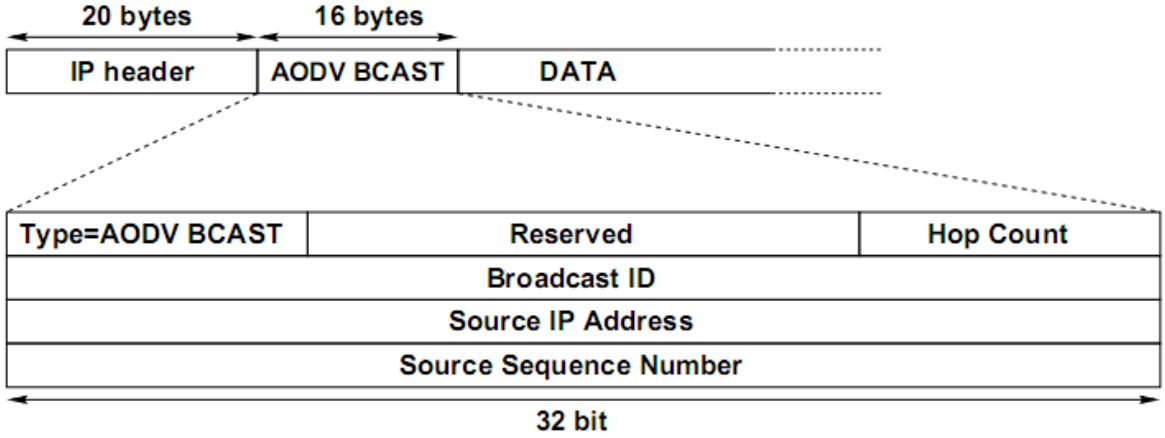


(b) Kích hoạt tuyến đường giữa VN và FA

Hình 2.13. Thiết lập đường truyền sử dụng đường hầm broadcast

Vì vậy, cần thay đổi đối với giao thức AODV. Mỗi phát broadcast cần được tạo đường hầm trong một gói AODV có chứa đầy đủ thông tin cho tất cả các nút trong mạng để thiết lập các tuyến đường ngược lại tạm thời tới các nút nguồn. Nếu một số nút gửi một gói tin để trả lời, nó sẽ tìm ra con đường ngược lại tạm thời đến đích và AODV sẽ tạo ra một trả lời để kích hoạt tuyến đường đến đích. Các nút sau đó có thể trực tiếp gửi các gói tin trở lại nguồn [22]

Các gói phát quảng bá đường hầm được thể hiện trong hình 2.14. Các tiêu đề AODV BCAST giống như một yêu cầu tuyến đường thông thường tuy nhiên không có hai trường dành riêng cho các địa chỉ IP đích và số thứ tự đích bởi vì các gói được phát broadcast.



Hình 2.14. Gói tin đường hầm broadcast

2.2.3.2 Thời gian

Hằng số quan trọng nhất trong AODV đó là RREP_ WAIT_ TIME [20]. Hằng số này tương ứng với thời gian một nút đã gửi một yêu cầu tìm kiếm tuyến đường tới một máy chủ, và chờ đợi để có thể nhận được một trả lời tuyến đường trước khi yêu cầu tuyến đường mới được gửi. Thời gian này được chọn sao cho một yêu cầu đường có thời gian để đi qua tất cả các con đường mà các nút tìm kiếm và được trả lời với một câu trả lời tuyến đường có thể quản lý để đi qua tất cả các đường trở lại trước khi nút gửi một yêu cầu tuyến đường mới. Mobile IP quyết định nó đã mất liên lạc với FA nếu nó nhận được một thông điệp không thể truy cập máy chủ từ lớp thấp hơn. Khi AODV được sử dụng, tức là một máy chủ không thể gửi thông điệp sẽ được thông qua với Mobile IP đầu tiên khi ba yêu cầu tuyến đường liên tiếp được gửi tới các FA. Nếu RREP_ WAIT_ TIME được thiết lập là 2,1 giây, tức là phải mất 6,3 giây trước khi Mobile IP nhận thấy một FA bị mất.

Cơ chế phát hiện tuyến đường được sử dụng trước khi quyết định tạo đường hầm đến một máy chủ trên INTERNET. Vì vậy, cơ chế phát hiện tuyến đường nhanh chóng xác định liệu một điểm có là đích đến trong mạng Ad Hoc hay không là rất quan trọng. Đây là một lý do để chọn RREP_ WAIT_ TIME càng nhỏ càng tốt. Một RREP_

WAIT_ TIME bằng một giây tức là phải mất ít nhất một giây trước khi nút gửi gói tin đầu tiên của mình cho một điểm đến trên INTERNET cố định.

AODV đặt một giới hạn về tần suất quảng cáo tác nhân có thể được gửi đi. Nếu đường đến một FA bị mất, AODV cố gắng để tìm một con đường mới cho nó. Công thức 2.3 được sử dụng để tính toán thời gian tối thiểu giữa hai quảng cáo tác nhân được ký hiệu t_{beacon}, trong đó: RREQ_RETRIES là số lần AODV thử lại để tìm một con đường, RREP_ WAIT_ TIME thiết lập càng nhỏ càng tốt và N_{ADV} là số quảng cáo mà một nút bỏ lỡ trước đó cho rằng nó đã bị mất liên hệ với FA

$$t_{beacon} = \frac{(RREQ_RETRIES + 1).\ RREP_WAIT_TIME}{N_{ADV}} \qquad (2.3)$$

Kết luận chương 2

Như vậy, trong chương 2 nói về những tác động của truyền thông đa chặng và định tuyến theo yêu cầu đến Mobile IP khi sử dụng trên một mạng Ad Hoc và đưa ra các giải pháp áp dụng trên Mobile IP để làm cho nó hoạt động tốt hơn trong một môi trường Ad Hoc. Các nút có thể liên lạc nếu quảng cáo tác nhân được phát broadcast khi trả lời cho một chào mời tác nhân. Các nút có thể trả lời một chào mời tác nhân với một quảng cáo tác nhân cache. Tuy nhiên, các quảng cáo tác nhân cache có một số nhược điểm nghiêm trọng do đó rất ít khi được sử dụng.

Trong chương 2 cũng trình bày phương pháp nhằm hạn chế ngập lụt của quảng cáo tác nhân định kỳ bằng cách: Tăng thời kỳ đèn hiệu, gửi unicast quảng cáo định kỳ đến các nút đăng ký, bằng cách sử dụng các trường TTL và sử dụng một chương trình kết hợp, tuy nhiên các cách này còn nhiều hạn chế. Ngoài ra thuật toán MIPMANET Cell Switching để chuyển đổi giữa các FA cũng được trình bày.

Trong chương này cũng đề cập đến giải pháp MIPMANET cung cấp sự tương tác trong suốt giữa Mobile IP và các giao thức định tuyến Ad Hoc mà không ảnh hưởng đến Mobile IP trên INTERNET cố định, và chỉ đòi hỏi những thay đổi nhỏ đối với Mobile IP và các giao thức định tuyến Ad Hoc. Cụ thể các modul MIPMANET Interworking Unit được chèn vào giữa các tác nhân di động Mobile IP và mạng Ad Hoc.

Cuối cùng trong chương 2 giới thiệu cơ chế phát broadcast đường hầm cho AODV để nó có thể thiết lập các tuyến đường khi phát broadcast ngập lụt mạng. Trong chương này cũng trình bày các giải pháp cải thiện bằng cách điều chỉnh thời gian trong cả Mobile IP và AODV để chúng làm việc tốt với nhau.

CHƯƠNG 3.MÔ PHỎNG TÍCH HỢP MANET VỚI INTERNET SỬ DỤNG GIAO THỨC MOBILE IP

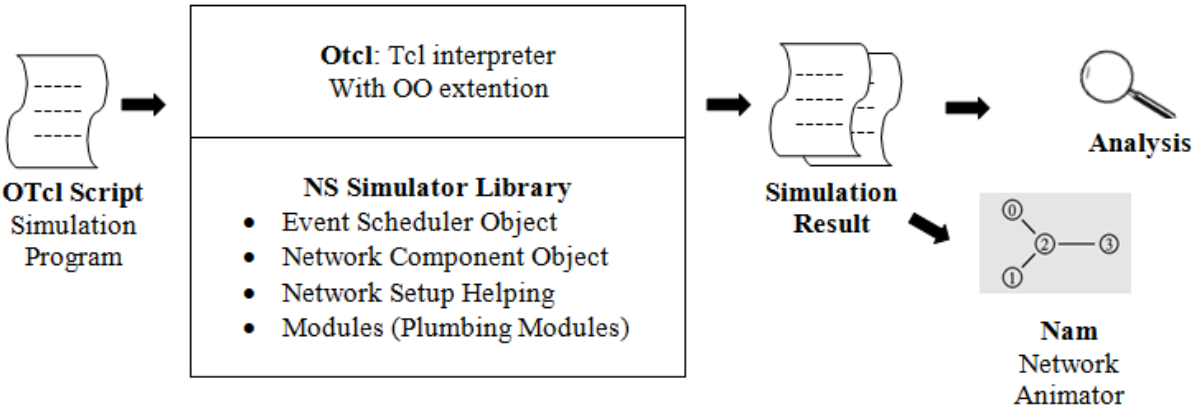
3.1. Giới thiệu và thiết lập mô phỏng mạng MANET trong NS2

3.1.1. Giới thiệu NS2

NS [24] (Network Simulatior) là chương trình phần mềm dạng hướng đối tượng được sử dụng để mô phỏng lại các sự kiện xảy ra trong hệ thống mạng, được viết bằng ngôn ngữ C++ và OTcl.

