Một thuật toán cải tiến sử dụng tác tử di động nâng cao hiệu quả giao thức định tuyến AODV

A Novel Routing Algorithm using Mobile Agents for Improving The Efficiency of AODV Protocol

Cung Trọng Cường, Nguyễn Thúc Hải, Võ Thanh Tú.

Abstract: *This paper proposes an improved routing algorithm of AODV routing algorithm in order to contribute to more efficient routing at the on demand protocol for MANET networks. The goal of the proposed algorithmis to reduce the probability of network congestion. Agents update information about each node based on the status of neighboring nodes. The simulation results show that the proposed algorithm can improve network throughput while the traffic generated at each node is high.*

Keyword: *MANET, AODV, Routing*

I. GIỚI THIỆU

Trong thời gian gần đây, công nghệ truyền thông không dây đã được triển khai ứng dụng trong hầu hết các lĩnh vực. Một số công nghệ mạng cục bộ không dây đã được nghiên cứu và triển khai rộng rãi là mạng MANET [10], mạng cảm biến không dây. Để khai thác hiệu quả tài nguyên của hệ thống mạng không dây, việc nghiên cứu các giao thức điều khiển như định tuyến, báo hiệu là điều cần thiết. Đối với một số ứng dụng đòi hỏi tính di động cao và mật độ truyền lớn thì khả năng đáp ứng của các cơ chế định tuyến theo yêu cầu như AODV (Ad hoc On Demand Distance Vector), DSR (Dynamic Source Routing) [10] vẫn còn một số hạn chế. Vì vậy, các nhà nghiên cứu đã cố gắng nâng cao tính sẵn sàng và tin cậy trong bài toán định tuyến theo yêu cầu để đáp ứng nhanh với sự di động của hệ thống. Một trong những giải pháp là sử dụng tác tử di động (Mobile agent); trong đó sử dụng đặc tính tự trị và khả năng di động từ nút này sang nút khác để hoàn tất tác vụ [4]. Ý tưởng chính của việc ứng dụng tác tử di động là di chuyển xử lý đến gần nguồn dữ liệu, nhờ đó có thể giảm tải mạng, khắc phục tình trạng trễ, hỗ trợ xử lý không đồng bộ và tạo ra sự tương thích mạnh trên các môi trường không đồng nhất. Với các ưu điểm này, công nghệ tác tử di động hứa hẹn một giải pháp mới, hiệu quả trong việc ứng dụng vào điều khiển các giao thức mạng trong một số trường hợp.

Đặc trưng cơ bản nhất của các mạng MANET là mỗi nút mạng đều có khả năng di chuyển và topo mạng thay đổi. Vì vậy, vấn đề cập nhật thông tin trạng thái mạng tại mỗi nút và mỗi nhóm di động để có cơ chế truyền, nhận và định tuyến dữ liệu một cách tối ưu là điều đặc biệt quan trọng. Với phương thức định tuyến điều khiển theo yêu cầu, khi có một yêu cầu từ nguồn đến đích, nút nguồn phải khởi đầu một quá trình định tuyến, quá trình này chỉ hoàn tất khi đã tìm ra một lộ trình sẵn sàng hoặc tất cả các lộ trình khả thi đều đã được kiểm tra. Khi một lộ trình đã được tìm ra và thiết lập, nó được duy trì bởi một số dạng thủ tục cho đến khi hoặc là lộ trình đó không thể truy nhập được từ nút nguồn hoặc là lộ trình đó không cần thiết nữa. Do vậy, việc tích hợp tác tử di động vào điều khiển các giao thức định tuyến trong mạng MANET nhằm cải thiện hiệu năng của chúng là điều cần thiết và có ý nghĩa quan trọng góp phần tăng hiệu quả của giao thức định tuyến, đây cũng chính là vấn đề nghiên cứu được đề cập trong bài báo này.

