

**BỘ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**



**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CẢI THIỆN HIỆU NĂNG
MẠNG MANET**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Viễn thông

Mã số: 9.52.02.08

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2021

Công trình hoàn thành tại:

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học:

- 1. PGS.TS. Nguyễn Tiến Ban**
- 2. PGS.TS. Nguyễn Đình Hân**

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ trước hội đồng chấm luận án cấp Học viện họp tại:

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

vào hồi:

Có thể tìm hiểu luận án tại:

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

MỞ ĐẦU

Với sự phát triển mạnh mẽ của các hệ thống thông tin di động, theo báo cáo của Cisco vào năm 2017, lưu lượng dữ liệu di động toàn cầu đã tăng 18 lần trong vòng 5 năm qua, chiếm 63% tổng lưu lượng mạng và đạt 7.2 exabytes mỗi tháng với trên 8 tỉ thiết bị di động tham gia kết nối mạng. Dự kiến đến năm 2021, lưu lượng dữ liệu di động toàn cầu sẽ tăng 7 lần so với hiện tại và có trên 11.6 tỉ thiết bị di động tham gia kết nối mạng. Trong đó, lưu lượng dữ liệu đa phương tiện chiếm $\frac{3}{4}$ lưu lượng mạng toàn cầu [18]. Do đó, thiết kế các mạng di động nhanh hơn, tiết kiệm năng lượng hơn là nhu cầu cấp thiết. Các mạng di động tùy biến (Mobile Ad-hoc Networks - MANET) ra đời từ những năm 1970 là một tập các thiết bị di động có khả năng tự cấu hình, thiết lập và truyền thông với nhau mà không dựa vào các trạm cơ sở [13], [24], [45].

Do rất linh hoạt trong việc thiết lập và truyền dữ liệu, các mạng MANET đã có nhiều ứng dụng thiết thực phục vụ con người trong các lĩnh vực như chăm sóc sức khỏe [5], [51], cứu hộ, khắc phục thảm họa [12], [60], giải trí [59], [84], quân sự [61], giao thông thông minh [20], [56] và rất nhiều các lĩnh vực khác đã được chỉ ra trong [8].

Hiệu năng của mạng MANET phụ thuộc vào quy mô, mô hình truyền thông và môi trường giao tiếp vô tuyến. Tuy nhiên, với khả năng và năng lực hạn chế, hiệu năng của MANET nói chung khá thấp [24], [45], [88]. Trong MANET, vì các nút mạng di động phải hợp tác với nhau để truyền gói tin, giao thức định tuyến có vai trò đặc biệt quan trọng trong vấn đề cải thiện hiệu năng mạng [82]. Các giao thức định tuyến thông thường đã được sử dụng cho MANET như AODV hay DSR sử dụng số chặng (hop-count) làm tham số định tuyến là không hiệu quả [24].

Khảo sát cho thấy, rất nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để giải quyết vấn đề này. Tuy nhiên mỗi nghiên cứu chỉ phù hợp với một cấu trúc, ứng dụng mạng cụ thể. Do đó, đề xuất các giải pháp định tuyến mạnh mẽ, tin cậy, hiệu năng cao là hướng nghiên cứu cấp thiết, thời sự và có tính mở. Do vậy, nghiên cứu sinh đã chọn đề tài “Nghiên cứu giải pháp cải thiện hiệu năng mạng MANET” cho luận án của mình.

Mục tiêu nghiên cứu của luận án là đề xuất các cơ chế, giao thức nhằm cải thiện hiệu năng mạng MANET cũng như tích hợp, mở rộng khả năng của

mạng MANET với các mạng đám mây và Internet, góp phần nâng cao chất lượng dịch vụ truyền tin cũng như mở ra các năng lực mới cho MANET.

Để đạt được các mục tiêu nêu trên, các nhiệm vụ cụ thể cần phải giải quyết bao gồm: (1) Nghiên cứu, đề xuất các giao thức định tuyến cải thiện hiệu năng cho mạng MANET; (2) đề xuất các giải pháp nhằm tích hợp, mở rộng khả năng cho mạng MANET và (3) Mô phỏng, đánh giá và so sánh hiệu năng các giao thức, giải pháp đề xuất với các giao thức, giải pháp truyền thống của mạng MANET và đề xuất các giải pháp áp dụng.

Từ các nhiệm vụ nghiên cứu trên, phương pháp nghiên cứu của luận án là nghiên cứu lý thuyết kết hợp với mô phỏng. Về lý thuyết, luận án thực hiện khảo sát, phân tích, tổng hợp đánh giá các nghiên cứu liên quan trong và ngoài nước, từ đó xác định các vấn đề nghiên cứu khả thi, hệ thống hóa các vấn đề cần nghiên cứu, xây dựng mô hình bài toán, đề xuất giải thuật khả thi, mô phỏng, phân tích và đánh giá hiệu quả của giải thuật. Cuối cùng, đưa ra các nhận xét, đánh giá dựa trên các kết quả đạt được; đề xuất các khuyến nghị, các giải pháp cải thiện hiệu năng hệ thống.

Với các mục tiêu nghiên cứu đã nêu ở trên, kết quả nghiên cứu của luận án gồm ba phần: Mở đầu, Nội dung và Kết luận. Phần Nội dung gồm 04 chương với nội dung như sau:

Chương 1. Mạng MANET và bài toán cải thiện hiệu năng.

Chương 2. Định tuyến trong mạng MANET

Chương 3. Định tuyến cải thiện hiệu năng mạng MANET

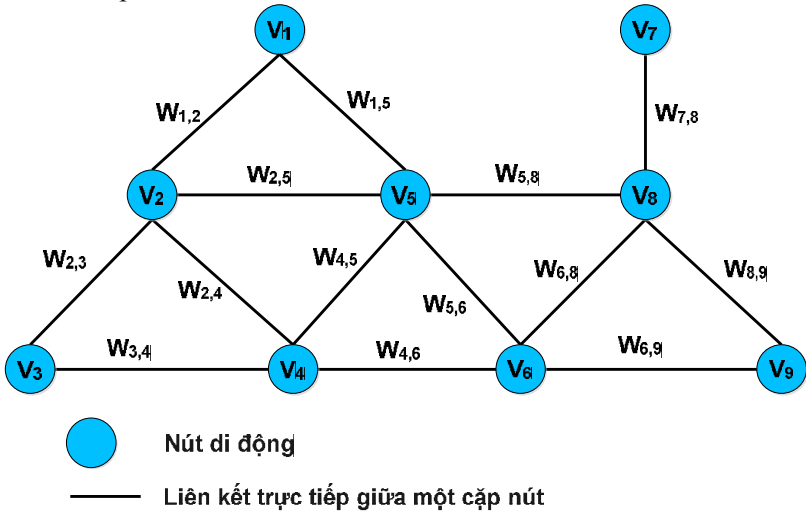
Chương 4. Tích hợp, mở rộng khả năng của MANET

CHƯƠNG 1: MẠNG MANET VÀ BÀI TOÁN CẢI THIỆN HIỆU NĂNG

1.1 Mô hình hệ thống mạng MANET

Để trình bày nguyên lý và những ý tưởng chính của giao thức, luận án sử dụng một đồ thị có trọng số G để biểu diễn mô hình mạng MANET như sau:

Định nghĩa 1.1: Gọi $G = (V, E)$ là đồ thị truyền thông trong mạng MANET. Khi đó $V = \{V_1, \dots, V_n\}$ là tập hữu hạn các đỉnh của G , E là tập hữu hạn các cạnh. Với mỗi cặp nút V_i, V_j , chúng ta có $E_{ij} = (V_i, V_j)$ nếu hai nút liên kết trực tiếp với nhau.



Hình 1.1. Mô hình đồ thị của mạng MANET.