NS-2 hỗ trợ mô phỏng tốt cho cả mạng có dây và mạng không dây. Các ưu điểm nổi bật của NS-2 đó là:

- Khả năng kiểm tra tính ổn định của các giao thức mạng đang tồn tại
- Khả năng đánh giá các giao thức mạng mới trước khi đưa vào sử dụng
- Khả năng thực thi những mô hình mạng lớn mà gần như ta không thể thực thi được trong thực tế
- Khả năng mô phỏng nhiều loại mạng khác nhau



Hình 3.1. Cấu trúc của NS2

Cấu trúc của NS-2 bao gồm các thành phần như trong hình 3.1, cụ thể chức năng của từng thành phần như sau:

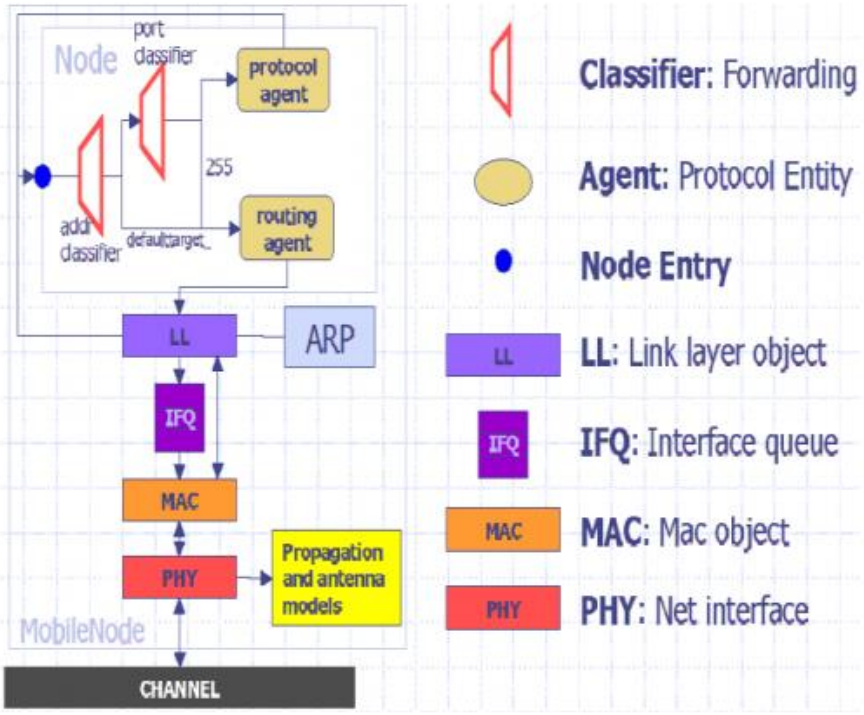
OTcl Script	Kịch bản OTcl
Simulation Program	Chương trình Mô phỏng
OTcl	Bộ biên dịch Tcl mở rộng hướng đối tượng
NS Simulation Library	Thư viện mô phỏng NS
Event Scheduler Objects	Các đối tượng Bộ lập lịch Sự kiện
Network Component Objects	Các đối tượng Thành phần Mạng
Network Setup Helping Modules	Các mô đun Trợ giúp Thiết lập Mạng
Plumbling Modules	Các mô đun Plumbling
Simulation Results	Các kết quả Mô phỏng
Analysis	Phân tích

NAM Network Animator Minh họa Mạng NAM

Luận văn lựa chọn cài đặt NS-2 trên nền tảng Windows sử dụng phần mềm giả lập môi trường Linux: Cygwin. Phiên bản NS-2 được sử dụng là bộ ns-allinone-2.35.

3.1.2.Tạo các nút di động trong MANET

Các thành phần mạng chính được dùng để cấu trúc nên tầng giao thức cho mỗi nút di động gồm có: Kênh (channel), giao tiếp mạng (network interface), mô hình phát sóng vô tuyến (radio propagation model), các giao thức MAC, hàng đợi giao diện (interface queue), lớp liên kết (lik layer), mô hình giao thức phân giải địa chỉ ARP và thành phần định tuyến (routing agent).



Hình 3. 2. Cấu tạo nút di động mô phỏng trong NS2 [25]

Mô phỏng lớp vật lý thực

Các mô hình phát sóng quyết định khoảng cách gói tin có thể được truyền đi trong không khí. Nếu gọi r là khoảng cách giữa các ăng ten thì sự suy yếu của sóng vô tuyến giữa các ăng ten ở gần mặt đất được mô hình là $1/r^2$ với khoảng cách ngắn và là 1/r4 với các khoảng cách xa. Khi đó, điểm giao giữa khoảng cách ngắn và khoảng cách xa được gọi là khoảng cách tham chiếu (referencen distance). Khoảng cách này thông thường là 100m đối với các ăng ten 1,5m loại có độ lợi thấp (low-gain) ngoài trời hoạt động ở dải tần 1 - 2 GHz. Đặc tả của hô mình phát sóng trong NS2 tương tự như giao tiếp sóng vô tuyến Lucent's WaveLAN với tốc độ bit danh định có thể đạt tới 2,5Mb/s và phạm vi truyền sóng vô tuyến là 250m. Các mô hình cũng thể hiện độ trễ truyền, các ảnh hưởng và cảm nhận sóng mang.

Mô phỏng lớp MAC

Lớp liên kết của bộ mô phỏng cài đặt hoàn chỉnh chuẩn giao thức MAC của IEEE 802.11 DCF(Distributed Coordination Function). Các chức năng của lớp MAC được cài đặt bao gồm phát hiện xung đột, phân mảnh, biên nhận và đặc biệt có khả năng phát hiện các lỗi truyền (transmission error). 802.11 là giao thức CSMA/CA. Việc tránh xung đột được thực hiện bằng việc kiểm tra kênh truyền trước khi sử dụng. Nếu kênh rỗi, nút có thể bắt đầu gửi. Nếu không nút phải đợi một khoảng thời gian ngẫu nhiên trước khi kiểm tra lại. Mỗi lần cố gắng gửi thành công, giải thuật rút lui theo hàm mũ được sử dụng. Vấn đề trong môi trường không dây là thiết bị đầu cuối ẩn (hidden terminal). Việc khắc phục được thực hiện bằng cơ chế tránh xung đột CA cùng với lược đồ biên nhận tích cực (RTS/CTS). 802.11 cũng hỗ trợ việc tiết kiệm năng lượng và bảo mật. Các gói tin được lưu trong bộ đệm khi hệ thống ở trạng thái nghỉ (sleep); bảo mật được cung cấp bởi giải thuật WEP xác thực mã hóa. Một trong các đặc điểm quan trọng nhất của 802.11 là chế độ AD HOC cho phép xây dựng các mạng WLAN không có cơ sở hạ tầng.

Mô phỏng giao thức phân giải địa chỉ ARP

Giao thức ARP dịch địa chỉ IP thành địa chỉ phần cứng MAC. Việc này được thực hiện trước khi gói tin được gửi tới lớp MAC.

Hàng đợi giao diện

Mỗi nút có hàng đợi các gói tin đang chờ để được truyền bởi giao diện mạng. Hàng đợi được cài đặt là DropTail (thuật ngữ trong bộ mô phỏng NS2, tương tự như hàng đợi kiểu FIFO) và có khả năng chứa 50 gói tin.

Giao diện sóng vô tuyến

Đây là mô hình phần cứng thực sự chuyển gói tin vào kênh. Giao diện sóng vô tuyến được mô hình hóa với các mức năng lượng và lược đồ điều biến.

Năng lượng truyền

Bán kính bộ thu phát sóng phụ thuộc vào dạng ăngten, nhiều dạng ăngten được hỗ trợ bởi bộ mô phỏng.

3.1.3. Hoạt động của nút di động

Hoạt động của nút di động được thể hiện như sau. Mỗi nút di động sử dụng thành phần định tuyến (routing agent) để tính toán đường tới các nút khác trong Ad Hoc. Các gói tin được gửi từ ứng dụng và được nhận bởi thành phần định tuyến. Bộ phận này sẽ quyết định đường đi của gói tin để tới đích và gắn vào gói tin thông tin này. Gói tin sau đó được gửi xuống lớp liên kết. Lớp liên kết sử dụng giao thức phân giải địa chỉ ARP để quyết định địa chỉ phần cứng của nút hàng xóm và ánh xạ địa chỉ IP tới giao diện chính xác. Khi thông tin nhận được, gói tin được gửi xuống hàng đợi giao diện và đợi tín hiệu từ giao thức MAC. Khi giao diện mạng và sau đó được gửi ra kênh vô tuyến. Gói tin được sao chép và được phân phát tới tất cả các giao diện mạng tại thời

điểm bit đầu tiên của gói tin bắt đầu đến giao diện trong hệ thống vật lý. Mỗi giao diện mạng đánh dấu gói tin với các thuộc tính của giao diện nhận và sau đó gọi tới mô hình phát sóng.

Mô hình phát sóng sử dụng các đánh dấu truyền và nhận để quyết định mức năng lượng mà giao diện nhận gói tin. Các giao diện nhận sử dụng các thuộc tính của chúng để quyết định việc nhận gói tín thật sự thành công hay không và gửi gói tin tới lớp MAC nếu thích hợp. Nếu lớp MAC nhận gói tin không có lỗi và không xung đột, gói tin được gửi tới điểm đầu vào của nút di động. Từ đó, gói tin tới bộ phân tách kênh (demultiplexer) để xác định gói tin có được chuyển tiếp nữa hay không hoặc đã tới nút đích. Nếu tới được nút đích, gói tin được gửi tới bộ phân tách cổng (port demultiplexer) để quyết định ứng dụng nhận của gói tin. Nếu gói tin được chuyển tiếp, thành phần định tuyến sẽ được gọi và thủ tục được lặp lại.

3.1.4. Cấu hình nút di động trong NS2

Nút di động (MobileNode) là đối tượng nsNode cơ bản với các chức năng bổ sung như di chuyển, khả năng truyền và nhận trên một kênh cho phép nó được sử dụng để tạo tính di động, mô phỏng môi trường không dây. Lớp MobileNode có nguồn gốc từ cơ sở Node.

MobileNode là một đối tượng tách biệt (split object). Các đặc tính di động bao gồm di chuyển nút, cập nhật vị trí định kỳ, duy trì ranh giới cấu trúc liên kết…được thực hiện trong C++, trong khi các thành phần mạng trong chính MobileNode (như classifiers, dmux, LL, Mac, Channel,…) được thực hiện trong Otcl. Các chức năng và thủ tục mô tả có thể được tìm thấy trong: ~ns/mobilenode.{cc,h}, ~ns/tcl/lib/ns-mobilenode.tcl, ns/tcl/mobility/dsdv.tcl, ~ns/tcl/mobility/dsr.tcl, ~ns/tcl/mobility/tora.tcl.[ns Manual].