II. CƠ CHẾ KHÁM PHÁ LỘ TRÌNH CỦA GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN AODV

AODV là một trong những giao thức định tuyến theo cơ chế phản ứng (theo yêu cầu) trong hệ thống mạng MANET. AODV dựa trên các phần của bảng định tuyến để phát gói tin RREP về nút nguồn và nút nguồn dùng thông tin đó để gửi dữ liệu đến đích [9,10]. 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[6]. Mỗi nút sẽ có một bộ tăng số Sequence Number riêng cho nó. Quá trình định tuyến của AODV cũng bao gồm hai giai đoạn chính: khám phá lộ trình và duy trì lộ trình.

Khám phá lộ trình sẽ được thiết lập khi một nút nguồn có nhu cầu trao đổi thông tin với một nút khác trong hệ thống mạng mà trong bảng định tuyến của nó không có thông tin định tuyến đến nút đích đó. 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. Giá trị của cập thông tin này sẽ bị thay đổi như sau:

- ***Đối với Sequence Number:***
  - Trước khi một nút khởi động tiến trình khám phá lộ trình, 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 nút khởi động một tiến trình khám phá lộ trình mới.

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

Hình 1. Cấu trúc gói tin RREQ

source address	destination address	destination sequence No.	hop count	life-time

Hình 2. Cấu trúc gói tin RREP

Trong quá trình khám phá lộ trình, một nút 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.

Trong thuật toán định tuyến cải tiến chúng tôi đề xuất được trình bày ở phần sau, tác tử BA sẽ được gửi kèm theo gói RREP với mục đích cập nhật thêm thông tin về trọng số của các kết nối. Thuật toán của chúng tôi sẽ chọn gói RREP có trọng số nhỏ nhất thay cho việc chọn gói RREP có số Hop-count nhỏ nhất như trong thuật toán AODV gốc.

III. TÁC TỬ DI ĐỘNG VÀ ỨNG DỤNG TRONG ĐIỀU KHIỂN ĐỊNH TUYẾN

Tác tử (agent) là một thực thể vật lý hoặc logic có khả năng hoạt động trong một môi trường, có khả năng truyền thông trực tiếp với các tác tử khác, được di chuyển theo một tập các khuynh hướng (mục tiêu), xử lý tài nguyên của chính nó, có khả năng nhận thức được môi trường hoạt động của nó (nhưng nằm trong một giới hạn nào đó), có thể yêu cầu các dịch vụ, có thể nhân bản chính nó, có các hành vi hướng tới việc hoàn thành các mục tiêu của nó phụ thuộc vào sự nhận thức, sự đặc trưng và truyền thông mà nó nhận được[4].

Hiện nay, tác tử được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực. Trong lĩnh vực mạng máy tính, tác tử thường được sử dụng trong việc điều khiển lưu lượng mạng, đóng gói giao thức, giảm độ trễ, giám sát và phân tán thông tin, quản trị hệ thống mạng, điều khiển các giao thức định tuyến. Trong giao thức định tuyến MANET, tác tử có thể được áp dụng để cập nhật thông tin trạng thái mạng, chọn lộ trình như trong một số nghiên cứu [5,8]. Có hai giai đoạn cần xác định trạng thái của nút mạng đó là khám phá lộ trình và duy trì trạng thái lộ trình, trong cả hai giai đoạn này chúng ta có thể sử dụng tác tử di động. Xem xét cụ thể đối với giao thức định tuyến AODV, chúng ta thấy việc xác định trạng thái của của nút mạng được xác định qua nhiều tham số, như xác suất tắc nghẽn, lưu lượng phát sinh tại nút đó, chiều dài bộ đệm, sự tiêu dùng năng lượng...[7,10] và với các tham số đó chúng ta sử dụng tác tử di động để cập nhật, ghi lại thông tin và hỗ trợ cho thuật toán chọn tình trạng đường đi hoặc quyết định phương thức xử lý tại nút hoặc phương thức chọn lộ trình.