Để biểu diễn khả năng tính toán và lựa chọn tuyến đường truyền tin phù hợp của giao thức, luận án mô hình hóa kiến trúc liên mạng bởi một đồ thị có trọng số. Mỗi cạnh E_{ij} của cặp nút (V_i, V_j) sẽ được thiết lập một trọng số $W_{i,j}$. Ở đây, $W_{i,j}$ biểu diễn giá trị của các tham số định tuyến. Lưu ý, trong mạng MANET hai nút mạng bất kỳ có thể có kết nối trực tiếp (tức là một cạnh của đồ thị) hoặc kết nối gián tiếp thông qua các nút trung gian (tức là một đường đi trong đồ thị). Vì vậy, các tuyến đường từ nút nguồn đến nút đích có thể được biểu diễn bởi các đường đi trên đồ thị.

1.2 Hiệu năng mạng MANET

1.2.1 Các yếu tố ảnh hưởng

Hiệu năng của mạng MANET bị ràng buộc bởi nhiều yếu tố khác nhau. Những vấn đề này được biết đến như là các bài toán với độ phức tạp đầy đủ (NP-complete) [24], [45]. Để đơn giản hóa, có thể chia các yếu tố này thành hai loại chính: từ môi trường ngoài và nội tại trong mạng.

1.2.2 Các tiêu chí đánh giá hiệu năng thông qua mô phỏng

Nội dung này trình bày về các tiêu chí đánh giá hiệu năng thông qua mô phỏng như tỷ lệ phân phối gói tin, trễ trung bình, thông lượng trung bình, tải định tuyến, tuổi thọ của mạng và năng lượng trung bình còn lại của nút mạng.

1.3 Các công trình nghiên cứu liên quan

1.3.1 Các công trình nghiên cứu trong nước

Tại Việt Nam các kết quả nghiên cứu liên quan đến hệ thống mạng MANET còn khá hạn chế.

1.3.2 Các công trình nghiên cứu ngoài nước

Khảo sát các giao thức định tuyến cho mạng MANET được công bố trên IEEE Xplore Digital Library cho thấy, nhằm cải thiện hiệu năng cho mạng MANET, các nghiên cứu trên thế giới tập trung vào một số hướng sau:

Tiếp cận theo hướng sử dụng MANET đa kênh.

Tiếp cận theo hướng định tuyến sử dụng đa tham số.

Tiếp cận theo hướng định tuyến đảm bảo QoS.

Tiếp cận theo hướng tiết kiệm năng lượng.

1.4 Xác định bài toán nghiên cứu

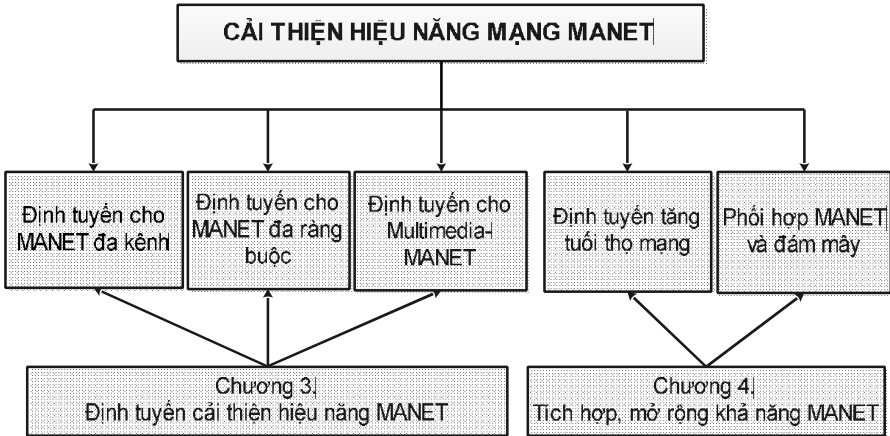
Dựa trên khảo sát và phân tích tình hình nghiên cứu trong nước và trên thế giới, luận án xác định được một số hướng nghiên cứu nhằm giải quyết bài toán cải thiện hiệu năng mạng MANET, như sau:

Vấn đề thứ nhất: Nghiên cứu và đề xuất các giao thức định tuyến:

- Định tuyến với cấu trúc mạng MANET đa kênh
- Định tuyến đa tham số:
- Định tuyến đảm bảo QoS

Vấn đề thứ hai: Tích hợp, mở rộng khả năng của MANET:

- Giải pháp tăng tuổi thọ mạng
- Giải pháp phối hợp MANET và đám mây



Hình 1.6. Xác định bài toán nghiên cứu.

1.7 Kết luận Chương 1

Nội dung Chương 1 trình bày khái quát về mô hình, nguyên lý hoạt động, các tham số và yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng hệ thống mạng MANET. Qua khảo sát, phân tích và đánh giá tình hình nghiên cứu trong nước và thế giới cho thấy các hạn chế của các nghiên cứu trước đây trong vấn đề cải thiện hiệu năng mạng MANET. Trên cơ sở các hạn chế này, hướng nghiên cứu của luận án được xác định là đề xuất các giao thức định tuyến nhằm cải thiện hiệu năng cho các cấu trúc mạng MANET khác nhau; đề xuất các cơ chế, giải pháp nhằm tích hợp, mở rộng khả năng của mạng MANET.

CHƯƠNG 2: ĐỊNH TUYẾN TRONG MẠNG MANET

Tóm tắt: Trong Chương 2, để làm rõ hơn vấn đề định tuyến và nhằm tìm ra phương thức để giải quyết các bài toán đã được xác định, luận án thực hiện một khảo sát các tham số và giao thức định tuyến gần đây được đề xuất cho mạng MANET. Kết quả cho thấy, nhằm cải thiện hiệu năng MANET, với mỗi cấu trúc, ứng dụng MANET, cần có các giải pháp khác nhau, phù hợp với cấu trúc, ứng dụng đó. Khảo sát các giao thức định tuyến tiêu biểu của MANET cho thấy, giao thức định tuyến AODV cho hiệu năng mạng ổn định và tốt hơn các giao thức khác. Do đó, cải tiến giao thức AODV nhằm đáp ứng các yêu cầu, nhiệm vụ của các cấu trúc mạng khác nhau là phù hợp.

2.1 Nguyên lý định tuyến trong mạng MANET

Khảo sát các giao thức định tuyến cho MANET, dựa theo phương thức định tuyến, có thể phân các giao thức định tuyến vào hai nhóm chính: định tuyến chủ động và định tuyến theo yêu cầu.

2.2 Khảo sát tham số định tuyến

Nội dung phần này trình bày về đặc điểm của các tham số định tuyến cho mạng MANET. Các tham số định tuyến được phân tích, so sánh và phân lớp theo các hướng tiếp cận như *lưu lượng*, *thông tin vô tuyến*, *vị trí và di động*, *năng lượng*.

2.3 Bài toán lựa chọn các tham số định tuyến

2.3.1 Đơn tham số

Các thuật toán tính chi phí tuyến đường dựa trên đơn tham số như Hop-count hoặc delay đã được biết đến và sử dụng rộng rãi trong các mạng hiện tại. Để ánh xạ nhiều điều kiện ràng buộc vào một tham số duy nhất, cách tiếp cận khả thi là trộn các yêu cầu chất lượng dịch vụ vào thành một yêu cầu duy nhất, từ đó ánh xạ thành một tham số định tuyến.

2.3.2 Đa tham số

Gọi $D_{i,j}$ là chi phí của liên kết (i, j) , thuộc tuyến đường $p = \{i, j, k, \dots, l, m\}$ là tập các nút mạng của tuyến đường.

