

A_WCETT: Giao thức cải thiện hiệu năng mạng di động tùy biến 5G dựa trên tác tử di động

A_WCETT: A High-Performance Routing Protocol based on Mobile Agent for Mobile ad hoc Networks in 5G

Vũ Khánh Quý, Nguyễn Đình Hân, Nguyễn Tiến Ban

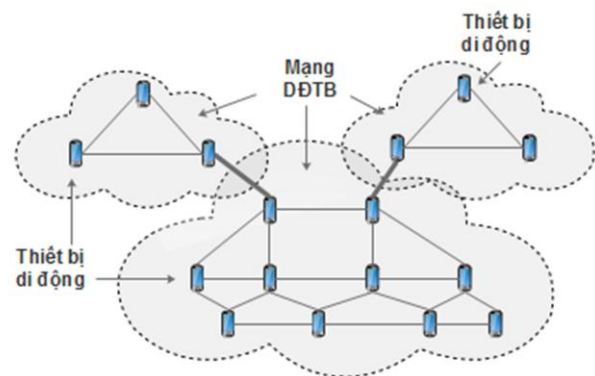
Abstract: This paper presents a modification of a well-known routing protocol, namely Ad hoc On-Demand Distance Vector, as a solution to improve the performance of mobile ad hoc networks in 5G. We adapted the mobile agent technology and a novel metric for routing in those networks. The metric is a function of the loss rate, the bandwidth and the end-to-end delay of the link. In deed, we established a new tunable parameter to obtain a tradeoff between throughput and delay when computing the new metric. As a result, any routing protocol using this metric can always choose a high-throughput and low-delay path between a source and a destination. Hence, the achievable performance of the mobile ad hoc networks in 5G has been improved remarkably with our modified routing protocol.

Keywords: 5G, MANET, WCETT, AODV, DSR.

I. GIỚI THIỆU

Mạng di động, ra đời từ những năm 1970, luôn được xem là một công cụ giao tiếp rất thuận tiện. Thế hệ tiếp theo (5G - 5th Generation Mobile Networks) của mạng di động đang được định hình và được kỳ vọng sẽ trở thành công nghệ giao tiếp chủ đạo của Internet trong tương lai. Với 5G, kiến trúc và thành phần của mạng di động sẽ có sự thay đổi căn bản. Ở đây, kiến trúc mạng coi thiết bị là trọng tâm sẽ thay thế kiến trúc mạng dựa trên các trạm cơ sở nhằm nâng cao khả năng phân phối gói tin. Các thiết bị di động cũng phải được trang bị tốt hơn để thích nghi với vai trò mới – là thành phần trung tâm của mạng, đồng thời cần thông minh hơn để hỗ trợ các công nghệ truyền

thông hiệu quả, chẳng hạn như giao tiếp máy-máy, kết nối thiết bị-thiết bị và truyền thông đa điểm [1]. Theo [2], khác với các thế hệ trước đây, 5G sẽ là hệ thống công nghệ hợp nhất, định hướng mạnh mẽ đến khả năng tăng tốc độ truyền dữ liệu, giảm độ trễ, tiết kiệm năng lượng và chi phí. Bên cạnh đó, tổ chức mạng cũng phải đạt đến mức độ linh hoạt và thông minh chưa từng có. Trong số những kiểu mạng di động phổ biến hiện nay thì mạng di động tùy biến (Mobile Ad hoc Network - MANET) có nhiều đặc trưng về kiến trúc/tổ chức và hoạt động gần với mạng di động 5G [3] (xem Hình 1). Nghiên cứu trong lĩnh vực công nghệ luôn có tính kế thừa và phát triển, một số kết quả nghiên cứu về mạng MANET có thể được mở rộng cho mạng di động 5G [4].



Hình 1. Kiến trúc mạng MANET.