Giải pháp sử dụng tác tử di động để điều khiển giao thức định tuyến cũng đã được một số nhóm nghiên cứu trong thời gian gần đây. Một trong những hướng cải tiến giao thức các giao thức AODV là cải tiến khả năng di động [1], trong đó tập trung vào tính toán tình trạng tắc nghẽn tại nút và chọn lựa đường đi với nút ít tắt nghẽn thay vì chọn nút gần nhất của thuật toán gốc. Với việc sử dụng tác tử di động, một số tác tử di động được cộng vào trong trong giao thức AODV, nó mang thông tin và tình trạng tắt nghẽn của nút mạng khi các tác tử di động chạy qua các nút mạng, nó có thể chọn một nút có ít tải nhất trong các nút xung quanh và cập nhật bảng trạng thái theo hướng phù hợp với tình trạng tắc nghẽn. với sự trợ giúp của tác tử di động, các nút có thể lấy hình trạng mạng động liên tục. Nhóm nghiên cứu Hong L. *et al.* đã đề xuất giải pháp sử dụng tác tử di động để điều khiển tắc nghẽn trong mạng MANET dựa trên giao thức định tuyến AODV [3]. Tác tử di động được tích hợp vào các nút mạng để cập nhật thông tin trạng thái và tình trạng tắc nghẽn của mỗi nút. Tình trạng tắc nghẽn được xác định bằng tỷ lệ của chiều dài bộ đệm hiện hành so với chiều dài cực đại. Từ đó, mỗi nút được phân chia thành 3 trạng thái, đó là: trạng thái không tắc nghẽn, trạng thái tắc nghẽn trung bình và trạng thái tắc nghẽn nghiêm trọng. Thuật toán định tuyến sẽ lựa chọn lộ trình tối ưu dựa trên 3 trạng thái này. Các tác giả đã sử dụng phương pháp mô phỏng để đánh giá hiệu quả thực thi của phương pháp đề xuất. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng độ trễ trung bình của các gói tin trên mạng nhỏ hơn so với thuật toán AODV. Một nhóm nghiên cứu khác đã đề xuất một thuật toán định tuyến mới có tên là Ant-AODV dựa trên giao thức AODV kết hợp với tác tử di động [2]. Ant-AODV cung cấp khả năng kết nối giữa các nút cao, giảm bớt công việc khám phá lộ trình mỗi khi có một yêu cầu truyền dữ liệu mới. Điều này cho phép làm giảm độ trễ truyền thông và được chứng minh bằng phương pháp mô phỏng.

Chúng tôi đã nghiên cứu một thuật toán cải tiến giao thức DSR dựa trên công nghệ tác tử để nâng cao hiệu quả với giao thức MAR-DSR [11] để giảm xác suất tắc nghẽn trên nút đang thực hiện dựa trên hàm tính tổng số gói tin nghẽn tại nút trên tổng số gói tin truyền đến nút đó tại thời điểm xét. Một nghiên cứu tương tự với giao thức AODV với cải tiến khả năng chọn đường đi dựa trên việc ước lượng bằng tỷ lệ giữa tổng số lộ trình đi qua nút đang xét và tổng lộ trình đã thiết lập trong mạng với giải thuật cải tiến MAR-AODV [12].

Trong bài báo này, chúng tôi tiếp tục đề xuất một giải pháp cải tiếp sử dụng tác tử di động để dự đoán trạng thái của nút mạng MANET từ kết quả của thuật toán cải tiến [12] kết hợp với ước lượng mật độ đi qua nút, làm cơ sở cho việc lựa chọn lộ trình truyền dữ liệu trong thuật toán định tuyến AODV nhằm giảm xác suất tắt nghẽn và tăng tính tin cậy hơn trong phán đoán đường đi với tên đề xuất MAR2-AODV.

IV. THUẬT TOÁN MAR2-AODV

IV.1. Mô tả thuật toán

Thuật toán MAR2-AODV được thực hiện trên cơ sở thuật toán AODV gốc, quá trình định tuyến cũng được thực hiện qua 2 giai đoạn là khám phá lộ trình và

duy trì lộ trình. Tuy nhiên, mỗi giai đoạn đều được điều khiển bởi tác tử di động chứa thông tin trạng thái mỗi nút mạng để cải thiện việc định tuyến.