Định nghĩa 2.1: Chi phí của tuyến đường p là tổng (Additive), nếu:

$$D_p = D_{i,j} + D_{j,k} + \dots + D_{l,m} \quad (2.21)$$

Định nghĩa 2.2: Chi phí của tuyến đường p là tích (Multiplicative), nếu

$$D_p = D_{i,j} \times D_{j,k} \times \dots \times D_{l,m} \quad (2.22)$$

Định nghĩa 2.3: Chi phí của tuyến đường p là cực tiểu (Minimum), nếu

$$D_p = \min\{D_{i,j}, D_{j,k}, \dots, D_{l,m}\} \quad (2.23)$$

Trong [24], [45], các nghiên cứu đã chỉ ra, khi có nhiều hơn hoặc bằng 2 tham số kiểu additive hoặc multiplicative tham gia, bài toán xác định tuyến đường tối ưu sẽ có độ phức tạp NP-Complete. Do đó, các nghiên cứu thường tìm cách hạn chế các tham số ràng buộc để đưa về dạng bài toán có thể giải được trong thời gian thực.

2.4 Các phương thức thu nhận thông tin định tuyến

Phần này trình bày các phương thức thu nhận thông tin định tuyến trong mạng MANET.

2.5 Các giao thức định tuyến tiêu biểu cho mạng MANET

2.5.1 Giao thức định tuyến AODV và DSR

2.5.2 Giao thức định tuyến OLSR và DSDV

2.5.3 So sánh hiệu năng các giao thức

Kết quả mô phỏng cho thấy, trong điều kiện mạng có lưu lượng và tốc độ di động thấp, các giao thức định tuyến chủ động như OLSR hoạt động khá tốt. Tuy nhiên, khi lưu lượng mạng hoặc tốc độ di chuyển của nút mạng tăng cao, các giao thức định tuyến theo yêu cầu như AODV có các chỉ số hiệu năng vượt trội so với các giao thức còn lại. Hơn thế, chi phí tải định tuyến của các giao thức theo yêu cầu cũng thấp hơn rất nhiều so với các giao thức chủ động. Điều này phản ánh khả năng tiết kiệm năng lượng của giao thức định tuyến theo yêu cầu so với giao thức định tuyến chủ động.

2.6 Kết luận Chương 2

Do thuộc tính tự tổ chức của MANET, định tuyến là được coi là một vấn đề đầy thách thức. Khảo sát các tham số và giao thức định tuyến cung cấp một cách thức để thiết kế các giao thức định tuyến mới cho MANET. Trong chương này, luận án đã tiến hành khảo sát các tham số và giao thức định tuyến đề xuất cho mạng MANET công bố trên cơ sở dữ liệu của thư viện số IEEE Xplore trong giai đoạn 2010- 2017. Kết quả cho thấy, cải thiện hiệu năng là hướng nghiên cứu cấp thiết, định tuyến là vấn đề chính trong việc nâng cao hiệu năng MANET. Hơn thế, nghiên cứu luôn có tính kế thừa, do đó, đa số các giao thức đề xuất mới cho MANET được cải tiến dựa trên các giao thức định tuyến tiêu biểu đã biết. So sánh hiệu năng một số giao thức tiêu biểu cho MANET trong các kịch bản khác nhau về di động và lưu lượng mạng cho thấy, giao thức AODV có hiệu năng tương đối ổn định trong đa số các kịch bản. Do đó, nghiên cứu, đề xuất các giao thức định tuyến mới trên cơ sở cải tiến từ giao thức AODV là hướng nghiên cứu khả thi.

CHƯƠNG 3: ĐỊNH TUYẾN CẢI THIỆN HIỆU NĂNG MẠNG MANET

Tóm tắt: Như đã đề cập trong Chương 2, định tuyến là vấn đề chính để cải thiện hiệu năng của mạng MANET. Trong Chương 3, luận án đề xuất ba

thuật toán định tuyến nhằm cải thiện hiệu năng cho ba cấu trúc MANET khác nhau, cụ thể như sau: (1) Cải thiện hiệu năng mạng MANET hoạt động đa kênh, tiếp cận theo hướng tác tử di động, cải tiến từ AODV [J2]; (2) Cải thiện hiệu năng mạng MANET đơn kênh, tiếp cận theo hướng đa tham số với hàm tính chi phí dựa vào một tập gồm ba tham số: độ dài hàng đợi, chất lượng tuyến đường và số chặng, cải tiến từ AODV [C2]; Cuối cùng, để đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các ứng dụng đa phương tiện hoạt động trên mạng MANET, luận án đề xuất giao thức Q-AODV [J3].

3.1 Giao thức định tuyến A-WCETT

3.1.1 Cách tiếp cận và ý tưởng thiết kế

Nhằm cải thiện hiệu năng mạng MANET hoạt động đa kênh (MANET đa kênh), Draves và nhóm nghiên cứu [71] đã đề xuất giao thức định tuyến WCETT với mục đích đặc biệt là giảm nhiễu đồng kênh. Giải pháp đưa ra là cố gắng hạn chế các nút sử dụng cùng một kênh trên toàn tuyến. Kỹ thuật cụ thể là dùng một trọng số bình quân (β) để cân bằng giữa tổng chi phí toàn tuyến với ảnh hưởng của kênh bị thất nút cổ chai. Về chi tiết, tài liệu số [71] không đưa ra cách xác định giá trị β (xem Mục 2.2.2.7).

Luận án đề xuất thiết lập giao thức định tuyến mới, gọi là A-WCETT trên cơ sở mở rộng WCETT để lựa chọn tuyến đường cho mạng MANET.

3.1.2 Tham số định tuyến

Trong giao thức AODV [10], chi phí của tuyến đường được tính bằng tổng số chặng từ nguồn đến đích. Để cải thiện hiệu năng mạng MANET, Couto và cộng sự [19] đề xuất tham số định tuyến ETX (Mục 2.2.2.5).

Để xác định ETX, mỗi nút gửi các gói tin thăm dò tới các nút láng giềng. Dựa vào số gói tin thăm dò gửi đi và số gói tin phản hồi nhận được, mỗi nút đánh giá được khả năng truyền tin thành công. Lần lượt ký hiệu d_f và d_r là xác suất gửi một gói dữ liệu thành công và xác suất gói tin ACK nhận được. Khi đó, xác suất một sự kiện truyền/nhận thành công trên một liên kết là $d_f \times d_r$. Số lần truyền dự kiến trên một liên kết giữa hai nút trên liên kết l được xác định theo công thức sau:

$$ETX = \frac{1}{d_f \times d_r} \quad (3.1)$$

ETX của tuyến đường p , là tổng ETX của các liên kết l , với $l \in p$.

$$ETX_{(p)} = \sum_{l \in p} ETX_{(l)} \quad (3.2)$$

Để ràng buộc băng thông vào quyết định lựa chọn tuyến đường, tham số ETT được xác định như sau. Ký hiệu S là kích cỡ của gói tin và B là băng thông trên liên kết l . ETT của liên kết l được xác định:

$$ETT_{(l)} = ETX_{(l)} \times (S/B) \quad (3.3)$$

Bằng việc đưa băng thông kết nối vào tính toán chi phí của đường đi, chi phí ETT không những ràng buộc các can thiệp vật lý (liên quan đến tỷ lệ tổn thất gói tin), mà còn chịu ảnh hưởng từ chất lượng mỗi kết nối.

3.1.3 Đặc tả giao thức

Cũng giống như WCETT, A-WCETT là một giao thức định tuyến theo yêu cầu, hoạt động dựa trên nguyên lý, mỗi khi có yêu cầu truyền dữ liệu, nút nguồn sẽ khám phá và xác định tuyến đường từ nút nguồn đến nút đích. Cấu trúc gói tin điều khiển và tiến trình tìm đường của A-WCETT hoàn toàn giống như WCETT [67].