Cấu hình API để tạo một nút di động được mô tả như sau:

$ns_node_config -Ad HocRouting $opt(Ad HocRouting)
-llType $opt(mac)
-ifqType $opt(ifq)
-ifqLen $opt(ifqlen)
-antType $opt(ant)
-propInstance [new $opt(prop)]
-phyType $opt(netif)
-channel [new $opt(chan)]
-topoInstance $topo
-wiredRouting OFF
-agentTrace ON
-routerTrace OFF
-macTrace OFF

Các thủ tục trên tạo một đối tượng Mobilenode, một agent định tuyến Ad Hoc-routing xác định, tạo ngăn xếp mạng (stack network) gồm một lớp liên kết, hàng đợi giao diện, lớp MAC và một giao tiếp mạng với một angten, sử dụng mô hình phát sóng vô tuyến, các liên kết giữa các thành phần và kết nối ngăn xếp tới kênh.

3.1.5. Tạo sự di chuyển của nút trong NS

Mobile node được thiết kế để di chuyển trong không gian 3 chiều. Tuy nhiên, cho đến nay chiều thứ 3 (Z) không được sử dụng, nghĩa là mobilenode được giả định luôn di chuyển trên một mặt phẳng với Z=0. Khi đó, mobilenode có tọa độ X, Y, Z (=0) được liên tục điều chỉnh khi nút di chuyển. Có 2 cơ chế để tạo chuyển động trong mobilenode. Trong phương pháp thứ nhất, bắt đầu từ vị trí của nút và các đích đến của các nút đó có thể được thiết lập rõ ràng. Các chỉ thị điều khiển thường nằm trong một file kịch bản di chuyển riêng biệt.

Ví dụ ban đầu và đích đến đối với một mobilenode có thể được thiết lập bằng cách sử dụng các API dưới đây:

$node set X_<x1>

$node set Y_<y1>

$node set Z_<y1>

$ns at $time $node setdest<x2><y2><speed>

Tại thời điểm *$time,* nút bắt đầu di chuyển từ vị trí ban đầu *(x1,y1)* của nó tới một đích đến *(x2,y2)* với vận tốc *speed* xác định. Trong phương pháp này, các cập nhật di chuyển của nút được kích hoạt bất cứ khi nào để xác định vị trí nút tại thời điểm yêu cầu. Việc kích hoạt có thể do một nút hàng xóm có yêu cầu truy vấn để xác định khoảng cách giữa chúng hoặc bộ công cụ setdest trực tiếp mô tả bằng chỉ thị điều khiển hướng hoặc vận tốc của nút.

Phương pháp thứ hai sử dụng chuyển động ngẫu nhiên nút, như sau:

$mobilenode start

Nó bắt đầu mobilenode với vị trí ngẫu nhiên, có các cập nhật thường xuyên để thay đổi hướng và vận tốc của nút. Các giá trị vận tốc và đích được tạo theo một kiểu ngẫu nhiên.

Với cả hai phương thức tạo di chuyển nút trên, vùng mô phỏng cần được xác định trước khi tạo các mobilenode. Thông thường, vùng mô phỏng là miền phẳng và được tạo bằng cách xác định chiều dài và chiều rộng, ta định nghĩa như sau:

Set topo [new Topography]

$topo load_flatgrid $opt(x) $opy(y)

Trong đó opt(x) và opt(y) lần lượt là chiều dài và chiều rộng của vùng mô phỏng.

3.1.6. Tạo kênh vô tuyến trong MANET

3.1.6.1. Mô hình FreeSpace

Mô hình FreeSpace trình bày cơ bản dải truyền thông như một vòng quanh máy phát. Nếu một máy nhận trong phạm vi vòng tròn phát, nó nhận tất cả các gói tin. Ngược lại nó làm mất tất cả các gói tin.

Giao diện Otcl với việc sử dụng một mô hình truyền thông là lệnh cấu hình nút. Một cách để sử dụng nó ở đây là:

$ns_node-config-propType Propagation/FreeSpace

Một cách khác là:

set prop[new Propagation/FreeSpace]

$ns_node-config-propInstance $prop

3.1.6.2. Mô hình Two Ray Ground

Một đường truyền đơn trong tầm nhìn thấy giữa hai nút di động là rất hiếm gặp trong thực tế. Mô hình Two Ray Ground phản xạ hai tia mặt xem xét đường truyền trực tiếp và đường truyền phản xạ tư mặt đất. Nó nói lên rằng, mô hình này đem đến các dự đoán chính xác hơn với một khoảng cách lớn hơn so với mô hình FreeSpace.

Thông thường, trình thông dịch Otcl sử dụng mô hình phản xạ hai tia mặt đất như sau:

$ns_node-config-propType Propagation/TwoRayGround

Hay có thể sử dụng:

set prop[new Propagation/ TwoRayGround]

$ns_node-config-propInstance $prop

3.1.6.3. Mô hình Shadowing

Mô hình FreeSpace và mô hình phản xạ Two Ray Ground dự đoán nguồn năng lượng nhận như một chức năng tất định của khoảng cách. Cả hai trình bày dải truyền thông như một vòng tròn lý tưởng. Trên thực tế, nguồn năng lượng nhận ở một khoảng cách nhất định là một giá trị ngẫu nhiên tại vì nhiều hiệu ứng truyền khác nhau, nó cũng được biết đến như hiện tượng fading (tượng biến đổi cường độ tín hiệu sóng mang). Trên thực tế, cả hai mô hình trên đều dự đoán giá trị trung bình của nguồn năng lượng nhận ở khoảng cách *d*. Một mô hình tổng quát và thường được sử dụng hơn là mô hình Shadowing.

Mô hình Shadowing mở rộng mô hình vòng tròn lý tưởng để đạt tới mô hình thống kê: Các nút có thể chỉ truyền theo xác suất khi ở gần rìa của miền truyền thông. Mục đích mô hình Shadowing: Trước khi sử dụng mô hình shadowing, người sử dụng cần chọn các giá trị hệ số suy hao trên đường truyền (Path loss) và độ lệch hiệu ứng màn chắn chuẩn σ dB tùy theo môi trường mô phỏng.

Chúng ta vẫn sử dụng lệnh cấu hình nút bằng Otcl. Một cách để sử dụng nó như sau, với các giá trị tham số chỉ được đưa ra làm ví dụ:

#Đầu tiên phải thiết lập giá trị của mô hình hiệu ứng màn chắn.

Propagation/Shadowing set pathlossExp_2.0; hệ số mất đường dẫn

Propagation/Shadowing set std_db_4.0; độ lệch hiệu ứng màn chắn (dB)

Propagation/Shadowing set dist0_1.0; khoảng cách tham chiếu (m)

Propagation/Shadowing set seed_0; khởi động với RNG

$ns_node_config-propType Propagation/Shadowing; Cấu hình cho nút

Mô hình Shadowing tạo ra một số ngẫu nhiên khởi xướng đối tượng RNG (Random number Genrator). RNG có ba kiểu khởi tạo: Khởi tạo thô, khởi tạo xác định trước (một thiết lập tốt của khởi tạo) và khởi tạo thông minh (hueristic). Các API trên sử dụng khởi tạo xác định trước. Nếu một người sử dụng muốn khởi tạo bằng một phương thức khác, API dưới đây có thể được sử dụng.

set prop [new Propagation/Shadowing]

$prop set pathlossExp_2.0

$prop set std_db_4.0

$prop set dist0_1.0

$prop seed<seed-type> 0

$ns_node-config-propInstance $prop

<seed-type> có thể là thôi, xác định trước hay heuristic.

3.1.7. Tạo ngữ cảnh chuyển động

Trong mô phỏng mạng AD HOC, việc mô phỏng được dựa trên hai mô hình là mô hình truyền thông thể hiện khuôn dạng truyền thông giữa các nút trong mạng và mô hình di chuyển thể hiện chuyển động của các nút trong mạng.

3.1.8. Tạo diện tích mô phỏng

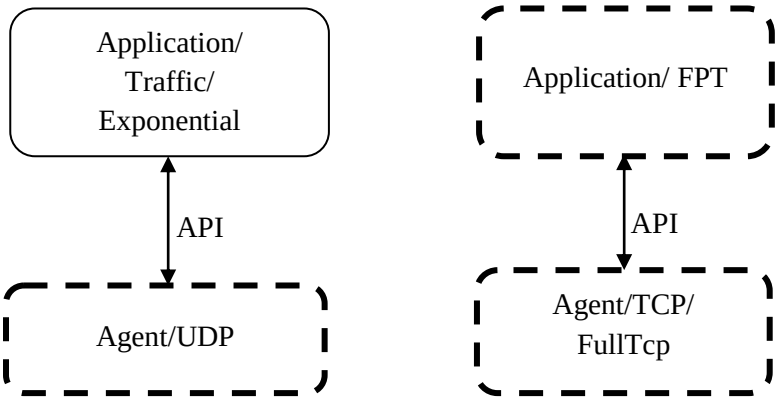
Xây dựng mạng mô phỏng với các nút di động tạo nên một mạng Ad Hoc. Các nút này di chuyển trong một khu vực địa lý (không gian phẳng, hình chữ nhật). Tọa độ của các nút tại mỗi thời điểm là (x,y,z), trong đó tọa độ z=0. Giá trị chiều dài và chiều rộng của vùng mô phỏng được khai báo bằng câu lệnh sau:

set val(x) a; #X dimension of the topography

set val(y) b; #Y dimension of the topography

3.1.9. Tạo các thực thể giao thức và các nguồn sinh lưu lượng

Các mô hình truyền thông được mô phỏng trong NS2 (hình 3.3) gồm hai loại bộ tạo lưu lượng (traffic generator) và các ứng dụng mô phỏng (simulated application). Các bộ tạo truyền thông sử dụng giao thức UDP để gửi các gói tin và các ứng dụng mô phỏng sử dụng giao thức TCP.



Hình 3.3. Các mô hình truyền thông trong NS2

Có bốn loại bộ tạo lưu lượng là: bộ tạo lưu lượng có phân bố lũy thừa, pareto, CBR và theo file trace.

- *Bộ tạo lưu lượng có phân bố lũy thừa*: Tạo lưu lượng theo phân bố bật/ tắt lũy thừa. Trong quãng thời gian "bật", các gói tin được gửi với tốc độ cố định, và trong quãng thời gian "tắt" không có gói tin nào được gửi. Ngoài ra, quãng thời gian bật, tắt được phân bố theo một phân bố lũy thừa. Các gói tin có kích thước không đổi. Bộ tạo lưu lượng lũy thừa có thể cấu hình để hoạt động như một quá trình Poisson.
- *Bộ tạo lưu lượng có phân bố parero:* Tạo lưu lượng theo phân bố bật/tắt Pareto.