Giai đoạn khám phá lộ trình được thực hiện theo các bước như thuật toán AODV gốc. Trong giai đoạn khám phá lộ trình, chúng tôi tích hợp tác tử di động bằng gói tin FA (Forward Agent) gửi kèm cùng gói RREQ và gói tin BA (Backward Agent) để cập nhật thông tin trạng thái nút mạng. Cấu trúc gói tin FA được mô tả như Hình 3, trong đó chức năng của các trường được mô tả như sau:

- **ID**: Số thứ tự của yêu cầu khám phá lộ trình.
- **Src_ID**: Địa chỉ nút nguồn của lộ trình cần khám phá.
- **Dest_ID**: Địa chỉ nút đích của lộ trình cần khám phá.

ID	Src_ID	Dest_ID
16 bits	8 bits	8 bits

Hình 3. Cấu trúc của Agent FA

Tình trạng tắc nghẽn của nút mạng được cập nhật bởi tác tử BA. Cấu trúc của BA được mô tả như ở Hình 4 với các trường như sau:

ID	Src_ID	Intermediate_ID	CP
16 bits	8 bits	8 bits	double

Hình 4. Cấu trúc Agent BA

- **ID**: Số thứ tự của yêu cầu khám phá lộ trình.
- **Intermediate_ID**: Địa chỉ của các nút trung gian trên lộ trình cần khám phá.
- **CP**: mức độ tắc nghẽn của nút trung gian đang xét.

- **Cơ chế lựa chọn lộ trình**

Mục tiêu của thuật toán MAR2-AODV là cân bằng lưu lượng giữa các nút trong toàn mạng. Để thực hiện điều này, chúng tôi đề xuất một hàm trọng số tối ưu để làm cơ sở cho việc chọn lộ trình truyền dữ liệu. Hàm trọng số của liên kết từ nút *i* đến nút *j* được thiết lập như sau:

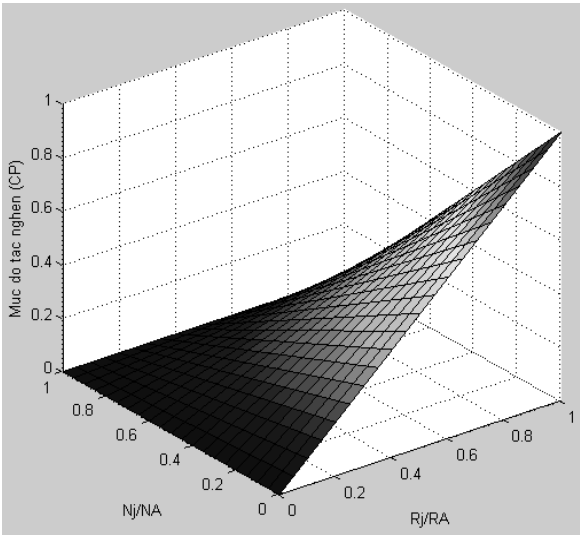
$$w_{ij} = L_{ij} + \frac{1}{\left(1 - CP_j\right)^3} \quad (1)$$

Trong đó, L_{ij} là khoảng cách từ nút *i* đến nút *j*, CP_j là mức độ tắc nghẽn tại nút *j*. Giá trị của CP_j được ước lượng bằng một hàm đặc trưng của mật độ lưu lượng đi qua nút này, được thiết lập như sau:

$$CP = \frac{R_j}{R_A}\left(1 - \frac{N_j}{N_A}\right) \quad (2)$$

Trong đó:

- R_j là tổng số lộ trình đi qua nút *j*.
- R_A là tổng số lộ trình trong mạng.
- Với N_j là tổng số nút láng giềng của nút *j*.
- N_A là tổng số nút mạng.



Hình 5. Sự phụ thuộc của mức độ tắc nghẽn (CP) theo tham số R_j/R_A và N_j/N_A

Để thấy rõ sự phụ thuộc của mức độ tắc nghẽn (CP) theo tỷ lệ lộ trình đi qua mỗi nút và tổng số nút láng giềng của nút đó, chúng tôi biểu diễn đồ thị 3D trên MATLAB cho phương trình (2) như ở Hình 5. Ta thấy rằng, giá trị CP luôn luôn nằm trong khoảng (0,1). CP tăng khi tỷ lệ lộ trình đi qua nút đó (R_j/R_A) tăng và tỷ lệ nút láng giềng của nút đang xét (N_j/N_A) nhỏ. Ngược lại, khi một nút có nhiều nút láng giềng (N_j/N_Alớn), mức độ tắc nghẽn (CP) giảm.