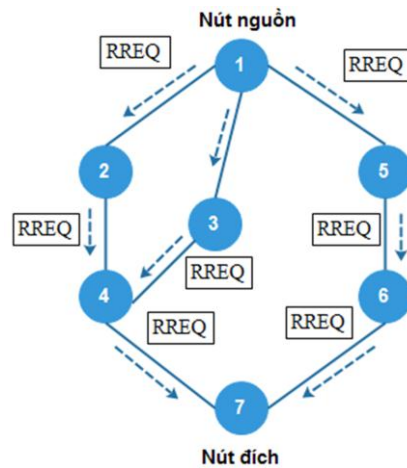
Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu giao thức định tuyến cải thiện hiệu năng mạng MANET gắn với bối cảnh 5G. Lưu ý rằng hiệu năng của các mạng MANET nói chung khá thấp [5]. Do đó, nghiên cứu cải thiện hiệu năng mạng MANET luôn là hướng

nghiên cứu thời sự, cấp thiết. Hiệu năng của một mạng MANET phụ thuộc vào quy mô, mô hình truyền thông và môi trường giao tiếp vô tuyến của mạng đó [5]. Rõ ràng bối cảnh 5G với sóng siêu cao tần băng cực rộng và hệ thống anten dày đặc [2] sẽ cho phép mạng MANET cải thiện *thông lượng* và *độ trễ* truyền tin. Tuy nhiên, mật độ trạm cơ sở và mật độ thiết bị rất cao trong 5G [2] cũng đặt ra thách thức không nhỏ đối với khả năng phân phối gói tin của mạng MANET. Lý do là vì xung đột môi trường và tắc nghẽn mạng có xu hướng tăng cao, tỷ lệ với mật độ. Cần nhấn mạnh rằng thông lượng, độ trễ truyền tin và khả năng phân phối gói tin nói đến ở trên là các tiêu chí đặc trưng phản ánh hiệu năng của mạng [6].

Trong một mạng MANET, vì các nút mạng phải hợp tác với nhau để truyền gói tin, giao thức định tuyến có vai trò đặc biệt quan trọng trong việc cải thiện hiệu năng mạng tại lớp 3 của mô hình OSI [6]. Ở phần tiếp theo, chúng tôi thiết lập một giao thức định tuyến mới, gọi là A_WCETT (Advance Weighted Cumulative Expected Transmission Time), trên cơ sở mở rộng các giao thức định tuyến đã biết dành cho mạng MANET. Ý tưởng chính của chúng tôi là dựa trên tác tử di động để dò tìm thông tin định tuyến tin cậy. Trước hết, chúng tôi khảo sát các giao thức định tuyến hiện có để xác định những giao thức định tuyến phù hợp nhất với đặc điểm của mạng MANET. Sau đó, cải tiến, mở rộng và thử nghiệm chúng với những kỹ thuật truyền thông mới nhằm cải thiện hiệu năng mạng.

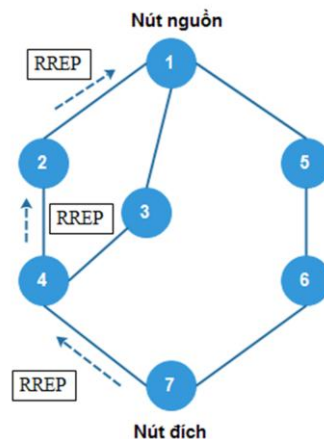
II. PHÂN TÍCH HOẠT ĐỘNG ĐỊNH TUYẾN TRONG MẠNG MANET

Trong mạng MANET, hai giao thức định tuyến tiêu biểu đã được IETF (The Internet Engineering Task Force) chuẩn hóa là AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) [8] và DSR (Dynamic Source Routing) [9]. Đây là các giao thức định tuyến theo yêu cầu, hoạt động dựa trên nguyên tắc: bất kì khi nào cần truyền dữ liệu, nút nguồn sẽ khám phá và tìm ra một tuyến đường đến nút đích.



Hình 2a. Phát quảng bá gói tin yêu cầu tìm đường RREQ.

