



## ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT MỘT SỐ GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN ĐIỂN HÌNH CHO MẠNG VÔ TUYẾN THÔNG MINH TỰ BIẾN

Vũ Khánh Quý<sup>1</sup>, Nguyễn Đình Hân<sup>1</sup>, Nguyễn Tiến Ban<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

<sup>2</sup> Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Ngày nhận: 02/5/2016

Ngày sửa chữa: 26/5/2016

Ngày xét duyệt: 15/6/2016

### Tóm tắt:

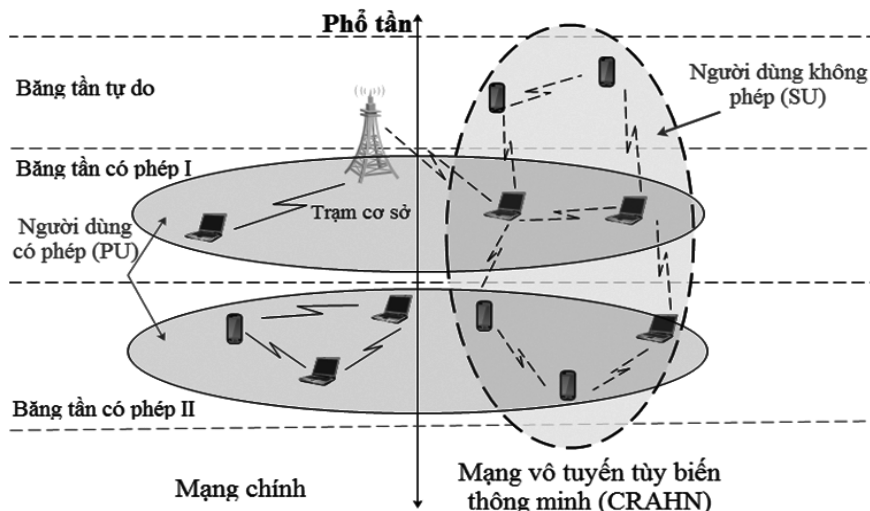
Các mạng vô tuyến thông minh tự biến ngày càng đóng vai trò quan trọng trong truyền thông vì chúng sử dụng tiết kiệm và hiệu quả tài nguyên phổ. Ngoài những khả năng của mạng vô tuyến truyền thống, mạng vô tuyến thông minh tự biến còn có những khả năng đặc biệt để thích nghi với môi trường và một số điều kiện ràng buộc trong quá trình hoạt động. Chẳng hạn, khả năng cảm biến khe phổ trống trong môi trường vô tuyến biến đổi rất mạnh theo cả không gian và thời gian, khả năng phối hợp hoạt động của các nút mạng thứ cấp để giảm thiểu ảnh hưởng tới mạng chính, v.v. Nhiều khả năng mới và nhất là khả năng ứng dụng của mạng vô tuyến thông minh tự biến vẫn đang được tiếp tục nghiên cứu. Gần đây, các giao thức định tuyến cho mạng vô tuyến thông minh tự biến đã được đề xuất và không ngừng được cải tiến. Trong bài báo này, chúng tôi khảo sát và đánh giá hiệu suất hoạt động của một số giao thức định tuyến điển hình cho mạng vô tuyến thông minh tự biến. Chúng tôi cũng so sánh các giao thức được khảo sát thông qua những thông số kỹ thuật cơ bản. Kết quả thực nghiệm cùng với phân tích chi tiết trong bài báo sẽ cung cấp cơ sở để lựa chọn và sử dụng giao thức định tuyến phù hợp với đặc điểm của mạng vô tuyến thông minh tự biến.

**Từ khóa:** CRAHN, AODV, DSR.

### 1. Giới thiệu

Cùng với sự phát triển của mạng vô tuyến, các báo cáo mới nhất của FCC (Federal Communications Commission) [1] cho thấy chính sách đăng ký và phân phối phổ cố định đang trở nên không hiệu quả trong hệ thống thông tin vô tuyến ngày nay. Phổ tần có thể được sử dụng hiệu quả hơn bằng cách cho phép người sử dụng không có giấy phép SU (Secondary Users) truy cập và sử dụng trong khoảng thời gian người dùng được cấp phép

PU (Primary Users) không sử dụng. Mạng vô tuyến thông minh/nhận thức tự biến CRAHN (Cognitive Radio Ad-Hoc Network) là một tập hợp các thiết bị có khả năng hoạt động và chuyển đổi trên các kênh (băng tần) khác nhau trong môi trường truy cập phổ động dựa trên phương pháp cảm nhận hoạt động các băng tần được cấp phép. Dựa trên cảm nhận này, các SU sẽ tận dụng cơ hội sử dụng các khe phổ còn trống mà không gây ảnh hưởng đến PU. Hình 1, giới thiệu kiến trúc mạng vô tuyến thông minh tự biến.