Luận án đề xuất một phương pháp xác định giá trị β động, tùy thuộc vào tỷ lệ giữa các kênh, cụ thể như sau:

Xét tuyến đường p gồm D chặng. Tổng thời gian truyền của các chặng cùng trên kênh j (giả sử hệ thống có tối đa k kênh) được xác định như sau:

$$X_j = \sum_{\text{Chặng } i \text{ truyền trên kênh } j} ETT_{(i)}, \quad 1 \leq j \leq k \quad (3.4)$$

$$\begin{cases} \beta = \frac{\sum_{i=1}^D ETT_{(i)}}{\max_{1 \leq j \leq k} X_j} \\ A - WCETT = \left(\frac{\beta}{1+\beta}\right) \sum_{i=1}^D ETT_{(i)} + \left(\frac{1}{1+\beta}\right) \max_{1 \leq j \leq k} X_j \end{cases} \quad (3.5)$$

Hoạt động của giao thức A-WCETT được mô tả bằng mã giả như sau:

Thuật toán 3.1: Thuật toán lựa chọn tuyến đường A-WCETT	
1	P=routeset(S,D)
2	Cost= ∞ , Selectedroute= $\{\emptyset\}$
3	for each p in P
4	X[k]= $\{\emptyset\}$, Total=0
5	for j=1 to sizeof(route[p])
6	Total=Total+ETT[j]

Thuật toán 3.1: Thuật toán lựa chọn tuyến đường A-WCETT

```

7         If link[j].chanel=k then X[k]=X[k]+ETT[j]
8         endfor
9          $\beta$ =Total/max(X[k])
10        Calculator(A-WCETT[i]) //Theo công thức (3.5)
11    endfor
12    Cost =  $\infty$ 
13    for each p in P
14        If Cost< A-WCETT[p] then
15            Cost=A-WCETT[p]; Selectedroute=routet[p]
16    return(Selectedroute, Cost)

```

3.1.4 Đánh giá hiệu năng

Từ các kết quả mô phỏng cho thấy: giao thức A-WCETT cải thiện độ trễ và thông lượng tốt hơn giao thức WCETT do được tối ưu về tham số β . Hai giao thức A-WCETT và WCETT hoạt động đa kênh nên tăng thông lượng và giảm tắc nghẽn toàn hệ thống. Nhờ những cải tiến đó mà chúng đạt được thời gian trễ thấp và thông lượng cải thiện so với giao thức AODV.

3.2 Giao thức định tuyến MM-AODV

3.2.1 Cách tiếp cận và ý tưởng thiết kế

Nhằm cải thiện hiệu năng cho mạng MANET đa tham số, luận án đề xuất một giao thức định tuyến, cải tiến từ AODV gọi là MM-AODV. Hàm tính chi phí kết hợp giữa ba tham số: độ dài hàng đợi của nút mạng, chất lượng liên kết và số chặng để ra quyết định chọn tuyến đường. Hơn thế, luận án cũng thiết lập bộ tham số hiệu năng (α, β, γ). Tùy theo giá trị bộ hệ số được thiết lập, giao thức MM-AODV sẽ lựa chọn cơ chế định tuyến dựa trên: Số chặng nhỏ nhất ($\alpha = 1$), Chất lượng tuyến đường ($\beta = 1$) hay Độ dài hàng đợi ($\gamma = 1$) hoặc lựa chọn cơ chế với bộ hệ số cân bằng ($\alpha = \beta = \gamma = 1/3$). Các vấn đề chi tiết được luận án trình bày như sau.

3.2.2 Tham số định tuyến

Để cải thiện hiệu năng của mạng, luận án đề xuất hàm tính chi phí với ba tham số định tuyến như sau:

$h_{(p)}$: Là số chặng giữa nút nguồn và nút đích của tuyến đường p.

Chất lượng liên kết $ETX_{(l)}$: Tham số này được mô tả trong Mục 2.2.2.5. Lần lượt ký hiệu d_f và d_r là xác suất gửi và nhận một gói tin thành công trên liên kết l . Khi đó, xác suất dự kiến truyền/nhận thành công một gói tin trên liên kết l (một kết nối giữa hai nút liền kề) được xác định như sau:

$$ETX = \frac{1}{d_f \times d_r} \quad (3.6)$$

ETX của một tuyến đường, là tổng các ETX của các liên kết trên tuyến.

Độ dài hàng đợi $LQ_{(i)}$: Tỷ lệ độ dài hàng đợi của một nút mạng i được đánh giá theo công thức sau:

$$LQ_{(i)} = \frac{L_i}{L_{max}} \quad (3.7)$$

Trong đó, L_i và L_{max} lần lượt là số gói tin trong hàng đợi lớp MAC và kích cỡ hàng đợi lớn nhất của nút i .

3.2.3 Đặc tả giao thức

Cũng giống như giao thức AODV, MM-AODV là một giao thức định tuyến theo yêu cầu, hoạt động dựa trên nguyên lý, mỗi khi có yêu cầu truyền dữ liệu, nút nguồn sẽ khám phá và xác định tuyến đường từ nút nguồn đến nút đích. Tiến trình khám phá tuyến đường bắt đầu với việc nút nguồn gửi quảng bá gói tin tìm đường RREQ với phần tiêu đề đã được thay đổi như sau $\{ETX, LQ, AODV\ RREQ\ Header\}$, tham số h sẽ nhận được giá trị từ trường Hop-count trong phần tiêu đề mặc định của AODV. Sau đó, những gói tin này sẽ được chuyển tiếp thông qua các nút trung gian để tới nút đích. Một điểm khác so với phương thức gửi gói tin RREQ trong giao thức AODV truyền thống là, tại mỗi nút trung gian, khi nhận được gói tin RREQ, nút trung gian sẽ tiến hành cập nhật các giá trị ETX và LQ.

Để tính chi phí tuyến đường, luận án đề xuất hàm chi phí CP như sau:

$$CP_{(p)} = \begin{cases} \alpha \times h_{(p)} + \beta \times ETX_{(p)} + \gamma \times LQ_{(p)} \\ \alpha + \beta + \gamma = 1 \end{cases} \quad (3.8)$$

Do đó, chi phí của tuyến đường p có D chặng được xác định như sau:

$$CP_{(p)} = \sum_{i=1}^{D-1} CP_{(i)} \quad (3.9)$$

Dựa vào chi phí $CP_{(p)}$, nút đích sẽ chọn tuyến có chi phí thấp nhất. Thuật toán lựa chọn tuyến đường của MM-AODV được mô tả bằng mã giả:

Thuật toán 3.2: Thuật toán lựa chọn tuyến đường MM-AODV	
1	$P = \text{routeset}(S, D)$
2	$\text{Cost} = \infty, \text{Selectedroute} = \{\emptyset\}$
3	Setup performance factors (α, β, γ)
4	for each p in P
5	$\text{Calculator}(CP[p])$ //Theo công thức (3.9)
6	endfor
7	$\text{Cost} = \min(CP[p])$
8	$\text{Selectedroute} = \text{routeset}[p]$
9	return($\text{Selectedroute}, \text{Cost}$)

3.2.3 Đánh giá hiệu năng

Các kết quả mô phỏng cho thấy, khi số kết nối đầu-cuối thấp, cơ chế định tuyến dựa trên số chặng ($\alpha = 1$) phát huy ưu điểm và luôn cho các tiêu chí hiệu năng cao. Tuy nhiên, khi lưu lượng truyền trong mạng tăng lên, hiện tượng xung đột và tắc nghẽn thường xuyên xảy ra với mức độ ngày càng tăng. Khi đó, cơ chế định tuyến với số chặng bậc lộ hạn chế, dẫn đến các hiệu năng bị suy giảm nhanh. Ngược lại, các cơ chế định tuyến dựa vào chất lượng tuyến đường hay độ dài hàng đợi hoặc phối hợp giữa các tham số trên sẽ phát huy ưu điểm. Kết quả cũng cho thấy, giao thức định tuyến MM-AODV với bộ hệ số cân bằng ($\alpha = \beta = \gamma = 1/3$) thu được các hiệu năng tốt hơn so với các cơ chế định tuyến được mô phỏng.