Quá trình khám phá tuyến đường được bắt đầu bằng việc nút nguồn gửi các gói tin quảng bá tìm đường RREQ (Route REQuest). Sau đó, các gói tin này sẽ được chuyển tiếp qua các nút trung gian để cuối cùng tới nút đích (Hình 2a). Nút đích hoặc nút trung gian (nút biết về tuyến đường đến đích) sẽ phản hồi bằng cách gửi gói tin định danh RREP (Route REPLY) về nút nguồn. Khi nút nguồn nhận được gói tin RREP, tuyến đường được thiết lập và có thể bắt đầu truyền dữ liệu (Hình 2b). Bên cạnh chức năng khám phá tuyến đường, AODV và DSR còn có thủ tục bảo trì tuyến đường sử dụng các gói tin báo lỗi RERR (Route ERRor) [10].



Hình 2b. Phát định danh gói tin RREP trả về thông tin đường đi.

Mặc dù đều được thiết kế phù hợp với các đặc điểm của mạng MANET, giữa AODV và DSR có sự khác biệt. AODV không xây dựng trước một tuyến đường để truyền dữ liệu từ nguồn đến đích. Tuyến đường truyền sẽ được quyết định bởi mỗi nút mạng khi có dữ liệu đến, dựa vào các thông tin hiện trạng hệ thống mà nút đó thu được. Đồng thời, AODV còn sử dụng một chuỗi số tuần tự đích/nguồn để xác định ra tuyến đường mới cũng như tránh định tuyến lặp vòng. Trong khi đó, DSR xây dựng tuyến đường tại nút nguồn. Nút nguồn sẽ xác định đầy đủ chuỗi chặng (hop) từ nút nguồn tới nút đích để truyền tin. Do vậy, cấu trúc các gói tin RREQ và RREP của DSR phải được mở rộng thêm để chứa thông tin địa chỉ của các nút trung gian. Ngoài ra, khác với AODV không có cơ chế lưu trữ thông tin định tuyến, DSR duy trì một bộ nhớ tạm để lưu các tuyến đường và sử dụng chúng cho tới khi không còn hợp lệ.

Cả AODV và DSR đều sử dụng ít tài nguyên, tiết kiệm năng lượng và hỗ trợ tốt các đặc tính của kiến trúc/tổ chức mạng tùy biến như: tự tổ chức, tự cấu hình và di động. Trong một so sánh hiệu năng (xem [10]), AODV phân phối được trên 90% gói tin, trong khi hiệu năng của DSR đạt giá trị tốt nhất khi số chặng trong tuyến đường thấp. Tuy nhiên, sử dụng AODV cho mạng MANET 5G sẽ có nhiều điểm thuận lợi hơn so với DSR. Lý do chính là vì quy mô lớn và tính chất biến động rất cao của mạng MANET 5G. Khi đó, quá trình khám phá tuyến đường của DSR có thể dẫn đến việc không thể đoán định độ dài của gói tin điều khiển cũng như gói tin dữ liệu.

III. TÁC TỬ DI ĐỘNG

Trong khoa học máy tính, tác tử là một thực thể (phần mềm/dữ liệu/gói tin) có khả năng hoạt động trong môi trường, tương tác với các tác tử khác hoặc thực hiện một mục tiêu cụ thể. Một tác tử di động ứng dụng trong môi trường mạng MANET là các gói tin nhỏ (gói tin thăm dò) được gửi theo chu kỳ giữa các nút lân cận để thu thập thông tin.

Giải pháp sử dụng tác tử di động để điều khiển giao thức định tuyến được đề xuất gần đây [11-13]. Trong

[11], nhóm nghiên cứu công bố một giao thức cải tiến của AODV, gọi tắt là MAR-AODV (Mobile Agent - AODV). Giao thức này sử dụng một thuật toán dựa trên tác tử di động nhằm nâng cao hiệu quả giao thức định tuyến AODV trong mạng MANET. Trọng tâm của thuật toán là hàm đánh giá mật độ lưu lượng qua mỗi nút mạng nhằm cân bằng lưu lượng giữa các nút trong toàn mạng và giảm tắc nghẽn. Kết quả mô phỏng cho thấy, giao thức định tuyến MAR-AODV có xác suất nghẽn gói tin nhỏ hơn giao thức AODV gốc. Các công trình còn lại đề xuất các giao thức nhằm giảm độ trễ và tiết kiệm năng lượng dựa trên tác tử di động (xem thêm [12, 13]).

