

AERS - MỘT THUẬT TOÁN ĐỊNH TUYẾN TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG CHO MẠNG DI ĐỘNG TÙY BIẾN

NCS.ThS. Đào Mạnh Linh, NCS.ThS. Vi Hoài Nam, TS. Vũ Khánh Quý

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Tác giả liên hệ: daomanhlinh@utehy.edu.vn

Ngày nhận: 10/3/2023

Ngày nhận bản sửa: 15/3/2023

Ngày duyệt đăng: 23/3/2023

Tóm tắt

Định tuyến là vấn đề chính trong mạng Di động tùy biến (DĐTĐ). Do đặc tính di động của các nút trong mạng DĐTĐ, việc thiết kế các giao thức định tuyến hiệu quả nhằm giảm trễ, đảm bảo chất lượng dịch vụ cũng như tiết kiệm năng lượng là một vấn đề thách thức đối với các nhà nghiên cứu. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một thuật toán định tuyến tiết kiệm năng lượng, dựa trên kỹ thuật mở rộng vòng tìm kiếm để giảm tối đa việc phát chuyển tiếp các gói tin quảng bá tìm đường không cần thiết. Kết quả thực nghiệm cho thấy, năng lượng toàn hệ thống được tiết kiệm đáng kể so với các giao thức truyền thống trong các mạng có kích thước lớn.

Từ khóa: DĐTĐ, Routing Protocol, AODV.

AERS - An Energy - Efficient Routing Algorithm for Ad-hoc Mobile Networks

M.A. Dao Manh Linh, M.A. Vi Hoai Nam, Dr. Vu Khanh Quy

Hung Yen University of Technology and Education

Corresponding author: daomanhlinh@utehy.edu.vn

Abstract

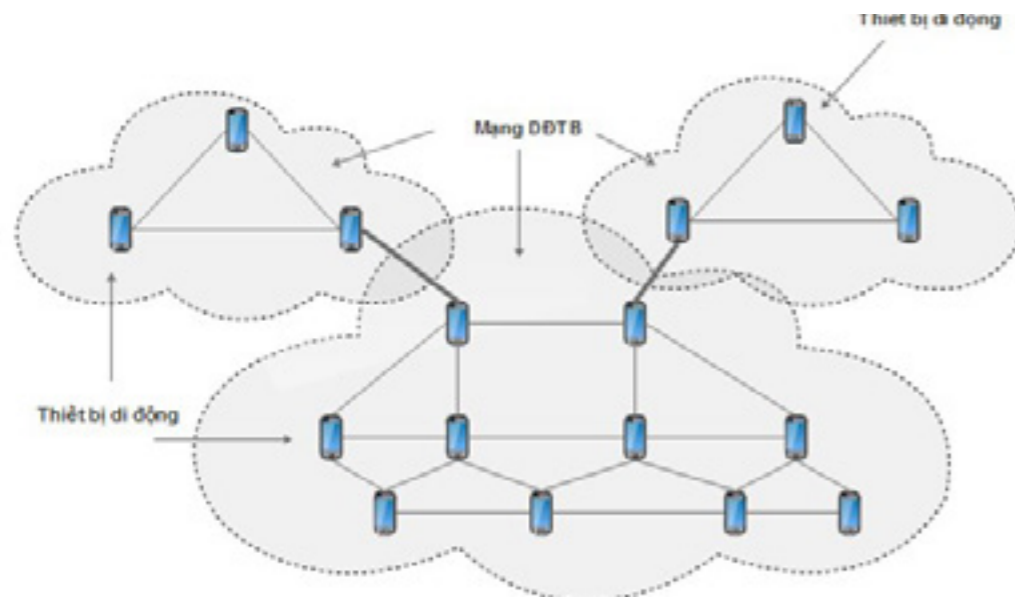
Routing is the key issue that coins mobile ad-hoc network. Researchers are challenged by the free-to-move characteristics of the nodes in the mobile ad-hoc network with the aim to design the routing protocols that help minimize route acquisition delay, ensure service quality and save energy consumption. This paper proposes an energy efficient routing algorithm on the base of expanding ring search to minimize forwarding unnecessary route-tracking marketing data for other nodes. Findings revealed from experimental studies the remarkable saving amount of energy by compared with those consumed by traditional protocol in large-sized network.

Keywords: Ad-hoc network, routing Protocol, AODV.