3.3 Giao thức Q-AODV

3.3.1 Cách tiếp cận và ý tưởng thiết kế

Để có thể đảm bảo QoS cho các ứng dụng Multimedia-MANET, các điều kiện ràng buộc về chất lượng dịch vụ cần được ánh xạ thành các tham số định tuyến và tham gia vào quyết định lựa chọn tuyến đường. Khi có nhiều hơn một tham số định tuyến có kiểu *additive* hoặc *multiplicative* tham gia vào quá trình xác định tuyến đường, bài toán xác định tuyến đường tối ưu sẽ có độ phức tạp NP. Để giải quyết vấn đề đó, luận án đề xuất một giao thức định tuyến sử dụng hai tham số là *băng thông* (kiểu *additive*) và *trễ* (kiểu *minimum*). Để đảm bảo giao thức định tuyến có thể tùy chỉnh và phù hợp

với các ứng dụng Multimedia-MANET khác nhau, luận án đề xuất một giao thức định tuyến có thể hoạt động theo cả hai mô hình, như sau:

Mô hình thích nghi (Adaptive Model): Cung cấp tuyến đường có băng thông và trễ tốt nhất

Mô hình cam kết (Admission Model): Cung cấp tuyến đường có băng thông thỏa mãn điều kiện tối thiểu và có trễ tốt nhất.

3.3.2 Tham số định tuyến

Các tham số băng thông và trễ phản ánh một số đặc điểm cơ bản của một tuyến đường trong mạng. Chúng ta có thể xem băng thông và trễ lần lượt như độ rộng và chiều dài của một tuyến đường. Nói cách khác, bài toán định tuyến cho các ứng dụng Multimedia-MANET nhằm mục đích tìm ra tuyến đường trong mạng, thỏa mãn các ràng buộc về dài và rộng. Sử dụng các tham số định tuyến băng thông và trễ như một phương thức thỏa hiệp giữa tốc độ di chuyển và chiều dài của tuyến đường. Do đó, trong nghiên cứu này, hai tham số định tuyến được chọn là băng thông (kiểu additive) và trễ (kiểu minimum) đã được mô tả trong các Mục 2.2.2.1 và Mục 2.2.2.3.

3.3.3 Đặc tả giao thức

Q-AODV là một giao thức định tuyến theo yêu cầu. Tiến trình khám phá tuyến đường bắt đầu với việc nút nguồn gửi quảng bá gói tin tìm đường RREQ với phần tiêu đề đã được thay đổi như sau {*Model-Flag, Bandwidth Request, Bandwidth, Delay Request, Delay, AODV RREQ Header*}. Sau đó, những gói tin này sẽ được chuyển tiếp thông qua các nút trung gian để tới nút đích. Một điểm khác so với phương thức gửi gói tin RREQ trong giao thức AODV truyền thống là, tại mỗi nút trung gian, khi nhận được gói tin RREQ, nút trung gian sẽ tiến hành thủ tục Quality-check, Hình 3.9 nhằm hai mục đích: (1) Thực hiện loại bỏ ngay lập tức tuyến đường không thỏa mãn điều kiện băng thông hoặc trễ theo yêu cầu. Điều này giúp giảm băng thông, năng lượng tiêu thụ và chi phí định tuyến vào các hoạt động không cần thiết và (2) Tính toán băng thông và trễ của tuyến đường. Băng thông và trễ của mỗi liên kết được xác định dựa vào thông tin của gói Hello [46].

Sau khi hoàn thành thủ tục này, do có thể bị ảnh hưởng bởi nhiễu can thiệp trong quá trình truyền dữ liệu, luận án đề xuất sử dụng hàm (Min-

Bandwidth) nhằm tính giới hạn trên băng thông toàn tuyến. Cuối cùng, nút đích gửi định danh gói tin RREP với phần tiêu đề được sửa đổi $\{Bandwidth, Delay, AODV\ RREP\ Header\}$ đến nút nguồn. Sau khi nhận được tập các tuyến đường ứng viên. Để xác định được tuyến đường thỏa mãn các điều kiện ràng buộc, hàm tính chi phí tuyến đường được xác định như sau.

Gọi $Delay(p)$ và $Bandwidth(p)$, lần lượt là trễ đầu-cuối và băng thông, thu được từ gói RREP. Hàm chi phí của tuyến p được tính như sau:

$$Cost_Delay_Bandwidth_{(p)} = \frac{Delay_{(p)}}{Bandwidth_{(p)}} \quad (3.10)$$

Đặt z và $Cost_Set$ lần lượt là tổng số tuyến đường và tập chi phí của các tuyến đường ứng viên thỏa mãn điều kiện (1), chúng ta thu được:

$$Cost_Set = \begin{cases} Cost_Delay_Bandwidth_{(1)} \\ Cost_Delay_Bandwidth_{(2)} \\ \vdots \\ Cost_Delay_Bandwidth_{(z-1)} \\ Cost_Delay_Bandwidth_{(z)} \end{cases} \quad (3.11)$$

$$Optimalroute = Min (Cost_Set) \quad (3.12)$$

Theo đó, tuyến đường tối ưu được xác định theo công thức (3.12). Hoạt động của giao thức Q-AODV được mô tả bằng mã giả như sau:

Thuật toán 3.3: Thuật toán lựa chọn tuyến đường Q-AODV.	
1	P=routeset(S,D)
2	// Công thức (3.12)
3	Cost= ∞ , Selectedroute= $\{\emptyset\}$
4	for each p in P
5	if Cost>Cost_Delay_Bandwidth(p) then
6	Cost=Cost_Delay_Bandwidth(p)
8	Selectedroute=routeset(p)
9	end if
10	end for
11	return (Selectedroute, Cost)

3.3.3 Đánh giá hiệu năng

Kết quả mô phỏng cho thấy, giao thức đề xuất Q-AODV hoạt động tốt trong cả hai mô hình Adaptive và Admission. Để đánh giá hiệu quả của giao thức đề xuất, các kịch bản mô phỏng với sự thay đổi về mức độ di động của nút mạng theo cả hai mô hình Adaptive và Admission đã được thiết lập. Kết quả cho thấy, giao thức đề xuất cải thiện các tiêu chí hiệu năng đáng kể so với các giao thức truyền thống như AODV và DSR trong mô hình Adaptive. Trong mô hình Admission, Q-AODV cải thiện các tiêu chí như tỷ lệ phân phối gói tin, trễ và tải định tuyến tốt hơn so với mô hình Adaptive.

3.4 Kết luận Chương 3

Do cấu trúc mạng động, định tuyến là vấn đề chính trong mạng MANET. Hiệu năng của MANET phụ thuộc vào cấu trúc, vị trí triển khai, kiểu ứng dụng mạng; thuộc tính và năng lực của nút mạng. Trong phần này, luận án đã đề xuất ba giao thức định tuyến nhằm cải thiện hiệu năng cho ba cấu trúc mạng cụ thể, gồm:

- (1) Giao thức định tuyến A_WCETT cho mạng hoạt động đa kênh [J2];
- (2) Giao thức MM-AODV cho các mạng MANET đa tham số [C2];
- (3) Giao thức Q-AODV cho các ứng dụng Multimedia-MANET [J3].

Kết quả đánh giá và so sánh hiệu năng trong một số kịch bản cụ thể cho thấy, các giao thức định tuyến đề xuất đều cải thiện hiệu năng so với các giao thức định tuyến truyền thống của MANET.

CHƯƠNG 4: ĐỊNH TUYẾN NÂNG CAO TUỔI THỌ MẠNG MANET

Tóm tắt: Trong chương này, luận án đề xuất 02 giải pháp nhằm tích hợp, mở rộng để đem đến những năng lực và khả năng mới cho MANET, cụ thể như sau: (1) Giải pháp nâng cao tuổi thọ MANET, mà cụ thể là đề xuất giao thức định tuyến tiết kiệm năng lượng AERP [J4]. Dựa trên AERP, luận án tiếp tục đề xuất giao thức định tuyến HPLR, cải tiến từ AERP nhằm sử dụng năng lực hiệu quả và cải thiện hiệu năng cho MANET [C4] và (2) Cơ chế hợp tác giữa các máy chủ cho mạng Cloud-assited MANET [C3].