Hình 1. Kiến trúc mạng CRAHN

Mặc dù ưu điểm tái sử dụng phổ tần trong mạng CRAHN là rất rõ ràng và mang một giá trị to lớn cả trong thực tiễn và lý thuyết khi tài nguyên phổ tần ngày càng cạn kiệt. Tuy nhiên, việc truyền thông trong mạng phải đảm bảo không gây ảnh hưởng đến PU. Điều này yêu cầu các thiết bị trong mạng phải liên tục giám sát, cảm nhận hoạt động của phổ tần.

Trong thực tế, mạng CRAHN được thiết lập và hoạt động bằng cách sử dụng các khe phổ trống dựa trên dải tần đã được đăng ký và sử dụng bởi các PU. Do đó, nhiệm vụ tìm kiếm, lựa chọn và thiết lập tuyến đường (kênh, nút mạng) thích hợp để truyền dữ liệu từ nút nguồn đến nút đích trong môi trường truy cập phổ động là một thách thức cần giải quyết.

Trong bài báo này, chúng tôi thực hiện khảo sát các giao thức định tuyến được đề xuất áp dụng

cho CRAHN. Phần còn lại của bài viết được tổ chức như sau. Trong Mục 2, chúng tôi phân tích vấn đề định tuyến trong mạng CRAHN. Mục 3 thực hiện đánh giá và phân tích hiệu suất một số giao thức định tuyến. Mục 4 là phần kết luận.

## 2. Định tuyến trong mạng CRAHN

Mạng CRAHN không chứa bất kỳ cơ sở hạ tầng cố định hoặc các thực thể trung tâm [2], do vậy, các SU phải hợp tác với nhau một cách tùy biến để trao đổi và thu nhận các thông tin cần thiết như kiến trúc mạng và sự hiện diện của các PU phục vụ cho quá trình định tuyến. Như vậy, các giao thức định tuyến phải thỏa mãn yêu cầu của cả hai kiểu mạng: mạng vô tuyến thông minh và mạng vô tuyến tùy biến (Xem Hình 2).



Hình 2. Các tiêu chí của giao thức định tuyến trong mạng CRAHN

Vấn đề chính của truyền thông trong mạng CRAHN là các SU phải tránh cản trở quá trình truyền của PU. Vì vậy, cần thiết lựa chọn tuyến đường thỏa mãn cả hai vấn đề, tránh PU và thiết lập giao tiếp đầu cuối giữa các SU. Trong [3], một lược đồ tránh PU được xen vào trong thủ tục thiết lập tuyến đường. Có hai thời điểm quan trọng khi SU phải lựa chọn kênh phù hợp: tại thời điểm bắt đầu truyền dữ liệu và thời điểm thực hiện sửa tuyến đường. Thông tin về kênh thu được từ cơ chế cảm biến phổ diễn ra ở lớp vật lý hoặc tại cơ sở dữ liệu về phổ được lưu trữ tại mỗi nút SU. Đây là một thông tin quan trọng để xác định tuyến đường. Một số phương pháp cảm biến phổ thông minh tại lớp vật lý đã được nghiên cứu trong [3-8].

Các nút di động trong mạng CRAHN sử dụng tài nguyên phổ (kênh/tần số) biến đổi theo cả hai miền: thời gian và không gian, do đó, yêu cầu thông tin cảm biến phổ trả về trong thời gian thực có thể là vấn đề đầy thách thức. Như vậy, thủ tục phổ động hiệu quả cần được nghiên cứu khi thiết kế các giao thức định tuyến cho mạng CRAHN.

Trong môi trường CRAHN, tập các băng tần hỗ trợ giữa các nút liên tục thay đổi. Như vậy, xác định một số kênh làm kênh điều khiển chung là một đòi hỏi cần thực hiện. Bên cạnh đó phải giải quyết vấn đề quản lý kênh, thiết kế giao thức định tuyến cho CRAHN không nên giả định liên kết hai chiều. Các liên kết đơn hướng xảy ra bởi vì các nút khác nhau có thể có các vùng truyền khác nhau.