  Phân bố này tương tự phân bố bật/tắt lũy thừa, chỉ khác là các quãng thời gian bật, tắt lấy theo Pareto. Các nguồn này có thể được dùng để tạo các lưu lượng kết hợp thể hiện sự phụ thuộc.
- *Bộ tạo lưu lượng có phân bố đều* – CBR: Tạo lưu lượng theo một tốc độ xác định. Kích thước gói tin là không đổi. Ngoài ra, một số các dao động ngẫu nhiên được thực hiện giữa các quãng khởi đầu của gói tin.
- *Bộ tạo lưu lượng theo tệp vết*: Tạo lưu lượng theo một tệp vết (trace file) xác định thời gian phát và ngừng phát gói tin cùng các thông số khác dựa trên số liệu thu được từ mạng thực, đã được ghi trong tệp vệt.

3.1.10. Tạo các dạng chuyển động theo mẫu

Trong mô phỏng mạng MANET, các mô hình di chuyển đóng một vai trò rất quan trọng. Chúng cần thể hiện chính xác các ngữ cảnh có thể của mạng và góp phần quyết định đúng hiệu suất của các giao thức trước khi được triển khai trong thực tế. Đối với các mạng không dây, hai loại mô hình di chuyển được sử dụng là mô hình vết (trace model) và mô hình tổng hợp (synthetic model). Các mô hình vết cung cấp tính

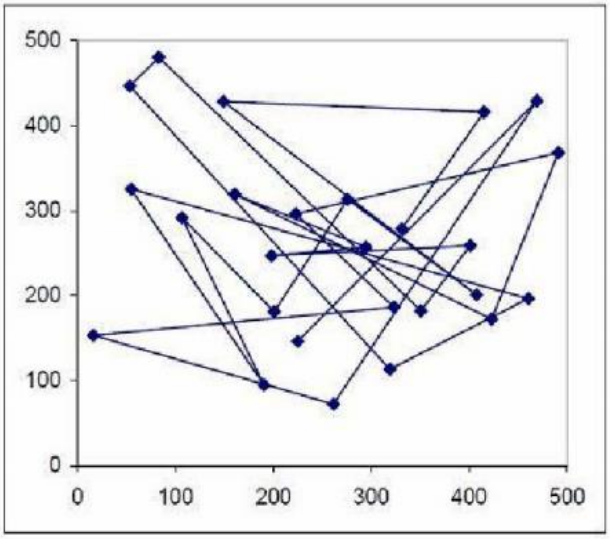
chính xác, đặc biệt khi chúng liên quan tới nhiều bên tham gia và quãng thời gian quan sát đủ dài. Tuy nhiên, với môi trường mạng mới, các mạng MANET không dễ dàng được mô hình vết. Trong trường hợp này cần thiết phải sử dụng các mô hình tổng hợp.

Các mô hình tổng hợp cố gắng thể hiện thực hành vi của các nút di động mà không sử dụng tới mô hình vết bằng việc mô tả các di chuyển của nút một cách thống kê. Mỗi nút được gán một giải thuật dùng để ngẫu nhiên hóa sự di chuyển. Khuôn dạng di chuyển của mạng là tập hợp các di chuyển từ việc áp dụng mô hình di chuyển vào một hoặc nhiều nút. Hai mô hình di chuyển tiêu biểu mô phỏng các mạng MANET là Random Waypoint và Random Walk.

Mô hình Random Waypoint

Mô hình Random Waypoint được sử dụng rộng rãi trong mô phỏng các giao thức định tuyến thiết kế cho các mạng MANET đặc biệt, nó được định nghĩa như sau. Đầu tiên nút có một vị trí ngẫu nhiên trong khu vực mô phỏng và ở tại đó một khoảng thời gian gọi là thời gian tạm dừng. Khi quãng thời gian này hết hạn, nút chọn ngẫu nhiên một đích trong khu vực mô phỏng và một tốc độ được phân bố đồng đều giữa [$Speed_{min}$, $Speed_{max}$]. Sau đó, nút di chuyển tới vị trí mới với tốc độ đã chọn. Khi tới vị trí mới, nút dừng một khoảng thời gian được chọn theo phân bố đều giữa [P_{min}, P_{max}], và sau đó tiếp tục lại quá trình.

Trực quan hóa di chuyển của một nút theo mô hình Random Waypoint bởi Gnuplot trong hình bên dưới.



Hình 3.4. Di chuyển của một nút theo mô hình Random Waypoint

Các tham số mô phỏng cho Random Waypoint được cho trong bảng:

Bảng 3.1. Các tham số của mô hình Random Waypoint

Tham số	Ý nghĩa
$Speed_{min}$	Tốc độ thấp
$Speed_{max}$	Tốc độ cao
P_{min}	Thời gian tạm dừng nhỏ nhất
P_{max}	Thời gian tạm dừng lớn nhất

Mô hình Random Waypoint được dùng rộng rãi trong các nghiên cứu về mạng MANET, do nó rất linh động trong việc tạo ra khuôn dạng di chuyển thực tế theo cách mọi người chuyển động trong các hội thảo, hội nghị. Trong NS2, mô hình Random Waypoint được tạo bởi công cụ setdest. Cấu trúc câu lệnh của setdest tạo tệp ngữ cảnh (scenario file) như sau:

./setdest –v <1> -n <nodes> -p <pause_time> -M <max_speed> -t <simulation_time> -x <max X> -y <max, Y>

Tạo tệp di chuyển kiểu mới:

./setdest –v <2> -n <nodes> -s <speed_type> -m <min_speed>- M <max_speed> -t <simulation_time> -Px <pause_type> -p <pause_time>-x<max X? –y <max Y>

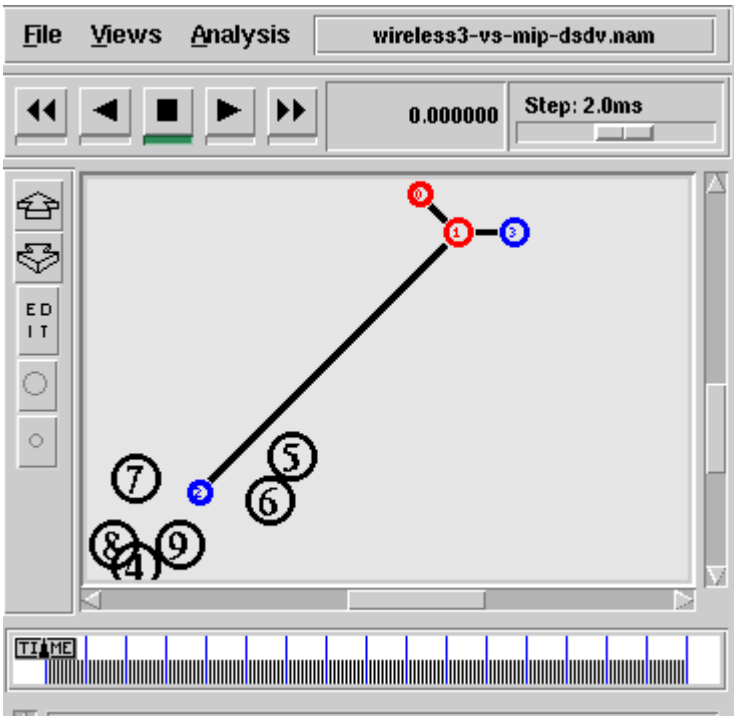
Trong đó: *-v*: version; *-n*: số tham gia mô phỏng nút; *-P*: kiểu thời gian tạm dừng; *-p*: thời gian tạm dừng; *-m*: vận tốc di chuyển nút nhỏ nhất*; -M*: vận tốc di chuyển nút tối đa; *-t*: thời gian mô phỏng; *-x*: chiều X vùng mô phỏng; *-y*: chiều Y vùng mô phỏng. Trong luận văn, em sử dụng công cụ này để sinh ra mô hình Random Waypoint.

3.2. Mô hình mô phỏng cho kết nối MANET với INTERNET

3.2.1. Mô tả

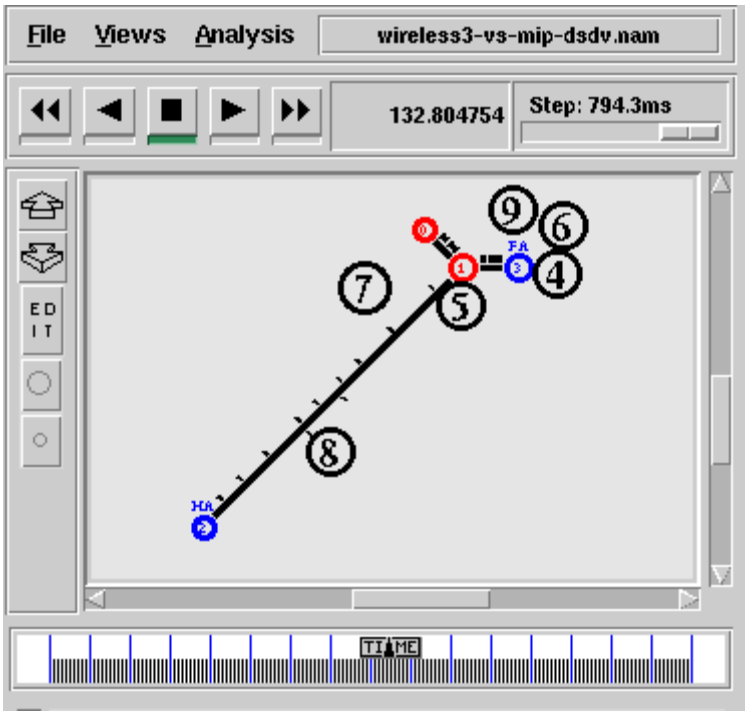
Mô phỏng gồm 4 nút có dây gồm: node 0, node 1, node 2 (HA) đóng vai trò là trạm cơ sở (Base station), node 3 (FA) cũng là trạm cơ sở; 6 nút di động gồm: node 4, node 5, node 6, node 7, node 8, node 9.

Ban đầu các nút thực hiện trao đổi thông tin với HA và chưa di chuyển.