1. Giới thiệu

Mạng DĐTĐ là một tập hợp các thiết bị di động có khả năng tự thiết lập các thông số để kết nối, trao đổi dữ liệu một cách hiệu quả mà không dựa vào các trạm cơ sở. Mặc dù bị giới hạn trong khả năng và năng lực, các mạng DĐTĐ đã chứng minh được ưu điểm vượt trội trong việc

truyền thông tin liên lạc với cơ sở hạ tầng linh hoạt, chúng hứa hẹn một đóng góp quan trọng vào sự phát triển tương lai của Internet như trình bày trong Hình 1 [1].



Hình 1. Mô hình kiến trúc mạng Di động tùy biến (DĐTĐ)

Định tuyến là vấn đề chính trong mạng DĐTĐ, do kiến trúc mạng có tính động mạnh và phân tán. Trong những năm qua, đã có nhiều nghiên cứu về vấn đề này [2-6], tuy nhiên, các nghiên cứu đề xuất thường chỉ áp dụng cho một hệ thống hoặc kiến trúc cụ thể, do vậy, thiết kế các giao thức định tuyến để nâng cao hiệu năng luôn là vấn đề cấp thiết.

Trong mạng DĐTĐ, các giao thức định tuyến có thể được phân lớp theo phương thức định tuyến hoặc theo kiến trúc mạng. Dựa theo kiến trúc mạng, các giao thức được phân thành định tuyến phẳng, định tuyến phân cấp và định tuyến dựa vào vị trí địa lý. Dựa theo phương thức, các giao thức được phân thành định tuyến chủ động và định tuyến theo yêu cầu. Nghiên cứu [7] cho thấy, trong mạng DĐTĐ, các giao thức định tuyến theo yêu cầu tiết kiệm năng lượng và phù hợp với môi trường mạng hơn các giao thức định tuyến chủ động. Hai giao thức định tuyến theo yêu cầu tiêu biểu là AODV và DSR được IETF đề xuất áp dụng cho mạng DĐTĐ. Để tìm đường đi từ nút nguồn đến nút đích trong mạng DĐTĐ, các giao thức định tuyến theo yêu cầu sử dụng kỹ thuật

mở rộng vòng tìm kiếm ERS (Expanding Ring Search) [8; 9], trong đó, nút nguồn phát gói tin quảng bá RREQ đến các vòng tìm kiếm ngày càng lớn hơn nếu chưa tìm được đường đi đến nút đích. Quá trình này có thể gây tiêu hao nhiều năng lượng của hệ thống.

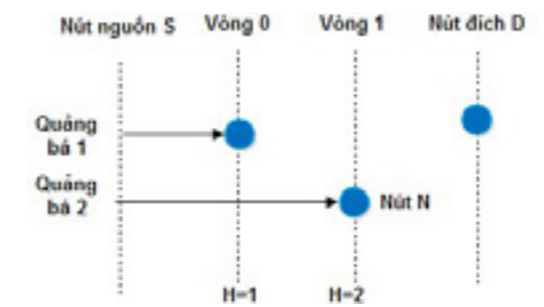
Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một kỹ thuật điều khiển phát gói tin quảng bá RREQ, cải tiến từ kỹ thuật ERS nhằm mục đích tiết kiệm năng lượng toàn hệ thống.

Cấu trúc bài cáo được bố trí như sau, trong phần 2, chúng tôi trình bày kỹ thuật mở rộng vòng tìm kiếm, phần 3, mô tả thuật toán đề xuất, phần 4, chúng tôi thực hiện phân tích hiệu quả năng lượng của thuật toán đề xuất và phần 5 là kết luận.

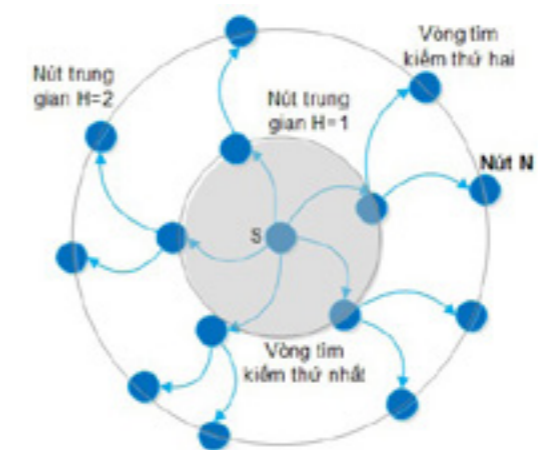
2. Phân tích kỹ thuật mở rộng vòng tìm kiếm

Để ngăn chặn việc không cần thiết gửi quảng bá gói tin RREQ ra toàn mạng trong quá trình tìm đường, các giao thức định tuyến theo yêu cầu trong mạng DĐTĐ như AODV hay DSR sử dụng kỹ thuật mở rộng vòng tìm kiếm ERS. Trong phần này, chúng tôi đi sâu phân tích kỹ thuật ERS.

