

## ĐỊNH TUYẾN QUẢNG BÁ TRONG MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY

Nguyễn Quốc Dũng<sup>(1)(2)</sup>, Nguyễn Thị Việt<sup>(1)</sup>

<sup>1</sup> Khoa Kỹ Thuật - Công Nghệ, Trường Đại học Hà Tĩnh

<sup>2</sup> Viện Điện tử - Công nghệ, Trường Đại học Hạ Môn, Trung Quốc

Ngày nhận bài 31/12/2020, ngày nhận đăng 29/3/2021

**Tóm tắt:** Mạng cảm biến không dây được quan tâm nghiên cứu và áp dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như công nghiệp, nông nghiệp, y tế, quân sự, giao thông. Quảng bá gói tin là một ứng dụng quan trọng của mạng cảm biến không dây. Bài báo phân tích, phân loại và đánh giá về một số phương pháp quảng bá gói tin trong mạng cảm biến không dây. Dựa vào phân tích, khảo sát các giao thức định tuyến quảng bá, bài báo đã xây dựng kịch bản mô phỏng trong công cụ mô phỏng mạng NS2 để đánh giá và so sánh hiệu suất của một số giao thức như EMBA, CEB và EENWB. Các kết quả này là cơ sở lý thuyết cho các nghiên cứu, đề xuất cải tiến nhằm cải thiện hiệu quả cho mạng cảm biến không dây.

**Từ khóa:** Mạng cảm biến không dây; quảng bá định tuyến; thông lượng.

### 1. Giới thiệu

Mạng cảm biến không dây (Wireless Sensor Network - WSN) bao gồm các nút cảm biến năng lượng thấp được triển khai trong một số môi trường để thực hiện một hoặc một số nhiệm vụ giám sát, đo lường, theo dõi. Chức năng chính của mạng cảm biến không dây chính là thông qua các cảm biến để tập hợp các thông tin xung quanh nó và gửi thông tin đến nút cơ sở (Base station) để xử lý [1-2]. Trong đó, ứng dụng quảng bá gói tin đã trở nên phổ biến và quan trọng, nhằm chuyển tiếp gói tin từ một hoặc một số nút đến các nút còn lại trong mạng [3]. Khi năng lượng của các nút cạn kiệt thường sẽ rất khó để cung cấp. Do đó, một trong những thách thức chính của WSN là tối ưu năng lượng trong quá trình hoạt động, xử lý thông tin [4]. Nghiên cứu về tối ưu năng lượng quảng bá, giảm gói tin phân phát, bảo đảm an toàn gói tin, bảo mật vị trí nút cảm biến trở thành những chủ đề nghiên cứu quan trọng ngày nay.

Trong mạng có dây khi một nút quảng bá gói tin thì chỉ một số nút liên kết đơn với nó nhận được gói tin. Ngược lại WSN, đồng thời tất cả các nút trong vùng phủ sóng của một nút sẽ nhận được gói tin. Dựa vào tính chất này mà phương thức quảng bá gói tin cổ điển phổ biến là dựa vào phát tràn (flooding), đây là phương thức rất đơn giản. Theo đó, khi một nút có thông tin quảng bá, nút sẽ gửi thông tin tới tất cả các nút hàng xóm của nó. Một nút hàng xóm lần đầu tiên nhận được gói tin sẽ tiếp tục chuyển tiếp gói tin đến các hàng xóm của nó. Điều này dẫn đến tất cả các nút đều tham gia vào quá trình quảng bá. Kết quả là phát tràn sẽ dư thừa thông tin, gói tin tranh chấp hay còn gọi là bão phát sóng. Vì vậy, đã có nhiều nghiên cứu nhằm tối ưu gói tin phân phát, giúp tăng hiệu quả quảng bá đã được nghiên cứu như cây định tuyến (convergecast), cây bao trùm (CDS) hoặc phân nhóm định tuyến (cluster-based). Cụ thể các phương thức sẽ được chúng tôi trình bày ở phần sau.

## 2. Kiến thức liên quan

### 2.1. Phân loại giao thức quảng bá trong mạng cảm biến không dây

Đã có nhiều đánh giá khảo sát các loại định tuyến quảng bá nhằm mục đích chỉ ra các ưu nhược điểm của chúng như trong [5-6]. Từ đó xem xét các nút cảm biến tham gia vào quá trình chuyển tiếp như thế nào, kết quả ra quyết định chuyển tiếp của mỗi phương pháp có tự nhiên, ngẫu nhiên, hiệu quả hay không. Từ các khảo sát, giao thức quảng bá có thể được phân loại như sau.