Như đã trình bày trong phần giới thiệu, hướng nghiên cứu cải thiện hiệu năng mạng MANET 5G đang diễn ra hết sức sôi động. Một trong các giải pháp cải thiện hiệu năng mạng MANET là tìm một thông số định tuyến tối ưu, có khả năng phản ánh độ tin cậy/băng thông của tuyến đường hơn là dựa vào thông tin về số chặng gói tin phải đi qua. Hơn nữa, do đặc tính di động trong môi trường mạng MANET, các nút mạng liên tục di chuyển làm thay đổi cấu hình mạng. Do đó, để các nút mạng có thể cập nhật thông tin về đường đi trước khi ra quyết định định tuyến, các nút mạng lân cận phải liên tục trao đổi thông tin. Chúng tôi đề xuất sử dụng một tác tử di động để cập nhật các thông tin này.

Hình 3 trình bày cấu trúc một tác tử di động do chúng tôi đề xuất. Trong đó, trường Timestamp được dùng để xác định khoảng thời gian cần truyền một gói tin giữa hai nút lân cận. Ý nghĩa của các trường còn lại tương tự như mô tả trong [11]. Có hai loại tác tử, lần lượt được chúng tôi đặt tên là A_Request và A_Reply, tương ứng với hai nhiệm vụ: yêu cầu thông tin và trả lời thông tin. Chúng tôi thiết lập để cứ mỗi 20 ms, một nút mạng bất kỳ gửi các gói tin thăm dò A_Request đến các nút lân cận với nó. Khi nhận được gói tin A_Request, các nút lân cận có nhiệm vụ gửi trả về gói tin A_Reply để cung cấp thông tin cho nút yêu cầu. Dựa trên các thông tin thu thập được, mỗi nút sẽ ra quyết định lựa chọn tuyến đường phù hợp nhất.

C. Trọng số tích lũy thời gian truyền

Khi sử dụng ETT, chi phí của một tuyến đường bằng tổng chi phí của các kết nối thuộc tuyến đường đó. Tuy nhiên, chi phí thực sự có thể khác với chi phí tính toán được do chưa tính đến nhiều đồng kênh khi các nút mạng sử dụng cùng một kênh truyền. Để cải thiện điều này, chi phí trọng số tích lũy thời gian truyền (WCETT) [15] được đề xuất với mục đích đặc biệt là giảm nhiễu đồng kênh. Giải pháp thực hiện là cố gắng giảm thiểu số lượng các nút sử dụng cùng một kênh trên toàn tuyến đường. Kỹ thuật cụ thể được triển khai 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, [15] không đưa ra cách xác định giá trị β , nhưng dựa trên kết quả thực nghiệm để xác định $\beta = 0,5$ là phù hợp.

Xét một tuyến đường gồm P 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:

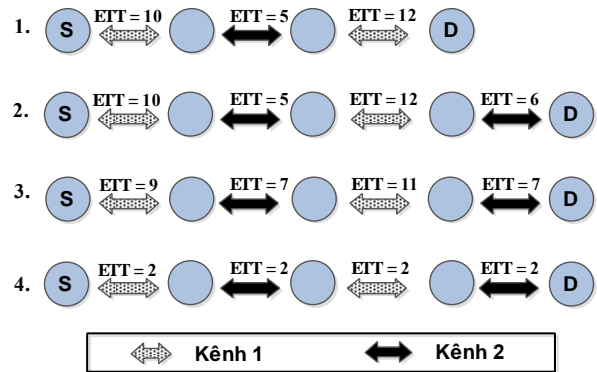
$$X_j = \sum_{\text{Chặng } i \text{ truyền trên kênh } j} \text{ETT}(i), 1 \leq j \leq k \quad (4)$$