Hình 3.5. Hình ảnh mô phỏng các nút di động kết nối với HA

Các nút di chuyển dần về phía FA và thực hiện trao đổi thông tin với FA, lúc này, HA và FA trao đổi dữ liệu với nhau sử dụng giao thức định tuyến Mobile IP. FA gửi dữ liệu cho các nút di động sử dụng giao thức định tuyến AODV.



Hình 3.6. Các nút di động di chuyển về phía FA

Mô phỏng bao gồm 8 nguồn phát tcp, cụ thể:

- Nguồn phát tcp0 gắn với thực thể gửi: HA(node 2), thực thể nhận: node 4, phát vào giây thứ 10 và kết thúc tại giây thứ 109.

- Nguồn phát tcp1 gắn với thực thể gửi: node 0, thực thể nhận: FA (node 3), phát vào giây thứ 105 và kết thúc tại giây thứ 195.
- Nguồn phát tcp2 gắn với thực thể gửi: FA (node 3), thực thể nhận: node 4, phát vào giây thứ 108 và kết thúc tại giây thứ 200.
- Nguồn phát tcp3 gắn với thực thể gửi: HA (node 2), thực thể nhận: FA (node 3), phát vào giây thứ 105 và kết thúc tại giây thứ 195.
- Nguồn phát tcp4 gắn với thực thể gửi: HA (node 2), thực thể nhận: node 4, phát vào giây thứ 205 và kết thúc tại giây thứ 245.
- Nguồn phát tcp5 gắn với thực thể gửi: FA (node 3), thực thể nhận: HA (node 2), phát vào giây thứ 206 và kết thúc tại giây thứ 226.
- Nguồn phát tcp6 gắn với thực thể gửi: HA (node 2), thực thể nhận: node 7, phát vào giây thứ 5 và kết thúc tại giây thứ 200.
- Nguồn phát tcp7 gắn với thực thể gửi: HA (node 2), thực thể nhận: node 6, phát vào giây thứ 105 và kết thúc tại giây thứ 190.

3.2.2. Thiết lập các thông số mô phỏng

Mạng MANET có những đặc điểm là: Cấu hình mạng động, các liên kết với dung lượng thay đổi – băng tần hạn chế, các nút có năng lượng thấp và bảo mật vật lý hạn chế. Do đó, khi phân tích hiệu suất các giao thức định tuyến MANET cần xem xét một số tham số sau:

- *Kích thước mạng*: Được thể hiện bằng số các nút trong mạng.
- *Kết nối mạng*: Được thể hiện bằng số trung bình các hàng xóm của một nút.
- *Tốc độ thay đổi mạng*: Là tốc độ thay đổi tô-pô của mạng theo thời gian.
- *Khả năng của liên kết*: Là băng thông của liên kết không dây, được tính bằng bps.
- *Dạng truyền thông*: Được thể hiện bằng các mức độ tải trong mạng, có thể là đồng dạng, không đồng dạng hoặc bùng phát.
- *Dạng di chuyển*: Được thể hiện các mô hình chuyển động cụ thể.

Mục đích các thí nghiệm của em là đánh giá hiệu năng mạng khi tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP (cụ thể giải pháp MIPMANET trên nền tảng của giao thức AODV). Phương pháp của em là áp dụng các giao thức định tuyến Ad Hoc khác nhau kết hợp với giao thức Mobile IP.

Khi so sánh các giao thức định tuyến, để đảm bảo tính công bằng, điều quan trọng là phải áp dụng các điều kiện tải và môi trường giống nhau với từng giao thức. Do đó, tập các file ngữ cảnh chuyển động và truyền thông giống nhau được áp dụng cho từng giao thức.

3.2.3. Các tham số cố định

Bảng 3.2. Các tham số cố định trong mô phỏng

Tham số mô phỏng	Giá trị
Kích thước vùng mô phỏng (m x m)	670 x 670
Phạm vi truyền sóng vô tuyến (m)	250
Kích thước gói tin (byte)	1000
Dạng truyền thông	Ftp
Số lượng nguồn phát	8
Số lượng nút di động	6
Thời gian mô phỏng (s)	250
Giao thức định tuyến mô phỏng	Mobile IP, AODV

3.3. Tiến hành mô phỏng, nhận xét kết quả

3.3.1. Kịch bản mô phỏng

Các bước viết mã kịch bản .tcl để thực thi mô phỏng mạng MANET:

- **Bước 1:** Tạo một thể hiện mô phỏng

set ns_ [new Simulator]

- **Bước 2:** Tạo file trace để lưu vết mô phỏng

set tracefd [open wireless3-vs-mip-AODV.tr w]
$ns_ trace-all $tracefd

- **Bước 3:** Tạo đối tượng topo

set topo [new Topography]

- **Bước 4:** Thiết lập không gian di chuyển cho các node

$topo load_flatgrid $val(x) $val(y)

- **Bước 5:** Tạo đối tượng GOD (Genaral Operations Director), đây là đối tượng được sử dụng để lưu trữ các toàn bộ thông tin về trạng thái của môi trường, mạng, node… GOD được gọi sử dụng tại lớp MAC trong node.

create-god [expr $opt(nn) + 2]

- **Bước 6:** Cấu hình node

```
$ns_ node-config -mobileIP ON \
                 -Ad HocRouting $opt(Ad HocRouting) \
                 -llType $opt(ll) \
                 -macType $opt(mac) \
                 -ifqType $opt(ifq) \
                 -ifqLen $opt(ifqlen) \
                 -antType $opt(ant) \
                 -propType $opt(prop) \
                 -phyType $opt(netif) \
```

```
  -channelType $opt(chan) \
-topoInstance $topo \
  -wiredRouting ON \
-agentTrace ON \
  -routerTrace OFF \
  -macTrace OFF
```

- **Bước 7:** Thiết lập vị trí cho node (trong trường hợp các node di chuyển không ngẫu nhiên)

```
$HA set X_ 308.000000000000
$HA set Y_ 183.000000000000
$HA set Z_ 0.000000000000

$FA set X_ 450.000000000000
$FA set Y_ 300.000000000000
$FA set Z_ 0.000000000000
```

- **Bước 8:** Thiết lập tại thời điểm 100s node MH di chuyển tới vị trí tương ứng tọa độ (470, 300) với tốc độ di chuyển 20m/s, sau đó, tại thời điểm 200s, MH di chuyển về vị trí tương ứng tọa độ (280, 150) với tốc độ di chuyển 20m/s

```
$ns_ at 100.000000000000 "$MH setdest 470.000000000000 300.000000000000
20.000000000000"
$ns_ at 200.000000000000 "$MH setdest 280.000000000000 150.000000000000
20.000000000000"
```

- **Bước 9:** Thiết lập luồng traffic giữa các node (đoạn mã sau thiết lập luồng cho HA và node 0 (MH))

```
set tcp0 [new Agent/TCP]
$tcp0 set class_ 2
set sink0 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $HA $tcp0
$ns_ attach-agent $MH $sink0
$ns_ connect $tcp0 $sink0
set ftp0 [new Application/FTP]
$ftp0 attach-agent $tcp0
$ns_ at 10 "$ftp0 start"
$ns_ at 109 "$ftp0 stop"
```

- **Bước 10:** Thiết lập thời gian dừng khi mô phỏng kết thúc

```
for {set i 0} {$i < $opt(nn) } {incr i} {
   $ns_ at $opt(stop).0 "$node_($i) reset";
```

```
}
$ns_ at $opt(stop).0 "$HA reset";
$ns_ at $opt(stop).0 "$FA reset";

$ns_ at $opt(stop).0002 "puts \"NS EXITING...\" ; $ns_ halt"
$ns_ at $opt(stop).0001 "stop"
proc stop {} {
   global ns_ tracefd namtrace
   close $tracefd
   close $namtrace
}
```

- **Bước 11:** Bắt đầu thực thi mô phỏng

```
puts "Starting Simulation...\n"
$ns_ run
```

3.3.2. Các độ đo được dùng đánh giá hiệu năng

Theo nghĩa chung, hiệu năng là một độ đo công việc mà hệ thống thực hiện được. Hiệu năng chủ yếu được xác định bởi tính sẵn sàng để dùng, thông lượng và thời gian đáp ứng. Trong mạng MANET, các giới hạn về tài nguyên mạng yêu cầu các giao thức bên cạnh các yếu tố hiệu suất nêu trên cần đảm bảo việc dùng hiệu quả các tài nguyên hạn chế này. Với các giao thức định tuyến, đó chính là chi phí để thực hiện các yêu cầu định tuyến được thể hiện bởi mức tải định tuyến.

Do vậy, để đánh giá hiệu quả khi tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP sử dụng các độ đo sau:

- **Thông lượng trung bình (Average throughput)**: Tổng số dữ liệu của các gói tin tạo bởi mọi nguồn đo được trong một khoảng thời gian mô phỏng, tính bằng Kbit/s.
- **Trễ đầu cuối trung bình của các gói dữ liệu (Average End to End data packet delay)**: Là độ trễ toàn phần được tính từ khi gói tin phát đi từ ứng dụng phát cho tới khi được nhận bởi ứng dụng nhận bao gồm các trễ có thể như trễ do quá trình phát hiện đường, xếp hàng tại các hàng đợi, trễ phát lại tại tầng MAC, và thời gian trễ truyền.