Tại tiến trình xác định tuyến đường từ nguồn đến đích, nút nguồn phát quảng bá gói tin RREQ đến các nút trung gian, nút trung gian có nhiệm vụ chuyển tiếp gói tin đến các nút lân cận khác cho đến khi tìm được một tuyến đường đến nút đích. Để hạn chế việc gửi quảng bá gói tin tìm đường RREQ ra toàn mạng một cách không cần thiết, các giao thức định tuyến theo yêu cầu sử dụng kỹ thuật ERS. Hình 2 thể hiện tiến trình tìm kiếm tuyến đường thông qua kỹ thuật ERS.



(a)



(b)

Hình 2. Kỹ thuật mở rộng vòng tìm kiếm ERS dựa trên TTL (a) (b)

Trong Hình 2, nút nguồn S sử dụng kỹ thuật ERS truyền quảng bá gói tin RREQ để tìm tuyến đường đến nút đích D. Tại vòng tìm kiếm đầu tiên, S có 5 nút lân cận

với số chặng là 1, gói RREQ được gửi đến 5 nút này, sau một khoảng thời gian RTT, do S không nhận được thông tin về tuyến đường, S thực hiện gửi quảng bá lại gói tin RREQ với số chặng tăng lên 1 đơn vị. Lúc này, các nút trong vòng 1 nhận được gói tin RREQ sẽ tiếp tục gửi quảng bá đến vòng tìm kiếm thứ 2. Tại vòng tìm kiếm thứ 2, N là nút có thông tin về tuyến đường đến nút đích. Do đó, N gửi định danh gói tin RREP về nút nguồn S. Tiến trình truyền dữ liệu giữa nút nguồn S và nút đích D bắt đầu được thiết lập.

Trong kỹ thuật này, nút nguồn khởi tạo giá trị thời gian bắt đầu (TTL) và thời gian hết hạn nhận gói tin RREP (RTT) trong phần mào đầu của gói tin RREQ. Nếu quá thời hạn RTT mà không có tuyến đường nào được tìm thấy, nút nguồn sẽ gửi quảng bá lại gói tin RREQ đến vòng tròn tìm kiếm lớn hơn bằng cách tăng giá trị TTL. Tiến trình tăng TTL được lặp lại cho đến khi TTL vượt tới một ngưỡng nhất định tức RREQ được quảng bá ra toàn bộ mạng.

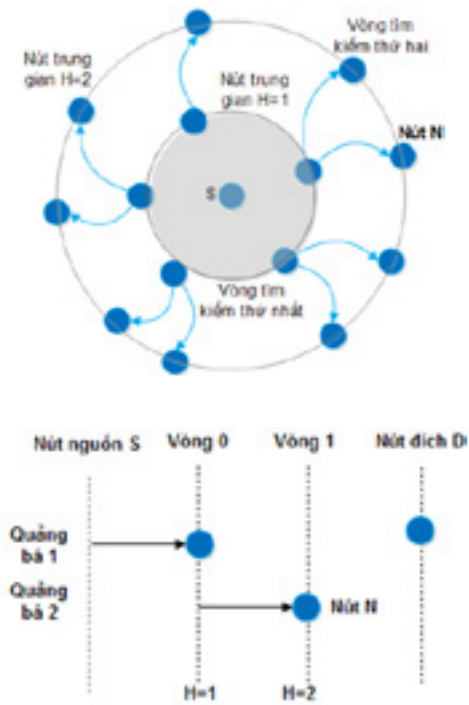
Thủ tục khám phá tuyến đường sẽ được lặp lại cho đến khi gói RREQ được gửi đến toàn bộ các nút trong mạng hoặc cho đến khi nút nguồn nhận được tuyến đường cần tìm. Việc thực hiện tiến trình tìm kiếm bằng cách thay đổi thông số TTL để mở rộng vòng tròn tìm kiếm bắt đầu từ nút nguồn có thể gây ra tình trạng quá tải và tiêu thụ nhiều tài nguyên hệ thống, đặc biệt trong các mạng có kích thước lớn.