Chúng ta dễ dàng nhận thấy, thông lượng toàn tuyến sẽ bị chi phối bởi kênh nút cổ chai (kênh j có giá trị X_j lớn nhất). Chúng tôi đề xuất sử dụng một trọng số bình quân α giữa giá trị X_j lớn nhất và tổng các ETT trên một tuyến. Gọi hàm tính chi phí của giao thức WCETT mở rộng là A_WCETT, ta có công thức:

$$\begin{cases} \alpha = \frac{\sum_{i=1}^P \text{ETT}(i)}{\max_{1 \leq j \leq k} X_j} \\ \text{A_WCETT} = \left(\frac{\alpha}{1+\alpha}\right) \sum_{i=1}^P \text{ETT}(i) + \left(\frac{1}{1+\alpha}\right) \max_{1 \leq j \leq k} X_j \end{cases} \quad (5)$$

Có hai cách để giải thích cách xác định thông số α . Thứ nhất, chúng ta có thể xem nó như là sự cân bằng ảnh hưởng đối với thông lượng toàn tuyến giữa kênh nút cổ chai và các kênh khác trong tuyến. Thứ hai, xem nó là sự thể hiện mối quan hệ giữa chặng có ảnh hưởng nhất đến thông lượng toàn tuyến. Trọng số bình quân có thể được xem là nỗ lực để cân bằng hai vấn đề này. Mặt khác, tổng thời gian truyền trên toàn tuyến P ($\sum_{i=1}^P \text{ETT}(i)$) thường luôn lớn hơn thời gian truyền trên kênh có kết nối thất nút cổ chai ($\max_{1 \leq j \leq k} X_j$) nhiều lần. Do đó, để đảm bảo sự cân bằng ảnh hưởng giữa

hai yếu tố này, chúng tôi xác định hệ số ràng buộc α như công thức (5). Ví dụ cụ thể về cách tính toán giá trị A_WCETT với các giá trị α khác nhau được trình bày trong Hình 4.



Tuyến	Tổng ETT	Max (X _j)	A-WCETT (α=1)	A-WCETT (α=2)	A-WCETT (α=5)
1	27	22	24,5	25,3	26,2
2	33	22	27,5	29,3	31,2
3	34	20	27	29,3	31,7
4	8	4	6	6,7	7,3

Hình 4. Minh họa về ảnh hưởng của thông số α đến chi phí A_WCETT.

V. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH

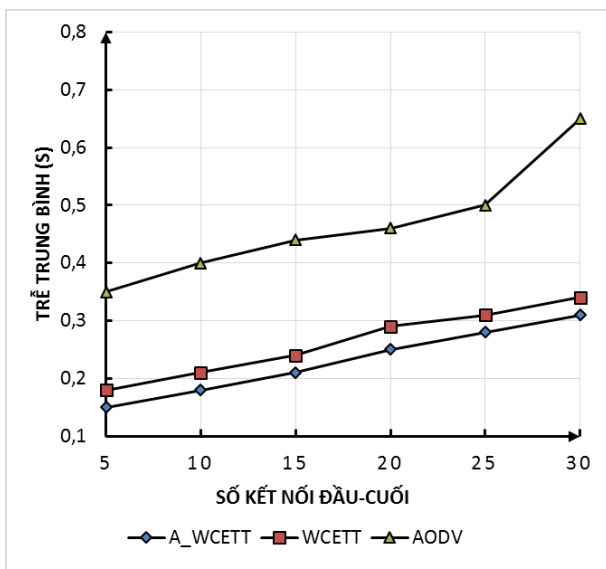
Trong mục này, chúng tôi thiết lập một mô phỏng trên phần mềm NS2 để đánh giá hiệu năng hệ thống mạng MANET theo các tiêu chí: thời gian trễ trung bình, thông lượng trung bình và tỉ lệ phân phối gói tin. Các giao thức định tuyến được thử nghiệm lần lượt là: AODV, WCETT và giao thức do chúng tôi đề xuất ở Mục IV, gọi là A_WCETT.

Hệ thống mô phỏng của chúng tôi gồm 100 nút di động được bố trí ngẫu nhiên trong vùng có diện tích 500 m × 500 m. Chúng tôi sử dụng chuẩn IEEE 802.11b ở tốc độ 11 Mbit/s và sử dụng kiểu lưu lượng truyền UDP. Mô phỏng được thực hiện trong 150 giây. Số lượng các lưu lượng đo là 5, 10, 15, 20, 25 và 30. Các thông số mô phỏng được tóm tắt trong Bảng 1.