3.3.3. Kết quả mô phỏng

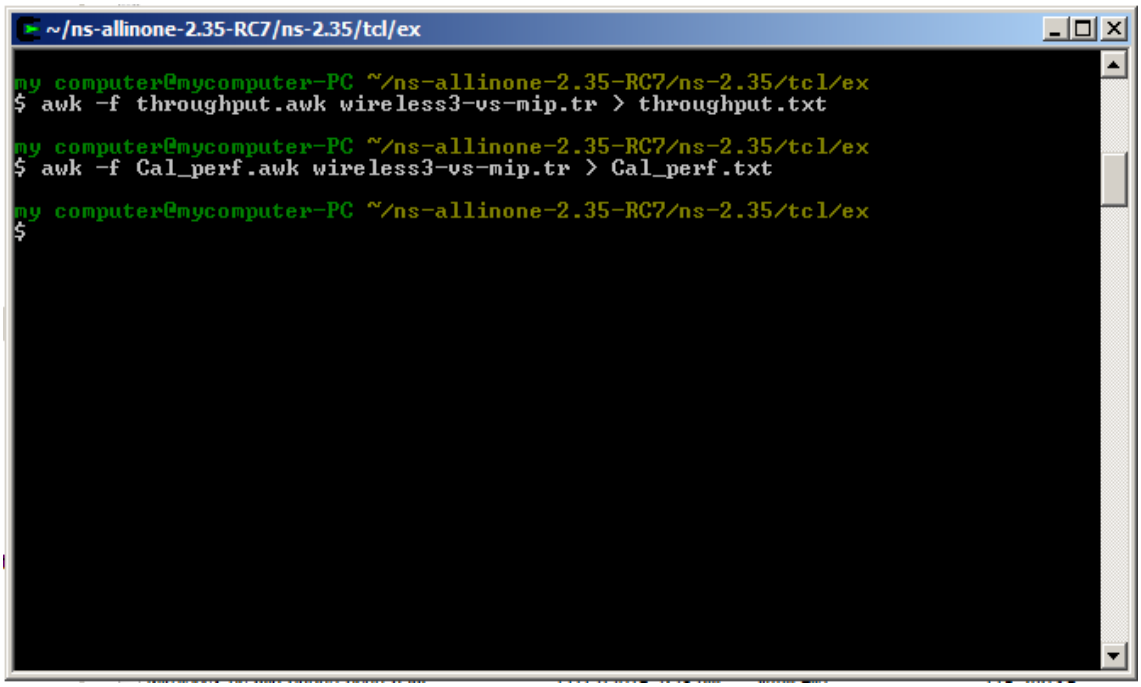
3.3.3.1. Phương pháp phân tích file trace kết quả mô phỏng

Để phân tích file trace kết quả mô phỏng, đưa ra được các giá trị của các độ đo hiệu năng nêu trên, sử dụng AWK script để phân tích. Nội dung file AWK có trích dẫn chi tiết tại phụ lục của luận văn.

Sau khi đã chạy xong mô phỏng, để tiến hành phân tích file trace kết quả, ta vào Cygwin và sử dụng câu lệnh:

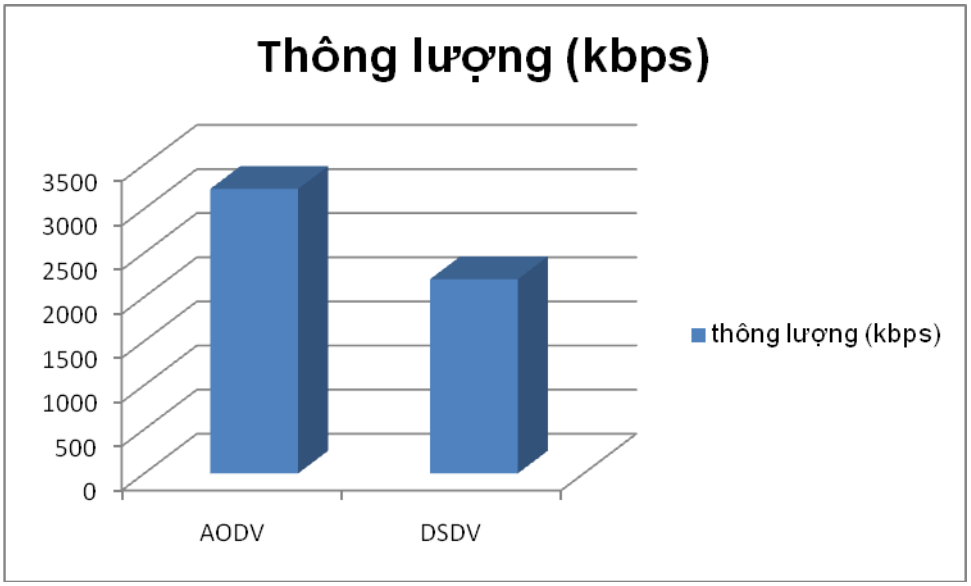
awk –f tenfileawk.awk tenfiletrace.tr > tenfileoutput.txt

Lưu ý: File awk và file trace kết quả phải nằm cùng trong thư mục.

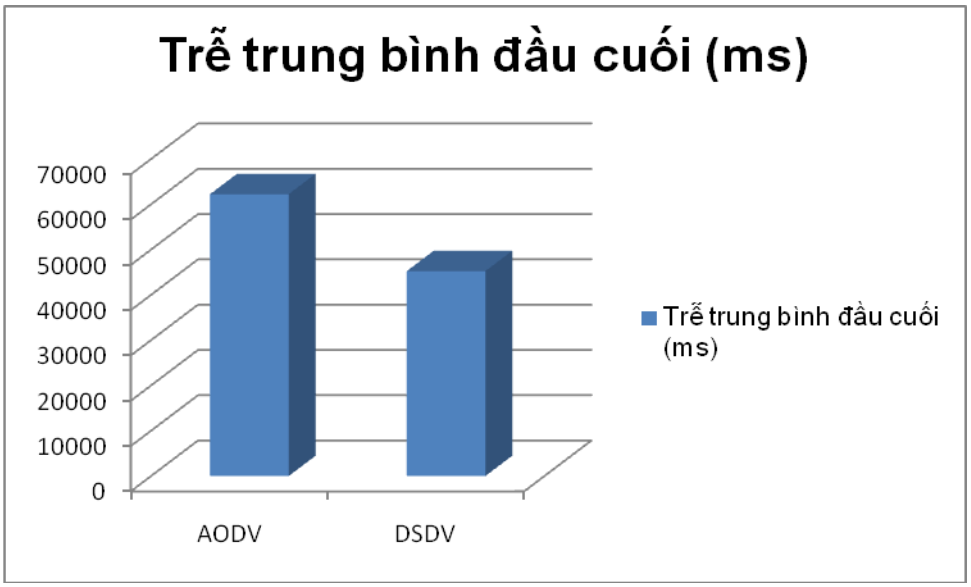


Hình 3.7. Thực thi awk script để phân tích kết quả file trace

3.3.3.2. Kết quả mô phỏng



Hình 3.8. Biểu đồ thông lượng dữ liệu trung bình



Hình 3.9. Biểu đồ trễ đầu cuối trung bình của các gói dữ liệu

Hình 3.8 thể hiện sự chênh lệch giữa thông lượng trung bình khi sử dụng giao thức AODV so với khi sử dụng giao thức DSDV, trong đó khi sử dụng AODV thông lượng cao xấp xỉ 1,5 lần so với khi sử dụng DSDV.

Hình 3.9 cho thấy sự chênh lệch về trễ trung bình đầu cuối giữa hai giao thức, trong đó DSDV có độ trễ thấp hơn so với AODV.

Nhận xét kết quả mô phỏng:

Về cơ bản khi sử dụng giao thức AODV thì thông lượng mạng cao hơn so với sử dụng giao thức DSDV, mặc dù độ trễ trung bình đầu cuối của DSDV thấp hơn so với AODV bởi vì DSDV là giao thức định tuyến chủ động nên việc tìm kiếm 1 tuyến đường trong mạng của giao thức DSDV nhanh hơn AODV do các tuyến đường được lưu trong bảng định tuyến vì vậy độ trễ trung bình của DSDV sẽ thấp hơn AODV.

Kết luận chương 3

Việc triển khai thí nghiệm các hệ thống mạng trong thế giới thực là một công việc khá phức tạp, đòi hỏi tốn nhiều thời gian và chi phí cao. Bên cạnh đó, độ rủi ro không thành công khá cao. Để khắc phục tình trạng này cần phải thực hiện các mô phỏng dựa trên các phần mềm ứng dụng mô phỏng mạng.

Trong chương 3 trình bày các bước thực hiện để mô phỏng mạng MANET trong NS-2, các tập lệnh để thiết lập mô phỏng mạng không dây trên NS-2. Tiến hành mô phỏng tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP cụ thể: Các gói tin được chuyển đến FA bằng cách sử dụng giao thức Mobile IP, sau đó FA sẽ sử dụng giao thức AODV hoặc DSDV để chuyển các gói tin đến các nút trong mạng Ad Hoc. Kết quả phân tích cho thấy thông lượng mạng khi sử dụng ADOV cao hơn so với DSDV. Như vậy, sử dụng AODV cho hiệu quả cao hơn so với DSDV.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Mạng MANET ngày càng được ứng dụng nhiều trong thực tiễn, tuy nhiên nó cũng mang lại nhiều thách thức cho các nhà nghiên cứu trong việc tìm ra những giao thức mạng, chuẩn mạng mới với mục đích cuối cùng là đạt được một hệ thống mạng ổn định và hiệu suất khai thác cao trên các dịch vụ truyền thông đa phương tiện.

Qua một thời gian nghiên cứu nghiêm túc, luận văn đã đạt được một số kết quả chính sau đây:

- Trình bày một cách tổng quan về hệ thống mạng MANET, đặc điểm, kiểu kết nối, cách thức hoạt động, phân tích một số thuật toán định tuyến cơ bản trên mạng MANET, phân loại và ứng dụng trong các lĩnh vực đời sống, xã hội. Phân tích đặc điểm, cách thức làm việc và hoạt động của giao thức Mobile IP.
- Nghiên cứu giải pháp tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP: Phân tích và so sánh các giải pháp tích hợp MANET với INTERNET, phân tích giải pháp cho các vấn đề phát sinh khi sử dụng Mobile IP trên mạng Ad Hoc di động, đi sâu nghiên cứu, phân tích giải pháp MIPMANET sử dụng giao thức AODV.
- Nghiên cứu bộ mô phỏng NS2 sử dụng cho các mạng MANET, đồng thời tiến hành mô phỏng giải pháp tích hợp MANET với INTERNET sử dụng giao thức Mobile IP kết hợp giao thức AODV. Kết quả mô phỏng cho thấy: Khi tích hợp sử dụng giao thức AODV khi vận chuyển dữ liệu giữa FA và các nút trong mạng Ad Hoc có hiệu năng cao hơn so với DSDV.

2. Kiến nghị

Mặc dù kết quả thực nghiệm cho thấy khi sử dụng giao thức AODV kết hợp với giao thức Mobile IP cho hiệu năng hơn hẳn so với khi kết hợp với giao thức DSDV, nhưng vẫn cần phải tiến hành nhiều thực nghiệm và khảo sát kỹ lưỡng hơn nữa để đánh giá mức độ hiệu quả và ổn định của giao thức này một cách toàn diện và chính xác nhất khi áp dụng tích hợp cho các mạng MANET trong thực tế.