3. Mô tả lược đồ đề xuất

Nhằm cải thiện mức tiêu thụ năng lượng bằng cách cải tiến cơ chế gửi gói tin quảng bá RREQ từ ERS. Thay vì sử dụng số tuần tự TTL, lược đồ của chúng tôi (được đặt tên là AERS) sử dụng một gói tin điều khiển kết thúc tiến trình (END) và một giá trị số chặng H.

Tiến trình khám phá tuyến đường của AERS tương tự như ERS, một điểm khác,

với mỗi vòng tìm kiếm tiếp theo, AERS không thực hiện thủ tục gửi lại các gói tin quảng bá từ nút nguồn S mà tiến trình gửi quảng bá RREQ được khởi tạo tại các nút trung gian. Mỗi nút trung gian sẽ đóng vai trò như một nút nguồn S và thực hiện công việc quảng bá đến vòng tìm kiếm tiếp theo.



Hình 3. Kỹ thuật mở rộng vòng tìm kiếm đề xuất (AERS) (a) (b)

Trong Hình 3, nút nguồn quảng bá một gói tin RREQ bao gồm thông tin về số chặng H, có giá trị khởi tạo bằng 1. Các nút lân cận nằm trong vòng đầu tiên sẽ nhận được gói tin RREQ với H=1 và vòng tìm kiếm đầu tiên được thiết lập. Nếu không có tuyến đường nào được tìm thấy, sau một khoảng thời gian chờ T, các nút trên vòng 1 tiếp tục thực hiện việc quảng bá gói RREQ với chỉ số chặng H tăng lên (H=2), vòng tìm kiếm tiếp tục được mở rộng như kỹ thuật ERS. Thời gian chờ T được xác định như sau:

$$T = 2 \times Hoptime \quad (1)$$

Trong đó, Hoptime: là khoảng thời gian gói tin được gửi trong một chặng.

Vòng tìm thứ 2 được thiết lập sau khi không có tuyến đường nào trả về sau khoảng thời gian T. Nút N, thuộc vòng tìm kiếm thứ 2, có tuyến đường đến nút đích. Do vậy, nút N gửi định danh gói tin RREP về nút nguồn.

Khi nguồn S nhận được gói tin RREP thông báo một tuyến đường đã được tìm thấy, vì vậy, tiến trình quảng bá RREQ phải được dừng lại. S thực hiện phát quảng bá gói tin END theo kỹ thuật ERS dựa trên TTL đến tất cả các nút cùng chặng với gói tin trả về gói RREP đầu tiên.

Trong AERS, để giới hạn việc phát quảng bá gói tin RREQ trong trường hợp không có tuyến đường nào được tìm thấy, nút nguồn chèn thêm một thông tin hành trình lớn nhất (H_{max}) vào trong phần mào đầu gói tin RREQ. Khi một nút trung gian nhận được gói tin RREQ, nút này thực hiện so sánh giá trị H và H_{max} , nếu $H > H_{max}$, gói tin RREQ ngay lập tức bị loại bỏ.

4. Đánh giá hiệu quả tiết kiệm năng lượng
4.1. Phân tích hiệu quả tiết kiệm năng lượng

Đối với kỹ thuật AERS, năng lượng tiêu thụ trong suốt quá trình khám phá tuyến đường có thể được xem là tổng năng lượng tiêu thụ của ba trạng thái:

- (1). Tìm kiếm nút có thông tin về tuyến đường, ký hiệu là $AERS_{Energy1}$;
- (2). Gửi định danh gói tin RREP về nút nguồn, ký hiệu là $AERS_{Energy2}$;
- (3). Gửi gói tin yêu cầu kết thúc tiến trình tìm đường END, ký hiệu là $AERS_{Energy3}$.

Với kỹ thuật ERS, năng lượng tiêu thụ trong suốt quá trình khám phá tuyến đường có thể được xem là tổng năng lượng tiêu thụ của hai trạng thái:

- (1). Tìm kiếm nút có thông tin về tuyến đường, ký hiệu là $ERS_{Energy1}$;
 - (2). Gửi định danh gói tin RREP về nút nguồn, ký hiệu là $ERS_{Energy2}$.
- Ký hiệu:
 H_i là số chặng từ nút nguồn đến nút đích;

n_i là số nút tại vòng tìm kiếm thứ i ($i=1, 2, \dots, H_r-1$).