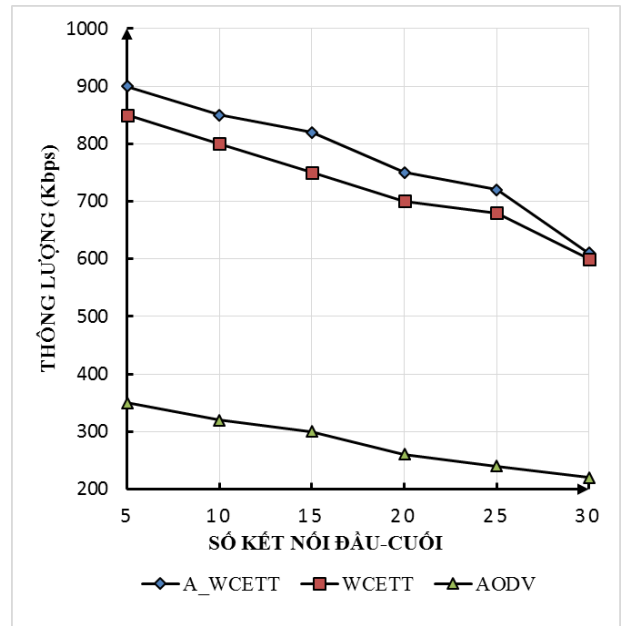
Bảng 1. Các tham số mô phỏng.

Tham số	Giá trị
Vùng mô phỏng	500 m×500 m
Số nút di động	100
Loại lưu lượng	CBR
Thông lượng truyền	11 Mbit/s
Kích thước gói tin	1024 byte
Thời gian mô phỏng	150 giây
Lớp MAC	802.11b
Lớp vận chuyển	UDP

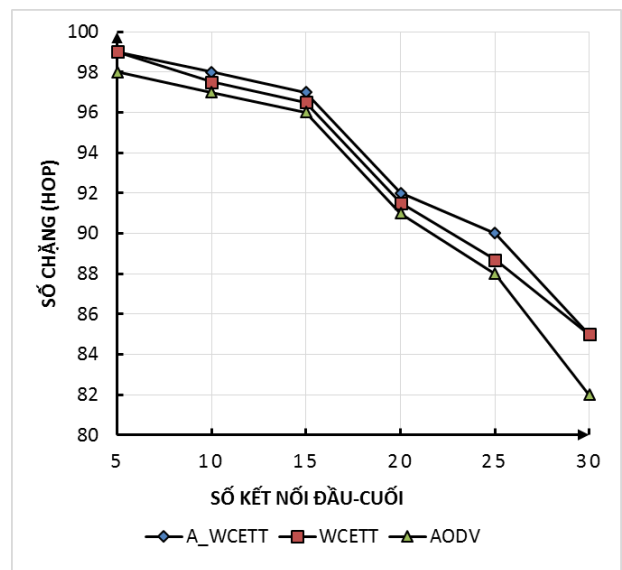
Trong thí nghiệm đầu tiên (Hình 5a), chúng tôi thực hiện đánh giá hiệu năng của ba giao thức dựa trên tiêu chí Trễ trung bình. Kết quả cho thấy, hai giao thức WCETT và A_WCETT có thời gian trễ thấp hơn hẳn giao thức AODV. Điều này phản ánh kết quả thực nghiệm phù hợp với lý thuyết. Thực chất, do WCETT và A_WCETT hoạt động đa kênh, nên có tốc độ truyền dữ liệu cao hơn và giảm tắc nghẽn trong hệ thống. Tuy nhiên, khi số kết nối đầu-cuối tăng lên đến 20, trễ trung bình của cả ba giao thức đều có xu hướng tăng. Mặc dù vậy, trễ do AODV gây ra vẫn cao hơn so với hai giao thức còn lại.



Hình 5a. Đánh giá hiệu năng dựa theo tiêu chí: Trễ trung bình.



Hình 5b. Đánh giá hiệu năng dựa theo tiêu chí: Thông lượng trung bình.