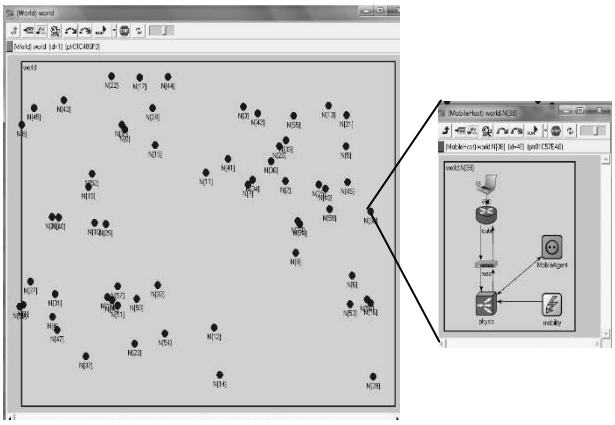
Theo nguyên lý hoạt động của thuật toán AODV, mỗi nút mạng chỉ lưu trữ thông tin trạng thái của các nút láng giềng. Trong thuật toán MAR2-AODV, thông tin này được cập nhật bởi các tác tử BA gửi kèm gói RREP, do vậy các tham số R_j, R_A, N_j và N_A được nhận biết thông qua tác tử này.

Khi các nút nguồn nhận được tác tử phản hồi BA, nó sẽ lựa chọn lộ trình có mức độ tắc nghẽn thấp nhất dựa trên giá trị của trường CP được tính theo hàm (2).

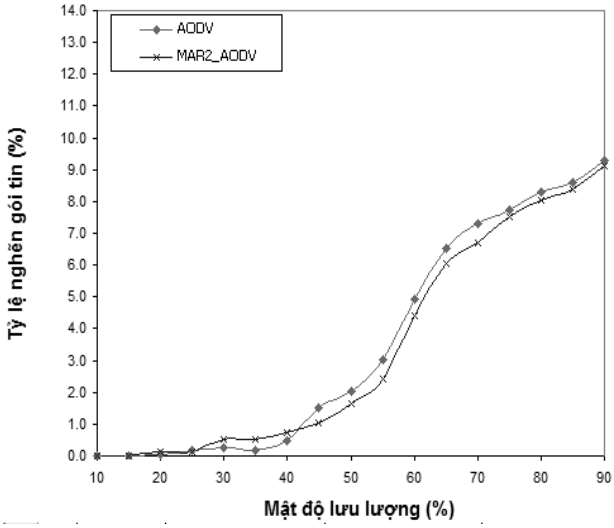
IV.2. Kết quả mô phỏng và đánh giá kết quả

Để đánh giá hiệu quả của thuật toán MAR2-AODV, chúng tôi đã tiến hành mô phỏng trên topo mạng MANET có 60 nút. Giao diện chính của chương trình mô phỏng như ở Hình 6. Mô phỏng được thực thi trên OMNeT++, phát triển từ module adhoc-sim[13] được thiết kế cho việc mô phỏng giao thức AODV gốc. Chúng tôi phát triển module này bằng cách tích hợp thêm khối chức năng **MobileAgent** để phát ra các tác tử FA và BA điều khiển quá trình khám phá lộ trình trong giao thức định tuyến AODV. Các giả thiết mô phỏng được thiết lập như sau:

- Tất cả các nút mạng đều thực hiện chức năng phát và nhận dữ liệu.
- Tốc độ dữ liệu của mỗi kênh tuân theo chuẩn không dây IEEE802.11.
- Các nút di chuyển ngẫu nhiên với tốc độ từ 3 đến 35m/s.