Giả thiết, phần năng lượng tiêu thụ trên mỗi nút khi gửi gói tin quảng bá hoặc định danh như RREQ, RREP và END tiêu thụ một mức năng lượng như nhau, gọi là 1 đơn vị năng lượng, ký hiệu là 1 ĐV. Rõ ràng, tiến trình trả gói tin RREP đến nút nguồn là như nhau trong cả hai kỹ thuật, do đó, mức tiêu thụ năng lượng trong trạng thái (2) đối với cả hai kỹ thuật là

ERS		AERS	
Vòng	Năng lượng tiêu thụ	Vòng	Năng lượng tiêu thụ
0	1	0	1
1	$1+n_1$	1	n_1
2	$1+n_1+n_2$	2	n_2
...		...	
H_r-1	$1+n_1+n_2+\dots+n_{H_r-1}$	H_r-1	n_{H_r-1}

Rõ ràng, chúng ta có thể thiết lập công thức toán học cho mức tiêu thụ trong trạng thái 1 của hai kỹ thuật trên như sau:

$$ERS_{Energy1} = H_r + \sum_{i=1}^{H_r-1} \sum_{j=1}^i n_j \quad (3)$$

$$BERS_{Energy1} = 1 + \sum_{i=1}^{H_r-1} n_i \quad (4)$$

Trong đó, n_j là số nút có chứa tuyến đường đến nút đích tại vòng tìm kiếm thứ j.

Tại trạng thái 3, của kỹ thuật AERS, nút nguồn sẽ quảng bá gói tin END đến toàn bộ mạng với điều kiện số chặng nhỏ hơn H_r theo phương thức ERS dựa trên TTL, do vậy, công thức tiêu thụ năng lượng được xác định như sau:

$$AERS_{Energy3} = 1 + \sum_{i=1}^{H_r-1} n_i \quad (5)$$

Theo đó, năng lượng tiêu thụ trong suốt quá trình khám phá tuyến đường của mỗi kỹ thuật được xác định theo công thức sau:

như nhau và được tính theo công thức sau:

$$ERS_{Energy2} = AERS_{Energy2} = n_r \times H_r \quad (2)$$

Trong đó, n_r là số nút có chứa tuyến đường đến nút nguồn tại vòng tìm kiếm thứ r.

Tại trạng thái (1), mức tiêu thụ năng lượng được tính như bảng sau:

$$ERS_{Energy} = H_r + \sum_{i=1}^{H_r-1} \sum_{j=1}^i n_j + n_r \times H_r \quad (6)$$

$$AERS_{Energy} = 2x(1 + \sum_{i=1}^{H_r-1} n_i) + n_r \times H_r \quad (7)$$

$$E_{Tiết\ kiệm} = H_r - 2 + \sum_{i=1}^{H_r-1} (\sum_{j=1}^i n_j) - 2n_r \quad (8)$$

Công thức (8) đại diện cho mức năng lượng tiết kiệm trong tiến trình thực hiện tìm kiếm một con đường khi sử dụng kỹ thuật AERS.

Rõ ràng, công thức (8) cho thấy, một mạng ĐĐT với số nút và số chặng thấp sẽ không có hiệu quả trong việc tiết kiệm năng lượng ($E_{Tiết\ kiệm} \leq 0$) đồng nghĩa với việc nên sử dụng kỹ thuật ERS, ngược lại, khi số chặng và số nút mạng tăng cao ($E_{Tiết\ kiệm} > 0$) thì kỹ thuật AERS cho hiệu quả tiết kiệm năng lượng một cách rõ rệt.

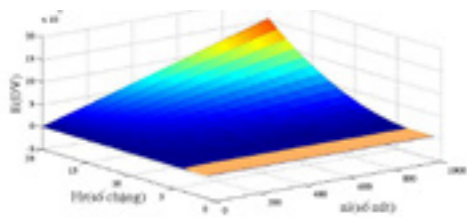
4.2. Kích bản mô phỏng

Để thấy rõ mối quan hệ giữa mức năng lượng tiết kiệm được; số nút trên mỗi vòng (mật độ nút) và số chặng (kích thước của mạng), chúng tôi sử dụng phần mềm MATLAB phiên bản 8.5 để biểu

diễn mô phỏng công thức (8) trên đồ thị 3D.