Hình 5c. Đánh giá hiệu năng dựa theo tiêu chí: Tỷ lệ phân phối gói tin.

Thí nghiệm thứ 2 đánh giá hiệu năng của ba giao thức dựa trên tiêu chí: Thông lượng trung bình. Kết quả mô phỏng thể hiện trong Hình 5b cho thấy: thông lượng của giao thức A_WCETT luôn cao hơn hai giao thức còn lại. Cụ thể, A_WCETT và WCETT có thông lượng cao hơn gần 3 lần giao thức AODV. Tuy nhiên,

khi số kết nối đầu-cuối tăng, thông lượng hệ thống của cả ba giao thức đều giảm. Đặc biệt, khi số này tăng đến 25, thông lượng hệ thống giảm mạnh do khả năng xung đột môi trường và tắc nghẽn hệ thống cao hơn. Trong trường hợp số kết nối đầu-cuối quá lớn, mạng MANET có xu hướng tắc nghẽn trên diện rộng và A_WCETT sẽ không cải thiện được hơn WCETT.

Thí nghiệm thứ 3 được chúng tôi sử dụng để đánh giá hiệu năng của ba giao thức dựa trên tỉ lệ phân phối gói tin. Kết quả mô phỏng trả về trong Hình 5c cho thấy: tỉ lệ phân phối gói tin của cả ba giao thức đều rất cao khi số lưu lượng truyền thấp, đạt gần 99%. Khi số lưu lượng tăng lên đến 25, tỉ lệ phân phối gói tin có xu hướng giảm mạnh.

Kết quả mô phỏng chi tiết 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 α . 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 rất nhiều lần so với giao thức AODV. Một vấn đề rất cần quan tâm đối với hiệu quả của giao thức A_WCETT, đó là chi phí hệ thống liên quan đến sử dụng tác tử di động. Tuy nhiên, các tác giả [11] đã chứng minh được rằng việc tích hợp tác tử di động chỉ làm tăng độ trễ truyền tải, nhưng mức độ tăng không đáng kể.

VI. KẾT LUẬN

Trong công trình này, chúng tôi đã đề xuất một giao thức định tuyến theo yêu cầu cho mạng MANET, gọi là A_WCETT. Giao thức này được cải tiến từ AODV, hoạt động đa kênh và dựa trên tác tử di động. Kết quả thực nghiệm cho thấy, giao thức của chúng tôi với các cải tiến về tham số α và định tuyến dựa trên tác tử di động cho các kết quả cải thiện hiệu năng tốt hơn giao thức WCETT. Kết quả thực nghiệm cũng chứng minh hai giao thức A_WCETT và WCETT cho giá trị thông lượng cao hơn và độ trễ thấp hơn nhiều lần giao thức AODV. Tuy nhiên, vấn đề bảo mật thông tin khi định tuyến dựa trên tác tử di động chưa

được xem xét. Trong thời gian tiếp theo, chúng tôi sẽ tập trung vào việc đề xuất các giao thức định tuyến có khả năng bảo mật trong mạng thế hệ mới.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Quỹ học bổng Motorola Solutions đã tài trợ một phần kinh phí cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] F. BOCCARDI et al., “Five Disruptive Technology Directions for 5G”. IEEE Commun. Mag., vol. 52, no. 2, pp. 74–80, 2014.
- [2] J. G. ANDREWS et al., “What Will 5G Be?”. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 32, no. 6, pp. 1065-1082, 2014.
- [3] J. LIU, H. NISHIYAMA, N. KATO, T. KUMAGAI, A. TAKAHARA, “Toward Modeling Ad Hoc Networks: Current Situation and Future Direction”. IEEE Wireless Communications, vol. 20, no. 6, pp. 51-58, 2013.
- [4] N.D. HAN, C. YOUNGHWA, J. MINHO, “Green Data Centers for Cloud-Assisted Mobile Ad-Hoc Network in 5G”. IEEE Network, vol. 29, no. 2, pp. 70-76, 2015.
- [5] J. LI, B. CHARLES, S.J.D.C. DOUGLAS, H.I. LEE, M. ROBERT, “Capacity of Ad Hoc Wireless Networks”. In Proceedings of ACM MobiCom, USA, 2011, pp. 61-69.
- [6] M. GARETTO, P. GIACCONE, E. LEONARDI, “On the Capacity of Ad Hoc Wireless Networks Under General Node Mobility”. In Proceedings of IEEE INFOCOM, AK, 2007, pp. 357-365.
- [7] M. GROSSGLAUSER, D.N.C. TSE, “Mobility Increases The Capacity of Ad Hoc Wireless Networks”. IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 10, no. 4, pp. 477-486, 2002.
- [8] RFC3561, “https://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt”, accepted 19/10/2014.
- [9] RFC4728, “https://www.ietf.org/rfc/rfc4728.txt”, accepted 19/10/2014.
- [10] S. SALIM, S. MOH, “On-Demand Routing Protocols for Cognitive Radio Ad Hoc Networks”. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, vol. 2013, no. 1, pp. 1-10, 2013.