Ngoài các vấn đề nêu trên, một giao thức định tuyến cho CRAHN vẫn yêu cầu các tiêu chí như giao thức mạng truyền thống. Các yêu cầu này bao gồm hiệu suất năng lượng, chất lượng dịch vụ (QoS) và đảm bảo an toàn thông tin. Đặc biệt tại các nút di động, vấn đề tiết kiệm năng lượng là đặc biệt quan trọng. Một nỗ lực để giảm tiêu thụ năng lượng các nút sử dụng cơ chế định tuyến theo yêu cầu.

Trong mạng tùy biến di động, hai giao thức định tuyến tiêu biểu là AODV và DSR, trong một so sánh hiệu suất, AODV phân phối được trên 90% gói tin, còn hiệu năng của DSR đạt giá trị cao nhất với số lượng nút nhỏ và giảm dần khi kích thước mạng tăng lên [9]. Tuy nhiên, các giao thức này có hiệu

suất thấp khi áp dụng cho mạng CRAHN do môi trường mạng có tính động mạnh hơn, xuất phát từ các tình huống hoạt động/dừng của PU.

Do đó, cần đề xuất, nghiên cứu các giao thức nhằm thích hợp cho việc định tuyến trong môi trường phổ động mạnh của mạng CRAHN. Các giao thức được chúng tôi thống kê và đánh giá trong Bảng 1.

Bảng 1. *Đánh giá một số giao thức đề xuất áp dụng trong mạng CRAHN*

Giao thức	Mục tiêu
SOP[3] và DORP[4]	Cải thiện trễ tích lũy, tuy nhiên hiệu suất thấp do chưa đề xuất phương án giảm ảnh hưởng nhiều lên PU.
WHAT[5]	Lựa chọn tuyến đường tối ưu chính xác hơn do đưa thêm các tham số định tuyến.
SEARCH[6]	- Là một trong những giao thức đầu tiên tiệm cận giải quyết bài toán định tuyến trong CRAHN. - Dùng phương pháp lọc tiên đoán Kalman tìm tập hợp tuyến đường, kênh nhằm giảm nhiễu đến PU.

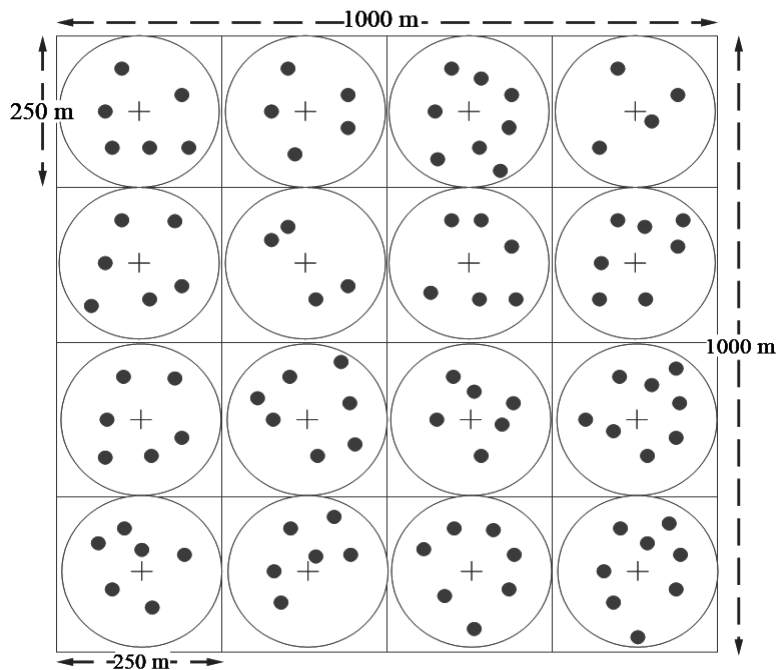
CRP[7]	- Hạn chế gây nhiễu lên PU do đưa thông tin nhiều vào chi phí tìm đường. Đảm bảo quá trình truyền thông của các SU sẽ ít gây ảnh hưởng nhất đến các PU.
End-To-End Protocol[8]	Mô hình hóa và xây dựng các thử nghiệm mở rộng để có thể mô phỏng hoạt động của CRAHN trên NS2.

### 3. Đánh giá hiệu năng

Trong phần này, chúng tôi tiến hành phân tích và đánh giá hiệu suất của một số giao thức định tuyến điển hình, mới được đề xuất áp dụng cho mạng CRAHN là SOP [5], CRP [9] và End-to-End [10] trên phần mềm mô phỏng mạng NS2.