4.1 Định tuyến tiết kiệm năng lượng

4.1.1 Giới thiệu

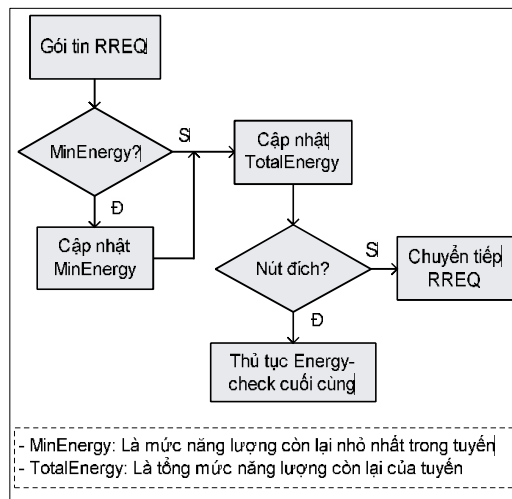
Định tuyến tiết kiệm năng lượng là một trong những điều kiện quan trọng nhất khi thiết kế giao thức định tuyến cho mạng MANET. Do các nút mạng di động sử dụng pin với mức năng lượng lưu trữ giới hạn. Một nút mạng khi hết năng lượng không chỉ ảnh hưởng đến chính nó mà còn ảnh hưởng đến khả năng chuyển tiếp gói tin của những nút khác cũng như hiệu năng và tuổi thọ của toàn hệ thống. Một hướng tiếp cận quan trọng là phân phối tải. Mục tiêu chính của phân phối tải là cân bằng việc sử dụng năng lượng giữa các nút và tối đa hóa tuổi thọ mạng bằng cách tránh sử dụng các nút có mức năng lượng thấp khi lựa chọn tuyến đường trong quá trình định tuyến [27], [34]. Trong phần này, luận án đề xuất:

(1) **Giao thức định tuyến AERP** nhằm cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng cho mạng MANET.

(2) **Giao thức định tuyến HPLR**, trên cơ sở cải tiến từ giao thức AERP nhằm cải thiện tuổi thọ và đảm bảo hiệu năng mạng MANET.

4.1.2 Giao thức định tuyến AERP

4.1.2.1 Mô tả giao thức



Hình 4.2. Thủ tục Energy-check.

Giống như AODV, giao thức AERP hoạt động với tiến trình xác định tuyến đường của AODV mở rộng. Tiến trình khám phá tuyến đường bắt đầu với việc nút nguồn gửi quảng bá gói tin tìm đường RREQ với phần tiêu đề được bổ sung hai trường mới $\{Total\ Remaining\ Energy, Min\ Remaining\ Energy, AODV\ RREQ\}$. Một điểm khác so với phương thức chuyển tiếp gói tin RREQ truyền thống của AODV là tại mỗi nút trung gian, khi nhận được gói tin RREQ, nút này sẽ thực hiện một thủ tục, được đặt tên là Energy-check như mô tả trong Hình 4.2.

4.1.2.2 Tham số định tuyến và lựa chọn tuyến đường

Để tính chi phí của của tuyến đường $p \in P$ có số chặng h , luận án đề xuất công thức tính dựa trên tổng mức năng lượng tiêu thụ (TCE) như sau:

$$TCE = \sum_{i=1}^{h+1} \left(1 - \frac{E_i}{E_{max}}\right) \quad (4.1)$$

Trong đó: E_i là năng lượng còn lại của nút i , E_{max} là năng lượng khởi tạo ban đầu của mỗi nút và h là số chặng.

Tuy nhiên, công thức (4.1) có điểm hạn chế là không loại bỏ được tuyến có tổng năng lượng toàn tuyến cao nhất nhưng lại chứa nút có mức năng lượng sắp cạn kiệt. Do đó, tuổi thọ mạng có thể ngắn hơn. Để giải quyết vấn đề này, luận án định nghĩa hàm chi phí AERP như sau:

$$AERP = \frac{TCE}{h+1} + \left(1 - \min_{1 \leq j \leq h} \left(\frac{E_j}{E_{max}}\right)\right) \quad (4.2)$$

Bằng cách đưa tham số mức năng lượng thấp nhất vào trong công thức (4.2), có thể xem là nỗ lực để cân bằng sự ảnh hưởng giữa tổng năng lượng của toàn tuyến và năng lượng thấp nhất trong tuyến.

Bảng 4.1. Minh họa phương thức tính AERP.

Tuyến	$h+1$	$\frac{TCE}{h+1}$	$1 - \min_{1 \leq j \leq h} \left(\frac{E_j}{E_{max}}\right)$	$AERP$
1	4	0.65	0.80	1.45
2	5	0.38	0.50	0.88
3	5	0.36	0.50	0.86
4	5	0.56	0.60	1.16

Bảng 4.1 minh họa phương pháp tính giá trị AERP theo công thức (4.2). Kết quả cho thấy tuyến số 3 ($AERP = 0.86$) sẽ được chọn để truyền dữ liệu.

4.1.3 Giao thức định tuyến HPLR

Để cân bằng vấn đề cải thiện hiệu năng cũng như tuổi thọ của MANET, luận án đề xuất giao thức định tuyến HPLR, cải tiến từ giao thức AERP (Mục 4.1.2) với trọng tâm là cải tiến thuật toán để có thể chọn tuyến đường có độ trễ thấp và cải thiện tuổi thọ mạng cao.

4.1.3.1 Thuật toán chọn tuyến đường

Không giống như thuật toán lựa chọn tuyến đường của AERP, trong HPLR, sau khi xác định được tập tuyến đường ứng viên, nút nguồn sẽ thực hiện một thuật toán chọn ra tuyến đường phù hợp với hai ràng buộc sau:

1) Để đảm bảo tính hiệu quả của thuật toán, luận án áp dụng một kỹ thuật được đề xuất gần đây nhằm giới hạn số tuyến ứng viên [3]. Chỉ những ứng viên có số hopcount nằm trong khoảng [$Hopmin, Hopmax$] mới được xem xét. Trong đó, $Hopmin$, là số chặng của tuyến đường ứng viên ngắn nhất giữa cặp nút nguồn-đích (S, D) và $Hopmax$ được xác định như sau:

$$Hopmax = Hopmin + 2 \quad (4.3)$$

Về lý thuyết, $Hopmax = Hopmin + \varepsilon$, trong đó, ε là một số thực dương. Tuy nhiên, với rất nhiều thực nghiệm cũng như khảo sát một số nghiên cứu khác, nghiên cứu sinh nhận thấy giá trị $\varepsilon = 2$ là phù hợp. Kết quả là, kỹ thuật này nhằm giới hạn số hữu hạn các tuyến đường cần xem xét. Nói cách khác, nó ngầm ưu tiên các tuyến đường có độ trễ thấp.

2) Để thu được các tuyến đường ứng viên giàu năng lượng hơn, hàm chi phí HPLR được định nghĩa như sau:

$$HPLR = \beta \times \frac{TCE}{h + 1} + (1 - \beta) \times \left(1 - \min_{1 \leq j \leq h} \left(\frac{E_j}{E_{max}} \right) \right) \quad (4.4)$$

Trong đó, β là hệ số cân bằng, có giá trị trong khoảng $[0, 1]$. Có hai cách để hiểu công thức (4.4). Trước hết, chúng ta có thể coi đó là sự cân bằng giữa tổng dung lượng pin còn lại của cả tuyến và dung lượng pin nhỏ nhất còn lại. Thứ hai, nó cho thấy mối quan hệ giữa các nút có ảnh hưởng nhất với các nút khác trong tuyến. Nói cách khác, đây chính là sự thực thi chính sách ưu tiên đối với các nút có mức năng lượng cạn kiệt. Chi tiết thuật toán lựa chọn tuyến đường được mô tả bởi mã giả.