Do thời gian thực hiện luận văn tương đối ngắn nên chắc chắn không thể tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được những góp ý của các thầy, cô giáo và các bạn đọc để luận văn được hoàn thiện hơn. Xin chân thành cảm ơn!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Anh

[1]. Georgy Sklyarenko (2005), *AODV Routing Protocol*, Seminar Technische Informatik, Takustr. 9, D-14195 Berlin, Germany.

[2]. Stefano Basagni, Marco Conti, Silvia Giordano, Ivan Stojmenovic (2004), *Mobile Ad Hoc Networking*, Copyright © 2004 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers.

[3]. Sally Floyd, Van Jacobson, Steven McCanne, Lixia Zhiang, and Ching-Gung Liu. A Reliable Multicast Framework for Light-weight Sessions and Application Level Framing. IEEE/ACM Transactions on Networking, 5: 784-803, December 1997.

[4]. U. Jonsson et al., "MIPMANET — Mobile IP for Mobile Ad Hoc Networks," Proc. 1st Wksp. Mobile Ad Hoc Network and Computing (MobiHOC'00), Boston, Massachusetts, Aug. 2000, pp. 75–85.

[5]. P. Ratanchandani and R. Kravets, "A Hybrid Approach to INTERNET Connectivity for Mobile Ad Hoc Networks," Proc. IEEE WCNC 2003, vol. 3, Mar. 2003, pp. 1522–27.

[6]. B. A. Kock and J. R. Schmidt, "Dynamic Mobile IP Routers in Ad Hoc Networks," IWWAN 2004, Int'l. Wksp. Wireless Ad-hoc Networks, OULU FINLAND, June 2004.

[7]. H. Lei and C.E. Perkins, "Ad Hoc Networking with Mobile IP," Proc. 2nd European Pers. Mobile Commun. Conf. (EPMCC '97), IEE, 1997, pp. 197–202.

[8]. E. M. Belding-Royer and C. E. Perkins, "Global Connectivity for IPv4 Mobile Ad Hoc Networks," IETF INTERNET draft, draftroyer-MANET-globalv4-00.txt, 14 Nov. 2001, work in progress, http://www.cs.ucsb.edu/~ebelding/txt/globalv4.txt

[9]. M. Ergen and A. Puri, "MEWLANA-MOBILE IP: Enriched Wire-less Local Area Network Architecture," Proc. IEEE Vehic. Tech. Conf., Canada, Sept. 2002, pp. 2449–53.

[10]. Y. Sun, E. Belding-Royer, and C. Perkins, "INTERNET Connectivity for Ad Hoc Mobile Networks," Int'l. J. Wireless Information Networks, special issue on Mobile Ad Hoc Networks (MANETs): Standards, Research, Applications, vol. 9, no. 2, Apr. 2002.

[11]. Y.-C. Tseng, C.-C. Shen, and W.-T. Chen, "Mobile IP and Ad Hoc Networks: An Integration and Implementation Experience," IEEE Computer, vol. 36, no. 5, May 2003, pp. 48–55.

[12]. M. Benzaid, P. Minet, and K. A. Agha, "A Framework for Integrating Mobile-IP and OLSR Ad-Hoc Networking for Future Wireless Mobile Systems," 1st

Mediterranean Ad-Hoc Networks Wksp. (Med-Hoc-Net), Sardegna Italy, Sept. 2002.

[13]. M. Benzaid et al., "Integration of Mobile-IP and OLSR for a Universal Mobility, Wireless Networks," special issue on Ad-hoc Networking, Boston: Kluwer Academic Publishers, vol. 10, issue 4, July 2004, pp. 377–88.

[14]. S.Deering. RFC 1256: ICMP Router Discovery Messages, September 1991, See also RFC0792. Status: PROPOSED STANDARD.

[15]. B. Xie and A. Kumar, "Integrated Connectivity Framework for INTERNET and Ad Hoc Networks," 1st IEEE Int'l. Conf. Mobile Ad-hoc and Sensor Systems, Oct. 24–27, 2004, Fort Lauderdale, Florida, USA.

[16]. M. Michalak and T. Braun, "Common Gateway Architecture for Mobile Ad-Hoc Networks," 2nd Annual Conf. Wireless On-demand Network Systems and Services (WONS'05), 2005, pp.70–75.

[17]. G. Montenegro. RFC 2344: Reverse Tunneling for Mobile IP, May 1998. Status: PROPOSED STANDARD.

[18]. C. Hedrick, Routing Information Protocol, RFC 1058, June 1988.

[19]. C. Perkins and P. Bhagwat, "Routing over Multi-hop wireless Network of Mobile Computers," SIGCOMM '94, Computer Commun. Review, vol. 24, no. 4, Oct. 1994, pp. 234–44.

[20]. Charles E. Perkins, Elizabeth M. Royer, and Samir R. Das. Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. INTERNET draft (word in progress), IETF Mobile Ad Hoc Networks Working Group, June 1999. Draft-ietf-MANET-aodv-03.txt.

[21]. Subir Kumar Sarkar, T G Basavaraju,C Puttamadappa (2008), *Ad Hoc Mobile Wireless Network*, Copyright © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC

[22]. W. Richard Stevens. TCP/IP Illustrated, Volume 1 The Protocols. Addison-Wesley, 1994

[23]. T. Ville, "Micro-Mobility within Wireless Ad Hoc Networks: Towards Hybrid Wireless Multihop Networks," Diploma Thesis, Department of Electrical Engineering, University of Oulu, Oulu, Finland, 2001.

[24]. NS, The UCB/LBNL/VINT Network Simulator (NS), http://www.isi.edu/nsnam/ns/, 2004.

[25]. G. Jose Moses, D. Sunil Kumar, Prof.P.Suresh Varma and N.Supriya (2012), "*A Simulation Based Study of AODV, DSR, DSDV Routing Protocols in MANET Using NS-2*" International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 2, Issue 3.

[26]. Fekri M. Abduljalil and Shrikant K. Bodhe, 2007, “A survey of intergrating IP mobility protocols and mobile Ad Hoc networks,” 1st quarter 2007, vol. 9, no. 1, pp. 19-22

PHỤ LỤC

1. Kịch bản TCL thực hiện mô phỏng cho mạng MANET

#Thiết lập các tham số cho mô phỏng

```
set opt(chan)   Channel/WirelessChannel        ;
set opt(prop)   Propagation/TwoRayGround       ;
set opt(netif)  Phy/WirelessPhy                ;
set opt(mac)    Mac/802_11                     ;
set opt(ifq)    Queue/DropTail/PriQueue        ;
set opt(ll)     LL                             ;
set opt(ant)    Antenna/OmniAntenna            ;
set opt(ifqlen)         50                     ;
set opt(nn)             6                     ;
set opt(Ad HocRouting)   AODV                   ;

set opt(cp)     ""                             ;
set opt(sc)     ""                             ;

set opt(x)      670                            ;
set opt(y)      670                            ;
set opt(seed)   0.0                            ;
set opt(stop)   250                            ;

set num_wired_nodes      2
set num_bs_nodes       2  ;

#
=============================================================
=========

if { $opt(x) == 0 || $opt(y) == 0 } {
     puts "No X-Y boundary values given for wireless topology\n"
     #tức là: Không có giá trị ranh giới X-Y trao cho topo không dây
}
if {$opt(seed) > 0} {
     puts "Seeding Random number generator with $opt(seed)\n"

     ns-random $opt(seed)
```

```
}
```

 # tạo bộ mô phỏng trong ns

```
set ns_   [new Simulator]
```

 # thiết lập định tuyến phân cấp

```
$ns_ node-config -addressType hierarchical
AddrParams set domain_num_ 3          ;
lappend cluster_num 2 1 1              ;
AddrParams set cluster_num_ $cluster_num
lappend eilastlevel 1 1 8 2          ;
AddrParams set nodes_num_ $eilastlevel ;

set tracefd  [open wireless3-vs-mip.tr w]
set namtrace [open wireless3-vs-mip.nam w]
$ns_ trace-all $tracefd
$ns_ namtrace-all-wireless $namtrace $opt(x) $opt(y)

set topo   [new Topography]
$topo load_flatgrid $opt(x) $opt(y)

create-god [expr $opt(nn) + $num_bs_nodes]

set temp {0.0.0 0.1.0}           ;
```

#tạo các node có dây

```
for {set i 0} {$i < $num_wired_nodes} {incr i} {
    set W($i) [$ns_ node [lindex $temp $i]]
     $W($i) color red
}
```

 # cấu hình cho node

```
$ns_ node-config -mobileIP ON \
                 -Ad HocRouting $opt(Ad HocRouting) \
                 -llType $opt(ll) \
                 -macType $opt(mac) \
                 -ifqType $opt(ifq) \
                 -ifqLen $opt(ifqlen) \
                 -antType $opt(ant) \
                 -propType $opt(prop) \
                 -phyType $opt(netif) \
                 -channelType $opt(chan) \
      -topoInstance $topo \
                 -wiredRouting ON \
      -agentTrace ON \
```

```
                -routerTrace OFF \
                -macTrace OFF
```

 # Tạo HA và FA

```
set HA [$ns_ node 1.0.0]
set FA [$ns_ node 2.0.0]
$HA random-motion 0
$FA random-motion 0
$HA color blue
$FA color blue
$HA label "HA"
$FA label "FA"
```

 # thiết lập vị trí của trạm cơ sở HA và FA

```
$HA set X_ 308.000000000000
$HA set Y_ 183.000000000000
$HA set Z_ 0.000000000000

$FA set X_ 450.000000000000
$FA set Y_ 300.000000000000
$FA set Z_ 0.000000000000
```

 # tạo các nút di động di chuyển giữa HA và FA.

```
$ns_ node-config -wiredRouting OFF
set MH [$ns_ node 1.0.1]
set node_(0) $MH
set HAaddress [AddrParams addr2id [$HA node-addr]]
[$MH set regagent_] set home_agent_ $HAaddress

$MH set Z_ 0.000000000000
$MH set Y_ 150.000000000000
$MH set X_ 280.000000000000

$ns_    at    100.000000000000    "$MH    setdest    470.000000000000
300.000000000000 20.000000000000"
```