Hình 6. Topo mô phỏng



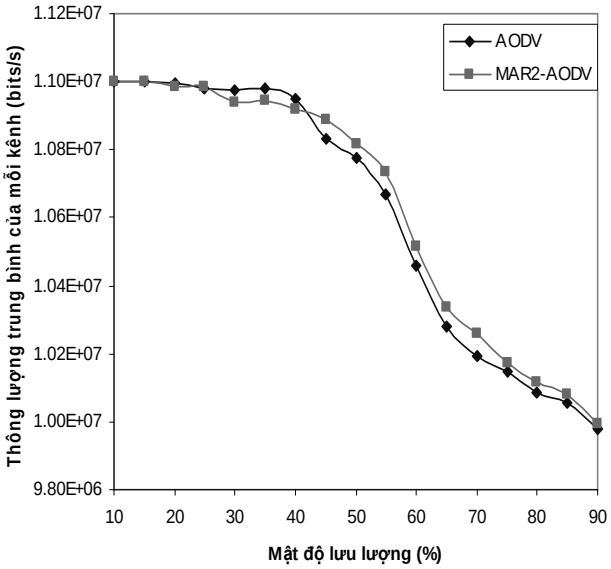
Hình 7. Tỷ lệ nghẽn gói tin của thuật toán MAR2-AODV và AODV

Bảng 1. Các giá trị số về tỷ lệ nghẽn gói tin của MAR2-AODV và AODV

Mật độ lưu lượng (%)	Tỷ lệ nghẽn gói tin (%)	
	AODV	MAR2-AODV
10	0.000000000000000	0.000000000000000
15	0.000000000000000	0.000000000000000
20	0.025072517587800	0.119507255465666
25	0.179007595276000	0.121900759527600
30	0.239228509671000	0.539267677767674
35	0.159689299138800	0.525968929913880
40	0.455539890530000	0.745553989053000
45	1.526542292260000	1.030265422922600
50	2.045189868150000	1.645189845660000
55	3.019120028320000	2.419120067567800
60	4.904500138470000	4.404504565656000
65	6.545747978700000	6.045747978700000
70	7.321257041200000	6.707212570412000
75	7.752125704120000	7.521265676676700
80	8.291212570412000	8.021257041200000
85	8.591212570412000	8.363212570345400
90	9.291212570412000	9.132125456565000

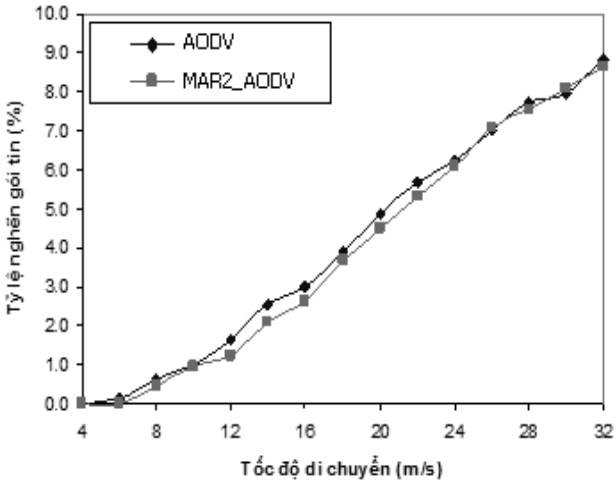
Kết quả mô phỏng trên Hình 7 là tỷ lệ nghẽn gói tin của thuật toán MAR2-AODV và thuật toán gốc AODV. Ta thấy rằng, thuật toán cải tiến MAR2-AODV cho ta xác suất nghẽn nhỏ hơn khi lưu lượng trung bình trên toàn mạng từ 40%, chi tiết được mô tả

trong Bảng 1. Vì vậy thông lượng trung bình tăng lên như kết quả so sánh cho thấy ở Hình 8.



Hình 8. Thông lượng của thuật toán MAR2-AODV và AODV

Trên Hình 9, chúng tôi so sánh kết quả của hai thuật toán trong trường hợp tốc độ di chuyển trung bình của các nút khác nhau. Từ kết quả mô phỏng ta thấy rằng, khi tốc độ di chuyển nhỏ hơn 24m/s thì thuật toán MAR2-AODV thực thi hiệu quả hơn thuật toán AODV. Tuy nhiên, khi tốc độ di chuyển cao hơn thì kết quả của hai thuật toán là tương tự nhau, nghĩa là thuật toán cải tiến chỉ mang lại hiệu quả đối với các mạng có tốc độ di chuyển ở mức trung bình.