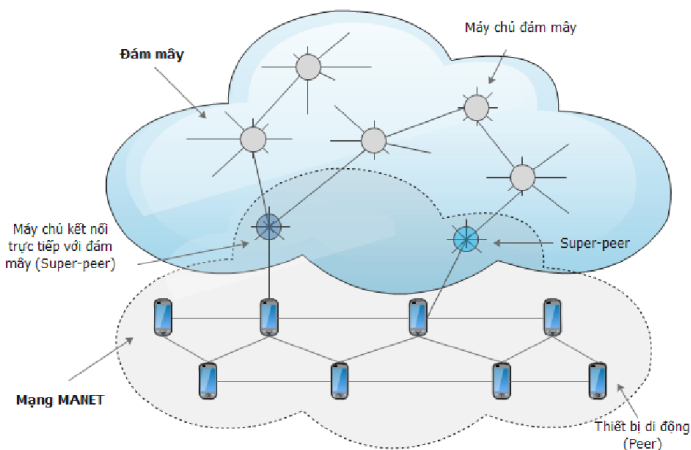
Thuật toán 4.1: Thuật toán định tuyến HPLR.	
1	$P = \text{routeset}(S, D)$
2	$\text{minhop} = \min(\text{routeset}(S, D). \text{hopcount})$
3	$\text{maxhop} = \text{minhop} + 2$
4	$\text{validRoute} = \emptyset$
5	for each p in P
6	if $\text{minhop} \leq p. \text{hopcount} \leq \text{maxhop}$ then
7	$\text{validRoute} \leftarrow p$
8	endif
9	end for
10	If $ \text{validRoute} = 1$ then return validRoute
11	return TheMin_HPLR_Route in validRoute

4.1.5 Kết quả mô phỏng và phân tích

Kết quả mô phỏng cho thấy AERP cải thiện tuổi thọ và tỷ lệ phân phối gói tin so với các giao thức định tuyến truyền thống cho MANET như AODV. Hơn thế, nhận thấy hạn chế của AERP, nhằm cải thiện hiệu năng cho MANET, luận án tiếp tục đề xuất giao thức định tuyến HPLR, cải tiến từ AERP. Kết quả mô phỏng cho thấy, HPLR cải thiện đáng kể các tiêu chí hiệu năng cũng như tuổi thọ mạng so với các giao thức AERP và AODV.

4.2 Giải pháp phối hợp mạng MANET và đám mây

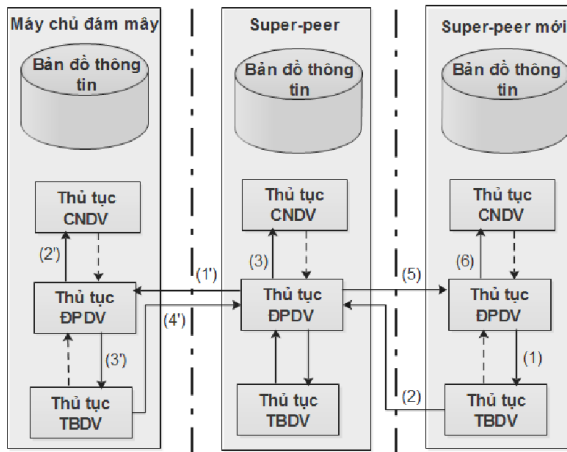
4.2.1 Giới thiệu



Hình 4.9. Mô hình kiến trúc mạng Cloud-assisted MANET.

Kết hợp đám mây và mạng MANET tạo thành kiến trúc mạng MANET được hỗ trợ bởi đám mây, còn gọi là Cloud-assisted MANET (Hình 4.9) là xu hướng công nghệ tất yếu, nhận được sự quan tâm đặc biệt của các nhà cung cấp dịch vụ và cộng đồng nghiên cứu [29], [32], [39], [55]. Tuy nhiên, thực tế đặt ra là: các mạng MANET không có cấu trúc cố định, cấu hình liên tục biến đổi và thường xuyên mất kết nối [39], [55]. Đây là những thách thức chính đối với giải pháp kết hợp đám mây cho MANET. Để giải quyết vấn đề này, luận án đề xuất một cơ chế hợp tác giữa các máy chủ đám mây. Cơ chế này cho phép các máy chủ đám mây hợp tác để chia sẻ và duy trì thông tin về các dữ liệu, dịch vụ sử dụng bởi MANET. Những số liệu thu được từ mô phỏng chứng minh tính hiệu quả của cơ chế đề xuất.

4.2.2 Đề xuất cơ chế phối hợp các máy chủ



Để giảm chi phí thực hiện giao dịch tìm kiếm dịch vụ cho Cloud-assisted MANET, một cơ chế hợp tác giữa các Super-Peer được đề xuất. Cơ chế này hoạt động ở tầng ứng dụng và bao gồm ba thủ tục sau:

- 1) Thủ tục *Thông báo Dịch vụ* (TBDV) nhằm thông báo đến các Super-Peer khác trong vùng phủ sự thay đổi về vai trò mới của nó từ một máy chủ đám mây trở thành một Super-Peer.
- 2) Thủ tục *Cập nhật Dịch vụ* (CNDV) để cập nhật bản đồ thông tin về nội dung cơ sở dữ liệu mới của nó.

- 3) Thủ tục *Điều phối Dịch vụ* (ĐPDV) để trực tiếp yêu cầu dịch vụ từ các máy chủ đám mây khác thông qua đám mây, hoặc để chia sẻ cơ sở dữ liệu của nó với các Super-Peer khác.

4.2.3 Phân tích hiệu quả của cơ chế đề xuất

Để tính hiệu quả của cơ chế đề xuất, luận án đề xuất một mô hình tính chi phí cho các yêu cầu dịch vụ xuất phát từ MANET lên đám mây như sau:

Giả thiết có n nút super-peer trong mô hình đề xuất. Tuyến đường giữa nút nguồn và nút đích tồn tại k máy chủ đám mây $S_i (i = 1, \dots, k; k < n)$.

t_i và t'_i , lần lượt là chi phí thời gian để định tuyến giữa hai nút lân cận và tìm kiếm dịch vụ yêu cầu trên nút i .

e_r và e_s , lần lượt là chi phí tiêu thụ năng lượng để thực hiện các dịch vụ định tuyến và tìm kiếm trong một đơn vị thời gian.

Vậy chi phí thời gian và năng lượng tiêu thụ để thực hiện một yêu cầu dịch vụ theo cơ chế thông thường có thể được tính như sau:

$$\begin{cases} T = \sum_{i=1}^k (t_i + t'_i) \\ E = e_r \times \sum_{i=1}^k t_i + e_s \times \sum_{i=1}^k t'_i \end{cases} \quad (4.5)$$

Với cơ chế đề xuất, nhờ duy trì một bản đồ thông tin trên các nút super-peer, Chi phí thời gian và năng lượng tiêu thụ để thực hiện một yêu cầu dịch vụ theo cơ chế đề xuất có thể được tính như sau:

$$\begin{cases} T = t'_1 + t'_k + \sum_{i=1}^k t_i \\ E = e_r \times \sum_{i=1}^k t_i + e_s \times (t'_1 + t'_k) \end{cases} \quad (4.6)$$

4.2.4 Đánh giá hiệu năng

Để kiểm định tính hiệu quả của cơ chế đề xuất. Một mô phỏng được thiết lập để đánh giá tổng chi phí thực hiện quá trình tìm kiếm dịch vụ.

4.2.4.1 Mô hình tính toán chi phí

Nội dung phần này trình bày ví dụ minh họa về phương thức tính chi phí thực hiện giao dịch tìm kiếm.