Trong đó: trục X thể hiện số nút;
trục Y thể hiện số chặng;
trục Z thể hiện mức năng lượng tiết kiệm được.

Công thức (8) cho thấy, với một mạng nhỏ có số nút ít sẽ cho $E_{\text{Tiết kiệm}} < 0$, để làm rõ điều này, chúng tôi vẽ một mặt cắt $E_0 = 0$ (màu vàng nhạt) để loại bỏ các điểm có $E_{\text{Tiết kiệm}} < 0$. Kết quả mô phỏng được thể hiện trong Hình 4.



Hình 4. Mối quan hệ giữa mật độ và kích thước mạng với mức năng lượng tiết kiệm khi sử dụng kỹ thuật AERS

Kết quả mô phỏng trong Hình 4 cho thấy, các mạng DĐTB có số chặng $H_r > 7$ và Số nút mạng > 100 sẽ cho kết quả;

$E_{\text{Tiết kiệm}} > 0$, đồng thời $E_{\text{Tiết kiệm}}$ tăng nhanh khi số chặng và số nút của mạng tăng.

Tài liệu tham khảo

- [1]. F. Boccardi et al., “Five Disruptive Technology Directions for 5G,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 2, 2014, pp. 74–80.
- [2]. Cung Trong Cuong, Nguyen Thuc Hai, Võ Thanh Tú, “Một thuật toán cải tiến sử dụng tác tử di động nâng cao hiệu quả giao thức định tuyến AODV”, *Tạp chí Nghiên cứu, phát triển và ứng dụng CNTT-TT*, Tập V-1, Số 11, trang 51-57, tháng 6, 2014.
- [3]. Ishizuka et al., “A Mobile Agent Creation Mechanism for Service Collection and Dissemination in Heterogeneous MANETs”, *Networking and Computing (ICNC) International Conference, Okinawa, Publisher by IEEE*, pp. 321 – 322, 2012.
- [4]. Hashimoto et al., “Evaluation of Mobile Agent-Based Service Dissemination Schemes in MANETs”, *ICNC International Conference, Osaka, Publisher by IEEE*, pp. 257 - 260, 2011.
- [5]. Dasgupta et al., “Network Modelling of a Blackhole Prevention Mechanism in Mobile Ad-hoc Network”, *CICN International Conference, Publisher by IEEE*, pp. 734 - 738, 2012.
- [6]. RA Mallah et al., “A Light-weight Service Discovery Protocol for Ad-hoc Network”, *Computer Science*, Vol.5, pp. 330-337, 2009.
- [7]. T. Silva and A. Arsenio, “A Survey on Energy Efficiency for the Future Internet,” *J. Computer and Communication Engineering*, vol. 2, no. 5, 2013, pp. 589–595.
- [8]. “<https://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>”, accepted 16/1/2023.
- [9]. RFC4728, “<https://www.ietf.org/rfc/rfc4728.txt>”, accepted 16/1/2023.

Rõ ràng, $E_{\text{Tiết kiệm}}$ của hệ thống tỉ lệ thuận với kích thước và mật độ của mạng. Hiệu quả năng lượng tăng nhanh khi mạng có kích thước lớn và mật độ phân bố dày đặc.

5. Kết luận

Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một kỹ thuật cải tiến cơ chế phát gói tin quảng bá RREQ trong tiến trình tìm đường đi từ nút nguồn đến nút đích của mạng DĐTB. Cơ chế đề xuất của chúng tôi đặc biệt có hiệu quả trong các mạng có kích thước lớn và mật độ nút dày đặc. Để làm rõ hiệu quả của việc tiết kiệm năng lượng, chúng tôi thực hiện một mô phỏng trên MATLAB. Kết quả mô phỏng cho thấy, hiệu quả tiết kiệm năng lượng bởi kỹ thuật đề xuất của chúng tôi phù hợp với các mạng DĐTB có kích thước (số chặng $H_r > 7$ và số nút mạng > 100).

Tuy nhiên, vấn đề đánh giá hiệu năng về thời gian trễ, thông lượng và tỉ lệ phân phối gói tin khi định tuyến dựa trên kỹ thuật đề xuất chưa được chúng tôi xem xét trong nghiên cứu này. Trong thời gian tiếp theo, chúng tôi sẽ tập trung vào việc đề xuất các giao thức định tuyến cải thiện hiệu năng cho mạng DĐTB thế hệ mới.