- [11] CUNG TRONG CUONG, VO THANH TU, NGUYEN THUC HAI, “MAR-AODV: Innovative Routing Algorithm in MANET Based on Mobile Agent”. In Proceedings of IEEE WAINA, Spain, 2013, pp. 62-66.
- [12] ISHIZUKA et al., “A Mobile Agent Creation Mechanism for Service Collection and Dissemination in Heterogeneous MANETs”. In Proceedings of IEEE ICNC, USA, 2012, pp. 321-322.
- [13] HASHIMOTO et al., “Evaluation of Mobile Agent-Based Service Dissemination Schemes in MANETs”. In Proceedings of IEEE ICNC, China, 2011, pp. 257-260.
- [14] D.S.J. DE COUTO, D. AGUAYO, J. BICKET, R. MORRIS, “A High Throughput Path Metric for Multi-Hop Wireless Routing”. In Proceedings of ACM MobiCom, USA, 2003, pp. 134-146.
- [15] R. DRAVES, J. PADHYE, B. ZILL, “Routing in Multi-Radio, MultiHop Wireless Mesh Networks”. In Proceedings of ACM MobiCom, USA, 2004, pp. 114-128.

Nhận bài ngày: 06/07/2016

SƠ LƯỢC VỀ TÁC GIẢ

VŨ KHÁNH QUÝ



Sinh năm 1982.

Tốt nghiệp trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên năm 2007, nhận bằng thạc sỹ năm 2012, hiện là nghiên cứu sinh tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Lĩnh vực nghiên cứu: Phân tích và đánh giá hiệu năng mạng, mô hình và các thuật toán định tuyến tiết kiệm năng lượng, cải thiện hiệu năng mạng thế hệ mới.

Email: quyvk@utehy.edu.vn

NGUYỄN ĐÌNH HÂN



Sinh năm 1977.

Tốt nghiệp ĐH Quốc Gia Hà Nội năm 2000, cao học tại AIT năm 2005; nhận bằng Tiến sỹ tại trường ĐH Bách Khoa Hà Nội năm 2013 và nghiên cứu sau tiến sỹ tại trường ĐH Korea năm 2014.

Hiện là giảng viên trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên.

Lĩnh vực nghiên cứu: Lý thuyết mã và ứng dụng, bảo mật máy tính và mạng, giao tiếp không dây, tính toán di động và đám mây, Internet nhận thức.

Email: nguyendinhhan@utehy.edu.vn

NGUYỄN TIẾN BAN



Sinh năm 1967

Tốt nghiệp trường ĐH kỹ thuật điện Leningrad (LETI), Liên xô cũ năm 1991; nhận học vị Tiến sỹ tại trường ĐH Viễn thông Quốc gia Saint-Petersburg (SUT), Liên bang Nga năm 2003.

Hiện là giảng viên Khoa Viễn thông 1, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Lĩnh vực nghiên cứu: Phân tích và đánh giá hiệu năng mạng, thiết kế và tối ưu hóa mạng, mô hình hóa và mô phỏng các hệ thống viễn thông.

Email: bannt@ptit.edu.vn