#### 3.1. Kịch bản mô phỏng

Chúng tôi sử dụng kiến trúc mạng như trong Hình 3, hệ thống được bố trí trong vùng [1000mx1000m], mỗi tế bào có đường kính 250m; vùng phát sóng của mỗi PU là 100m; vùng phát sóng của mỗi SU từ 50-100m. Tổng cộng 100 SU được bố trí ngẫu nhiên trong toàn vùng và 20 nút PU được bố trí tại trung tâm của mỗi tế bào. Chúng tôi sử dụng giao thức 802.11b để truyền dữ liệu với kích thước mỗi gói tin là 1000 byte tại vận tốc 11Mbit/giây.



Hình 3. *Kiến trúc sử dụng đánh giá hiệu năng*

Chúng tôi đánh giá hiệu năng mỗi giao thức dựa trên thời gian trễ, thông lượng, độ dài đường đi (số chặng) trung bình khi khoảng cách giữa nút

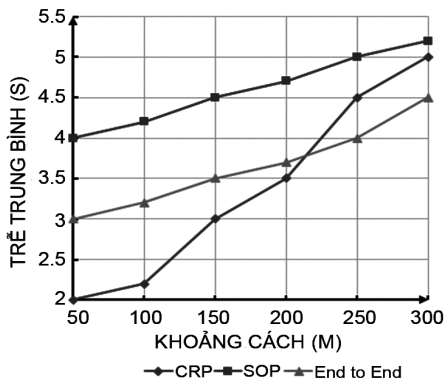
nguồn và đích thay đổi. Các tham số mô phỏng hệ thống được tóm tắt trong Bảng 2.

Bảng 2. Các tham số mô phỏng hệ thống

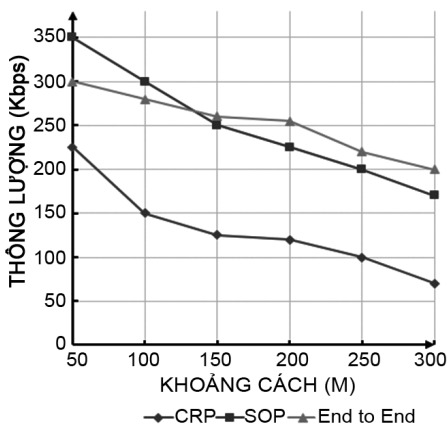
Tham số	Giá trị
Giao thức	SOP [5], CRP [9], End-to-End [10]
Thời gian mô phỏng	600s
Số nút PU	20
Số nút SU	100
Vùng mô phỏng	1000 m x 1000 m
Tốc độ di chuyển	5 m/s
Các điểm (khoảng cách) dừng đo	50, 100, 150, 200, 250, 300
Kiểu kết nối	TCP
Mô hình di động	Ngẫu nhiên
Phần mềm mô phỏng	NS 2.34

### 3.2. Kết quả mô phỏng và phân tích

Hình 4 trình bày các kết quả mô phỏng, trong Hình 4a, chúng tôi nhận thấy trễ của End-to-End thấp khi khoảng cách giữa nút nguồn và nút đích ngắn, khi khoảng cách này tăng lên đến 200m, trễ của CRP có xu hướng thấp hơn so với hai giao thức còn lại.

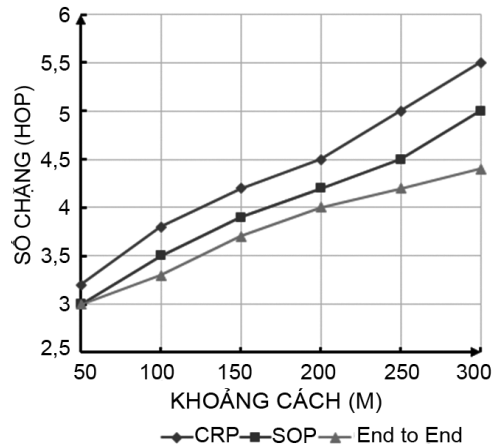


Hình 4a. Mối quan hệ giữa Trễ trung bình và khoảng cách giữa các nút



Hình 4b. Mối quan hệ giữa Thông lượng và khoảng cách giữa các nút

Hình 4b thể hiện mối quan hệ giữa thông lượng của tuyến và khoảng cách giữa hai nút nguồn và đích trong mạng CRAHN, kết quả mô phỏng cho thấy, SOP cho thông lượng cao nhất khi khoảng cách giữa nút nguồn và đích thấp hơn 150m, khi khoảng cách này tăng lên, End-to-End có xu hướng cho kết quả thông lượng tốt hơn hai giao thức còn lại.