 # trở lại HA

```
$ns_    at    200.000000000000    "$MH    setdest    280.000000000000
150.000000000000 20.000000000000"

$ns_ node-config -wiredRouting OFF
set MH1 [$ns_ node 1.0.2]
set node_(1) $MH1
set HAaddress [AddrParams addr2id [$HA node-addr]]
```

```
[$MH1 set regagent_] set home_agent_ $HAaddress

$MH1 set Z_ 0.000000000000
$MH1 set Y_ 200.000000000000
$MH1 set X_ 350.000000000000
$ns_    at    120.000000000000    "$MH1    setdest    430.000000000000
290.000000000000 20.000000000000"
$ns_    at    180.000000000000    "$MH1    setdest    350.000000000000
200.000000000000 20.000000000000"

$ns_ node-config -wiredRouting OFF
set MH2 [$ns_ node 1.0.3]
set node_(2) $MH2
set HAaddress [AddrParams addr2id [$HA node-addr]]
[$MH2 set regagent_] set home_agent_ $HAaddress

$MH2 set Z_ 0.000000000000
$MH2 set Y_ 180.000000000000
$MH2 set X_ 340.000000000000

$ns_    at    90.000000000000    "$MH2    setdest    470.000000000000
320.000000000000 20.000000000000"
$ns_    at    150.000000000000    "$MH2    setdest    340.000000000000
180.000000000000 20.000000000000"

$ns_ node-config -wiredRouting OFF
set MH3 [$ns_ node 1.0.4]
set node_(3) $MH3
set HAaddress [AddrParams addr2id [$HA node-addr]]
[$MH3 set regagent_] set home_agent_ $HAaddress

$MH3 set Z_ 0.000000000000
$MH3 set Y_ 190.000000000000
$MH3 set X_ 280.000000000000

$ns_    at    120.000000000000    "$MH3    setdest    390.000000000000
300.000000000000 20.000000000000"
$ns_    at    180.000000000000    "$MH3    setdest    280.000000000000
190.000000000000 20.000000000000"

$ns_ node-config -wiredRouting OFF
set MH4 [$ns_ node 1.0.5]
set node_(4) $MH4
set HAaddress [AddrParams addr2id [$HA node-addr]]
[$MH4 set regagent_] set home_agent_ $HAaddress
```

```
$MH4 set Z_ 0.000000000000
$MH4 set Y_ 160.000000000000
$MH4 set X_ 270.000000000000

$ns_    at    110.000000000000    "$MH4    setdest    370.000000000000
220.000000000000 20.000000000000"
$ns_    at    170.000000000000    "$MH4    setdest    270.000000000000
160.000000000000 20.000000000000"

$ns_ node-config -wiredRouting OFF
set MH5 [$ns_ node 1.0.6]
set node_(5) $MH5
set HAaddress [AddrParams addr2id [$HA node-addr]]
[$MH5 set regagent_] set home_agent_ $HAaddress

$MH5 set Z_ 0.000000000000
$MH5 set Y_ 160.000000000000
$MH5 set X_ 300.000000000000

$ns_    at    100.000000000000    "$MH5    setdest    450.000000000000
330.000000000000 20.000000000000"
$ns_    at    170.000000000000    "$MH5    setdest    300.000000000000
160.000000000000 20.000000000000"
```

 # tạo liên kết giữa node có dây và trạm cơ sở

```
$ns_ duplex-link $W(0) $W(1) 5Mb 10ms DropTail
$ns_ duplex-link $W(1) $HA 5Mb 150ms DropTail
$ns_ duplex-link $W(1) $FA 5Mb 10ms DropTail

$ns_ duplex-link-op $W(0) $W(1) orient right-down
$ns_ duplex-link-op $W(1) $HA orient left-down
$ns_ duplex-link-op $W(1) $FA orient right
```

#thiết lập kết nối cho các nguồn tcp/ftp

```
set tcp0 [new Agent/TCP]
$tcp0 set class_ 2
set sink0 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $HA $tcp0
$ns_ attach-agent $MH $sink0
$ns_ connect $tcp0 $sink0
set ftp0 [new Application/FTP]
$ftp0 attach-agent $tcp0
$ns_ at 10 "$ftp0 start"
$ns_ at 109 "$ftp0 stop"
```

```
set tcp1 [new Agent/TCP]
$tcp1 set class_ 2
set sink1 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $W(0) $tcp1
$ns_ attach-agent $FA $sink1
$ns_ connect $tcp1 $sink1
set ftp1 [new Application/FTP]
$ftp1 attach-agent $tcp1
$ns_ at 105 "$ftp1 start"
$ns_ at 195 "$ftp1 stop"


set tcp2 [new Agent/TCP]
$tcp2 set class_ 2
set sink2 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $FA $tcp2
$ns_ attach-agent $MH $sink2
$ns_ connect $tcp2 $sink2
set ftp2 [new Application/FTP]
$ftp2 attach-agent $tcp2
$ns_ at 108 "$ftp2 start"
$ns_ at 200 "$ftp2 stop"

set tcp3 [new Agent/TCP]
$tcp3 set class_ 2
set sink3 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $HA $tcp3
$ns_ attach-agent $FA $sink3
$ns_ connect $tcp3 $sink3
set ftp3 [new Application/FTP]
$ftp3 attach-agent $tcp3
$ns_ at 105 "$ftp3 start"
$ns_ at 195 "$ftp3 stop"

set tcp4 [new Agent/TCP]
$tcp4 set class_ 2
set sink4 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $HA $tcp4
$ns_ attach-agent $MH $sink4
$ns_ connect $tcp4 $sink4
set ftp4 [new Application/FTP]
$ftp4 attach-agent $tcp4
$ns_ at 205 "$ftp4 start"
$ns_ at 245 "$ftp4 stop"

set tcp5 [new Agent/TCP]
```

```
$tcp5 set class_ 2
set sink5 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $FA $tcp5
$ns_ attach-agent $HA $sink5
$ns_ connect $tcp5 $sink5
set ftp5 [new Application/FTP]
$ftp5 attach-agent $tcp5
$ns_ at 206 "$ftp5 start"
$ns_ at 226 "$ftp5 stop"

set tcp6 [new Agent/TCP]
$tcp6 set class_ 2
set sink6 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $HA $tcp6
$ns_ attach-agent $MH3 $sink6
$ns_ connect $tcp6 $sink6
set ftp6 [new Application/FTP]
$ftp6 attach-agent $tcp6
$ns_ at 5 "$ftp6 start"
$ns_ at 200 "$ftp6 stop"

set tcp7 [new Agent/TCP]
$tcp7 set class_ 2
set sink7 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $HA $tcp7
$ns_ attach-agent $MH4 $sink7
$ns_ connect $tcp7 $sink7
set ftp7 [new Application/FTP]
$ftp7 attach-agent $tcp7
$ns_ at 6 "$ftp7 start"
$ns_ at 190 "$ftp7 stop"

if { $opt(cp) == "" } {
     puts "*** NOTE: no connection pattern specified."
        set opt(cp) "none"
} else {
     puts "Loading connection pattern..."
     source $opt(cp)
}
if { $opt(sc) == "" } {
     puts "*** NOTE: no scenario file specified."
        set opt(sc) "none"
} else {
     puts "Loading scenario file..."
     source $opt(sc)
     puts "Load complete..."
```

```
}
```

 # thiết lập vị trí nút ban đầu ở nam

```
for {set i 0} {$i < $opt(nn)} {incr i} {
       $ns_ initial_node_pos $node_($i) 20

}
```

 # thông báo với các node khi mô phỏng kết thúc

```
for {set i 0} {$i < $opt(nn) } {incr i} {
    $ns_ at $opt(stop).0 "$node_($i) reset";
}
$ns_ at $opt(stop).0 "$HA reset";
$ns_ at $opt(stop).0 "$FA reset";

$ns_ at $opt(stop).0002 "puts \"NS EXITING...\" ; $ns_ halt"
$ns_ at $opt(stop).0001 "stop"
proc stop {} {
    global ns_ tracefd namtrace
    close $tracefd
    close $namtrace
}
puts $tracefd "M 0.0 nn $opt(nn) x $opt(x) y $opt(y) rp \
     $opt(Ad HocRouting)"
puts $tracefd "M 0.0 sc $opt(sc) cp $opt(cp) seed $opt(seed)"
puts $tracefd "M 0.0 prop $opt(prop) ant $opt(ant)"

puts "Starting Simulation..."
$ns_ run
```

2. Kịch bản AWK phân tích kết quả mô phỏng

a. Kịch bản AWK phân tích thông lượng trung bình

```
BEGIN {
        recvdSize = 0
        startTime = 400
        stopTime = 0
   }

   {
              event = $1
              time = $2
              node_id = $3
              pkt_size = $8
              level = $4
```

```
      if (level == "AGT" && event == "s" && pkt_size >= 512) {
   if (time <= startTime) {
               startTime = time
               }
         }

    if (level == "AGT" && event == "r" && pkt_size >= 512) {
        if (time >= stopTime) {
               stopTime = time
              }

        hdr_size = pkt_size % 512
         pkt_size -= hdr_size

         recvdSize += pkt_size
        }
    }

 END {
 printf("Average Throughput[kbps] = %.2f\t\t
StartTime=%.2f\tStopTime=%.2f\n",(recvdSize/(stopTime-
startTime))*(8/1000),startTime,stopTime)
 }
```

b. Kịch bản AWK phân tích độ trễ trung bình

```
BEGIN {
 seqno = -1;
 droppedPackets = 0;
 receivedPackets = 0;
 count = 0;
 }
 {
if($4 == "AGT" && $1 == "s" && seqno < $6) {
 seqno = $6;
 } else if(($4 == "AGT") && ($1 == "r")) {
 receivedPackets++;
 } else if ($1 == "D" && $7 == "tcp" && $8 > 512){
 droppedPackets++;
 }

 if($4 == "AGT" && $1 == "s") {
 start_time[$6] = $2;
 } else if(($7 == "tcp") && ($1 == "r")) {
 end_time[$6] = $2;
```

```
 } else if($1 == "D" && $7 == "tcp") {
 end_time[$6] = -1;
 }
  }

  END {
  for(i=0; i<=seqno; i++) {
  if(end_time[i] >= 0) {
  delay[i] = end_time[i] - start_time[i];
  count++;
  }
  else
  {
  delay[i] = -1;
  }
  }
  for(i=0; i<count; i++) {
  if(delay[i] >= 0) {
  n_to_n_delay = n_to_n_delay + delay[i];
  }
  }
  n_to_n_delay = n_to_n_delay/count;
  print "\n";
  print "Average End-to-End Delay = " n_to_n_delay * 1000 " ms";
 print "\n";
}
```