4.2.4.2. Mô phỏng và phân tích kết quả

Kết quả mô phỏng cho thấy, giải pháp đề xuất có chi phí thực hiện giao dịch tìm kiếm trung bình thấp hơn gần 3 lần so với phương pháp thông thường trong cả hai trường hợp. Chi phí 100% là trường hợp xấu nhất, khi

đó mạng phải thực hiện tìm kiếm trên toàn bộ đám mây. Đạt được kết quả trên là do cơ chế đề xuất đã loại bỏ các giao dịch tìm kiếm dư thừa.

4.4 Kết luận Chương 4

Trong chương này, luận án đề xuất 02 giải pháp:

- (1) Giải pháp tăng tuổi thọ mạng MANET, mà cụ thể là giao thức định tuyến tiết kiệm năng lượng AERP [J4]. Để đảm bảo cân bằng giữa tiết kiệm năng lượng và hiệu năng, giao thức HPLR đã được đề xuất, cải tiến từ AERP [C4].
- (2) Giải pháp kết hợp với đám mây để mở rộng không gian cho mạng MANET mà cụ thể là Cơ chế phối hợp các máy chủ đám mây cho mạng Cloud-assited MANET nhằm giảm chi phí thực hiện các giao dịch tìm kiếm trong mạng [C3].

Kết quả đánh giá và so sánh hiệu năng trong một số kịch bản mô phỏng cụ thể cho thấy, các giao thức định tuyến và cơ chế đề xuất đã mở rộng thời gian/không gian hoạt động của MANET, từ đó cải thiện hiệu năng/hiệu quả của MANET so với các giao thức hay giải pháp truyền thống.

KẾT LUẬN

Nội dung luận án đã đạt được mục tiêu đề ra là nghiên cứu đề xuất giao thức, giải pháp để cải thiện hiệu năng mạng MANET. Các kiến thức nền tảng và các kết quả nghiên cứu đã được trình bày trong luận án với bố cục gồm bốn chương như sau: (1) Mạng MANET và bài toán cải thiện hiệu năng; (2) Định tuyến trong mạng MANET; (3) Định tuyến cải thiện hiệu năng mạng MANET và (4) Định tuyến nâng cao tuổi thọ của mạng MANET. Các kết quả đóng góp mới về khoa học của luận án có thể phân thành hai nhóm chính.

I. Đề xuất các giao thức định tuyến mới, cải thiện hiệu năng MANET.

Trong phần này gồm 3 kết quả nghiên cứu:

- 1) Đề xuất giao thức định tuyến A-WCETT
- 2) Đề xuất giao thức định tuyến đa chi phí MM-AODV
- 3) Đề xuất giao thức định tuyến Q-AODV

II. Đề xuất các giải pháp mở rộng khả năng, nâng cao tuổi thọ của mạng MANET

Trong phần này gồm 2 kết quả nghiên cứu:

- 1) Đề xuất giải pháp tăng tuổi thọ mạng MANET
- 2) Giải pháp phối hợp mạng MANET và đám mây

HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI LUẬN ÁN

Trên cơ sở những kết quả đã đạt được trong quá trình thực hiện nghiên cứu luận án, nghiên cứu sinh nhận thấy một số hướng phát triển tiếp theo:

- Tiếp tục nghiên cứu và đánh giá hiệu năng, tính khả thi khi áp dụng các giải pháp, giao thức đề xuất trong các lĩnh vực cứu hộ, điều khiển giao thông và các ứng dụng thông minh trong môi trường IoT.
- Các giao thức đề xuất trên cơ sở cải tiến từ giao thức AODV, tuy nhiên, các cơ chế, mô hình và thuật toán hoàn toàn có thể áp dụng đối với các giao thức cơ sở khác như DSR. Từ đây, có thể hình thành lớp bài toán theo hướng nghiên cứu cải tiến, mở rộng các giao thức định tuyến khác cho mạng MANET.

Song song với các hướng nghiên cứu phát triển, luận án cũng nhận thấy một số điểm hạn chế, cần tiếp tục nghiên cứu trong thời gian tiếp theo:

- Khi thêm các trường để lưu thông tin vào phần tiêu đề của gói tin điều khiển sẽ dẫn đến kích thước gói tin bị tăng lên, tiêu tốn thêm băng thông, tài nguyên và năng lượng. Do đó, cần tiếp tục xem xét cụ thể các ảnh hưởng của vấn đề này.
- Hiệu năng của mạng MANET bị ảnh hưởng rất lớn bởi cấu trúc, tính di động và mật độ nút mạng. Với thời gian có hạn, luận án chưa xem xét được hết các trường hợp, do đó, đánh giá hiệu quả các giao thức đề xuất trong các kịch bản khác nhau cần tiếp tục được nghiên cứu.
- Một điểm hạn chế trong đề xuất cơ chế hợp tác cho cấu trúc mạng Cloud-assisted MANET là chưa đánh giá chi phí thiết lập, vận hành cơ chế cũng như việc tổ chức, lưu trữ các bản đồ thông tin.
- Vấn đề bảo mật thông tin định tuyến cũng chưa được xem xét. Rõ ràng, khi các nút mạng độc có thể tham gia vào mạng và quảng bá các thông tin định tuyến giả mạo là nguyên nhân khiến cho mạng bị tấn công.
- Ngoài ra, vấn đề phân tích, đánh giá độ phức tạp của các giải thuật sẽ được nghiên cứu sinh tiếp tục thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo.

CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

BÀI BÁO KHOA HỌC

-
- [J1] Vu Khanh Quy, Nguyen Tien Ban, Vi Hoai Nam, Dao Minh Tuan, Nguyen Dinh Han, “*Survey of Recent Routing Metrics and Protocols for Mobile Ad-Hoc Networks*”, Journal of Communications (Scopus), Vol. 14, No. 2, pp. 110-120, 2019.
-
- [J2] Vũ Khánh Quý, Nguyễn Đình Hân, Nguyễn Tiến Ban, “*A-WCETT: Giao thức cải thiện hiệu năng mạng MANET 5G dựa trên tác tử di động*”, Tạp chí CNTT & TT, Chuyên san các công trình nghiên cứu phát triển CNTT & TT, số 17(37), pp. 14-21, 2017.
-
- [J3] Vu Khanh Quy, Nguyen Tien Ban, Nguyen Dinh Han, “*A High-Performance Routing Protocol for Multimedia Applications in MANETs*”, Journal of Communications (Scopus), Vol. 14, No. 4, pp. 267-274, 2019.
-
- [J4] Vu Khanh Quy, Nguyen Tien Ban, Nguyen Dinh Han, “*An Advanced Energy Efficient and High Performance Routing Protocol for MANETs in 5G*”, J.Comm. (Scopus), Vol. 13, No. 12, pp. 743-749, 2018.
-

HỘI NGHỊ KHOA HỌC

-
- [C1] Vũ Khánh Quý, Nguyễn Tiến Ban, Nguyễn Đình Hân, “*Phân tích hiệu năng mạng MANET sử dụng các giao thức định tuyến AODV, DSR, OLSR và DSDV*”, Hội nghị FAIR’11, 2018, pp. 404-412.
-
- [C2] Vu Khanh Quy, Nguyen Tien Ban, Nguyen Dinh Han, “*A Multi-Metric Routing Protocol to Improve the Achievable Performance of Mobile Ad Hoc Networks*”, 10th Inter. Conf. on Intelligent Information and Database (ACIHDS, Scopus), Springer, 2018, pp. 445-453.
-
- [C3] Vũ Khánh Quý, Nguyễn Đình Hân, “*Cơ chế hợp tác hiệu quả cho mạng MANET hỗ trợ bởi đám mây*”, Hội nghị FAIR’8, 2015, pp. 102-111.
-
- [C4] Vu Khanh Quy, Nguyen Tien Ban, Nguyen Dinh Han, “*A High Performance and Longer Lasting Network Lifetime Routing Protocol for MANETs*”, 10th International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC 2018), IEEE Xplore, 2018, pp. 237-241.