Hình 9. Tỷ lệ nghẽn gói tin khi tốc độ di chuyển của các nút thay đổi

V. KẾT LUẬN

Để nâng cao hiệu quả của các thuật toán định tuyến trong mạng MANET, việc áp dụng các công nghệ thông minh vào các giao thức điều khiển định tuyến là rất cần thiết và có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Bài báo đã tập trung nghiên cứu giải pháp sử dụng tác tử di động vào điều khiển giao thức định tuyến AODV. Chúng tôi đã đề xuất thuật toán cải tiến MAR2-AODV trên cơ sở cải tiến thuật toán định tuyến AODV gốc, sử dụng tác tử di động để điều khiển quá trình khám phá lộ trình bằng cách cập nhật tình trạng tắc nghẽn trong mỗi nút mạng. Thuật toán được đề xuất cho xác suất nghẽn mạng nhỏ hơn thuật toán gốc trong trường hợp lưu lượng trung bình trên toàn mạng ở mức vừa phải và tốc độ di chuyển không cao.

Trong bài báo, chúng tôi sử dụng độ đo chính là mức độ tắc nghẽn tại nút mạng để đánh giá trong thuật toán được đề xuất vì đây là tham số có ảnh hưởng lớn nhất đến hiệu năng của thuật toán định tuyến. Chúng tôi cũng đã chứng minh được việc tích hợp tác tử di động có làm tăng độ trễ truyền tải, tuy nhiên mức độ tăng không đáng kể [11]. Ngoài ra, việc tích hợp tác tử di động vào điều khiển định tuyến sẽ tiêu thụ thêm một phần năng lượng dùng để cung cấp cho các tác tử FA và BA. Tuy nhiên, trong quá trình tuyền dữ liệu qua mạng, yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến năng lượng của hệ thống là số nút trung gian mà gói tin đi qua. Trong thuật toán MAR2-AODV, lộ trình được chọn luôn là lộ trình "ngắn nhất", nghĩa là đi qua ít nút trung gian và ít chọn lại đường đi do tính dự đoán đường đi tốt hơn. Điều này sẽ làm giảm mức độ tiêu thụ năng lượng trung bình của hệ thống, nghĩa là thuật toán MAR2-AODV sẽ không làm ảnh hưởng nhiều về mức độ tiêu hao năng lượng của hệ thống. Trong hướng nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi tập trung đánh giá chi tiết về vấn đề này. Đồng thời, chúng tôi tiếp tục nghiên cứu để nâng cao hiệu quả khi lưu lượng lớn và tốc độ di chuyển của nút mạng cao, đồng thời đánh giá một số tham số khác như trễ truyền dẫn và hiệu quả sử dụng kênh truyền.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] JDREES, M. YOUSAF, M. M. JAFFRY, S. W. PASHA, M. A. HUSSAIN. S. A, *Enhancements in AODV Routing Using Mobility Aware Agents*, IEEE – International conference on Emerging Tecnology, Punjab University, India, 98-102, 2005.

[2] SOTIRIS NIKOLETSEAS, *A mobility aware protocol synthesis for efficient routing in ad hoc mobile networks*, Computer Networks 52, 130-154, 2008.

[3] HONG LI, CHU DAN, WANG MIN, LI SHURONG, *Mobile agent based Congestion Control AODV Routing Protocol*, The 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008 (WiCOM '08), Dalian, 1-4, 2008.

[4] MOHAMAD EID, HASAN ARTAIL, AYMAN KAYSSI, AND ALI CHEHAB, *Trends in Mobile Agent Applications*, Journal of Reseach and Practive in Information Technology, Vol. 37, No.4, 323-351, 2005.

[5] JOSEPH P. MACKER, WILLIAM CHAO, RANJAM ABRAMSON, *Multi-Agent Systems in Mobile Ad hoc Networks*, Naval Research Laboratory, 2007.