Hình 4c. Mối quan hệ giữa Trễ trung bình và khoảng cách giữa các nút

Hình 4c thể hiện mối quan hệ giữa số chặng hay còn gọi là số nút mà gói tin phải đi qua từ nút nguồn đến nút đích. Theo kết quả mô phỏng, khi khoảng cách giữa nút nguồn và nút đích càng tăng thì số nút trung gian gói tin phải đi qua từ nút nguồn đến nút đích có xu hướng tăng lên. Điều này là hoàn toàn phù hợp với các tính toán lý thuyết. Trong các giao thức được đánh giá, giao thức End-to-End cho kết quả tốt nhất với số nút trung gian gói tin phải đi qua luôn thấp hơn trong tất cả các trường hợp.

## 4. Kết luận

Bài báo thực hiện khảo sát một số giao thức định tuyến trên môi trường mạng vô tuyến thông minh tùy biến. Các giao thức định tuyến theo yêu cầu như AODV và DSR là phù hợp với môi trường mạng di động tùy biến nhưng có hiệu suất thấp trong mạng CRAHN. Qua phân tích, chúng tôi nhận thấy AODV là phù hợp hơn DSR trong môi trường CRAHN. Thực hiện mô phỏng và đánh giá hiệu năng một số giao thức cải tiến dựa trên AODV gần đây được đề xuất áp dụng cho CRAHN, kết quả mô phỏng cho thấy, giao thức định tuyến End-to-End [10] cho thông lượng và trễ được cải thiện tốt nhất. Trong hướng nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi đề xuất sử dụng thông số tích lũy dự kiến thời gian truyền để tìm các tuyến đường có thông lượng đầu cuối cao trong mạng CRAHN.

## Tài liệu tham khảo

- [1]. Federal Communications Commission, “*Mobile Broadband: The Benefits of Additional Spectrum*”, 2010.
- [2]. IF Akyildiz, WY Lee, KR Chowdhury, “*CRAHN: Cognitive Radio Ad-hoc Networks*”, Ad Hoc Networks7, pp. 810–836, 2009.
- [3]. G Cheng, W Liu, Y Li, W Cheng, “*Spectrum Aware On-Demand Routing in Cognitive Radio Networks*”, IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, Dublin, 17-20, 2007.
- [4]. G Cheng, W Liu, Y Li, W Cheng, “*Joint On-Demand Routing and Spectrum Assignment in Cognitive Radio Networks*”, in Proceedings of the IEEE International Conference on Communications, Glasgow, 24–28 June 2007.
- [5]. J Chen, H Li, J Wu, “*WHAT: A Novel Routing Metric for Multi-Hop Cognitive Wireless Networks*”, in Proceedings of the 19th Annual Wireless and Optical Communications Conference, Shanghai, 14–15 May 2010.
- [6]. KR Chowdhury, MD Felice, “*SEARCH: A Routing Protocol for Mobile Cognitive Radio Ad-hoc Networks*”, Comput. Comm. 32, pp.1983-1997, 2009.
- [7]. K. R. Chowdhury and I. F. Akyildiz, “*CRP: A Routing Protocol for Cognitive Radio Ad-hoc Networks*”, IEEE, vol. 29, no. 4, pp. 794-804, 2011.
- [8]. Marco Di Felice, Kaushik Roy Chowdhury, Wooseong Kim, Andreas Kassler, Luciano Bononi, “*End-to-end protocols for Cognitive Radio Ad Hoc Networks: An Evaluation Study*”, Performance Evaluation 68, pp. 859–875, 2011.
- [9]. S Mittal, P Kaur, “*Performance Comparison of AODV, DSR and ZRP Routing Protocols in MANETs*”, in Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Control, and Telecommunication Technologies, Trivandrum, pp. 28-29, December 2009.

## PERFORMANCE EVALUATION OF POPULAR ROUTING PROTOCOLS FOR COGNITIVE RADIO AD HOC NETWORKS

**Abstract:**

*Cognitive radio ad hoc networks play an important role in wireless communications as they can use the existing wireless spectrum efficiently. Cognitive radio ad hoc networks possess all capabilities of the traditional wireless ad hoc networks, and are equipped with intrinsic capabilities such as the sensing ability to detect the time and location varying spectrum availability, and the cooperative working ability among cognitive users to minimize the bad effects to primary users. However, the low achievable performance of the networks may prevent them from being widely deployed. There are many works considering this issue. As a consequence, some routing protocols for cognitive radio ad hoc networks have been established. In this paper, we study some popular routing protocols proposed for cognitive radio ad hoc networks. We give the simulation results and analyses on the performance of these routing protocols in a comparable manner. It is our main contribution in this work.*

**Keywords:** CRAHN, AODV, DSR.