[6] ELIS KULLA, MAKOTO IKEDA, LEONARD BAROLLI, FATOS XHAFA, MUHAMMAD YOUNAS, MAKOTO TAKIZAWA, *Investigation of AODV Throughput Considering RREQ, RREP and RERR Packets*, 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2013), Barceona, 169-174, 2013.

[7] NATARAJAN MEGHANATHAN, *Stability-Energy Comsumption Tradeoff among Mobile Ad Hoc Network Routing Protocols*, Third International Conference on Wireless and Mobile Communications (ICWMC '07), 1-9, 2007.

[8] WERNER VAN BELLE, KARSTEN VERELST, THEO D'HONDT, *Mobile Agents for Clustering and Routing in Mobile Ad Hoc Networks*, Springer Berlin, 271-276, 2003.

[9] NOR S. M. U., AZIZOL A. AND AHMAD F. A. A, *Performance Evaluation of AODV, DSDV & DSR Routing Protocol in Grid Environment*, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security 9 (7), 261-268, 2009.

[10] TAO LIN, *Mobile Ad-hoc Network Routing Protocols: Methodologies and Applications*, Ph.D. in Computer Engineering Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 2004.

[11] CUNG TRỌNG CƯỜNG, VÕ THANH TÚ, NGUYỄN THÚC HẢI, *Một giải pháp cải tiến cơ chế định tuyến DSR dựa trên tác tử di động trong mạng MANET*, Tạp chí Tin học và Điều khiển học, số 1, quyển 29, 31-42, 2013.

[12] CUNG TRONG CUONG, VO THANH TU, NGUYEN THUC HAI, *MAR-AODV: Innovative Algorithm in MANET based on Mobile Agent*, 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (AINA-2013), Barcelona, 62-66, 2013.

[13] http://www.omnetpp.org

Nhận bài ngày: 21/11/2013

SƠ LƯỢC TÁC GIẢ

CUNG TRỌNG CƯỜNG

Sinh ngày 27/11/1975 tại Thừa Thiên Huế.

Tốt nghiệp trường ĐH Kỹ thuật – ĐH Đà Nẵng năm 1998 chuyên ngành CNTT. Nhận bằng Thạc sỹ CNTT năm 2002 tại trường ĐH Bách khoa Hà Nội. Đang nghiên cứu sinh tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Hiện công tác tại Trường Cao đẳng Công nghiệp Huế.

Hướng nghiên cứu chính: Mạng máy tính, Đánh giá hiệu năng mạng, công nghệ mạng thế hệ mới, công nghệ mạng không dây.

Điện thoại: 0983065955

Email: ctcuong@hueic.edu.vn

NGUYỄN THÚC HẢI

Sinh năm 1946 tại Thừa Thiên Huế.

Tốt nghiệp Đại học Xây dựng năm 1969, Đại học Tổng hợp toán năm 1970. Nhận bằng Thạc sỹ và Tiến sỹ năm 1984 và 1987 tại Đại học Paris, Cộng hòa Pháp. Được phong chức danh Giáo sư năm 2002.

Hiện công tác tại Viện CNTT&TT, trường ĐH Bách khoa Hà Nội.

Hướng nghiên cứu chính: Mạng máy tính, hệ phân tán và tính toán di động, công nghệ mạng thế hệ mới.

Điện thoại: 0904188745

Email: haint@soict.hut.edu.vn

VÕ THANH TÚ

Sinh ngày 27/11/1965 tại Thừa Thiên Huế.

Tốt nghiệp trường ĐH Tổng hợp Huế chuyên ngành Vật lý Điện tử năm 1987. Nhận bằng Thạc sỹ CNTT năm 1998 tại trường ĐH Bách khoa Hà Nội. Nhận bằng Tiến sỹ tại Viện CNTT năm 2005. Được phong chức danh Phó Giáo sư năm 2012.

Hiện công tác tại Trường ĐH Khoa học, ĐH Huế.

Hướng nghiên cứu chính: mạng máy tính, đánh giá hiệu năng mạng, đảm bảo toán học cho máy tính, công nghệ mạng thế hệ mới.

Điện thoại: 0903572367

Email: vttu@hueuni.edu.vn