a. Phương pháp tập trung và phân tán (Centralized and distributed algorithms): Các giao thức dựa vào phương pháp tính toán để tiến hành phân loại. Phương thức tập trung thường dựa trên toàn bộ thông tin của mạng để có được kết quả tốt nhất. Nhưng trong phần lớn các ứng dụng cảm biến không dây, sử dụng toàn bộ thông tin về mạng để tiến hành tính toán là rất khó và tốn kém chi phí, thời gian. Do đó, thông thường các giao thức sử dụng phương thức phân tán để tiết kiệm chi phí, giảm thời gian và năng lượng...

b. Phương pháp cắt xén và không cắt xén (Based on tailoring and non - tailoring algorithms). Với phương pháp cắt xén, các nút cảm biến được tạo thành các cây bao trùm giúp giảm thiểu thời gian chuyển tiếp gói tin giữa các nút do chỉ sử dụng các nút trong cây bao trùm để chuyển tiếp gói tin. Do tập nút bao phủ có thể có được bằng nhiều cách thức, nên từ đó phương pháp này dễ dàng được thực hiện và có thể cùng với các phương pháp khác như tập thống trị để kết hợp nhằm tạo ra hiệu quả tốt nhất.

c. Phương pháp chỉ định (gán) nút hàng xóm và tự quyết định: Đây là phương pháp dựa vào tập nút hàng xóm để quyết định có tham gia vào quá trình chuyển tiếp hay không. Hoặc do tự nút quyết định có tham gia hay không. Đối với phương pháp tiếp cận này, các nút trước khi thực hiện chuyển tiếp phải sửa đổi thông tin của tiêu đề gói tin. Phương pháp này có thể giảm thiểu thông tin chuyển tiếp trong mạng, thích hợp với mạng có cấu trúc thay đổi thường xuyên.

d. Phương pháp dựa vào xác suất và phương pháp xác định: Đây là phương pháp dựa vào tính toán quyết định có thay đổi so với dự đoán ban đầu hay không? Trong phương pháp xác suất, quyết định chuyển tiếp không được đảm bảo. 100% các nút đều nhận được gói dữ liệu, với hiệu suất tương đối kém. Tuy nhiên phương pháp này là tương đối đơn giản, thông thường yêu cầu rất nhỏ các thông tin ra quyết định, cụ thể đối với tính mở rộng và mật độ nút dày của mạng thì phương pháp quyết định là rất tốt.

e. Phương pháp điều tiết công suất và không điều tiết công suất: Trong phương pháp điều tiết công suất, các nút có thể dựa vào thông tin công suất tương quan, công suất nhỏ nhất có thể để chuyển tiếp, tiết kiệm năng lượng tiêu thụ. Tuy nhiên với phương pháp này, lợi dụng kỹ thuật tầng mạng nên cần thiết phải có kiến thức và hiểu biết sau về tầng mạng.

g. Phương pháp dựa trên tập các nút thống trị và không dựa trên các nút thống trị: Phương pháp thông qua xây dựng một tập các nút thống trị (CDS) và các thông tin bảo trì liên quan. Tại các mạng có sự thay đổi (dynamic) lớn thì chi phí cho việc bảo trì cao, đối với mạng tĩnh có thể có được giao thức tương đối ổn định. Phương pháp dựa trên tập thống trị thường thích hợp với mạng có công suất các nút không thể điều tiết. Ngoài ra có thể sử dụng phương pháp kết cấu và không kết cấu đồ thị của mạng để tăng thêm hiệu quả cho tập việc xây dựng thống trị và hiệu quả của định tuyến.

h. Phương pháp không sử dụng thông tin tín hiệu (beacon) và có sử dụng thông tin beacon: Phương pháp không có beacon không yêu cầu trao đổi thông tin beacon, thông tin overhead nhỏ, thuộc về giao thức quảng bá không trạng thái, thích hợp cho các mạng có sự thay đổi lớn, hơn nữa, có khả năng mở rộng với các mạng có quy mô lớn. Nhưng đối với các loại phương pháp này thực hiện rất là phức tạp, khó khăn.

i. Phương pháp dựa trên phạm vi bao phủ của truyền tải và không thuộc phạm vi bao phủ truyền tải: Trong giao thức dựa vào phạm vi bao phủ truyền tải, các nút lợi dụng phạm vi bao phủ của các nút tham gia chuyển tiếp gói tin trước đó mà không dựa vào cấu trúc mạng để quyết định có tham gia vào chuyển tiếp gói tin hay không? Mặc dù phương pháp này sử dụng thông tin vị trí địa lý của các nút, nhưng rõ ràng đã giảm thiểu đi rất nhiều thông tin beacon trao đổi của các nút hoặc là hoàn toàn không cần đến thông tin beacon.

j. Phương pháp dựa vào định hướng antena và toàn hướng antena: Trong mạng có mật độ các nút thấp lợi dụng tính định hướng truyền tải có thể tăng hiệu quả sử dụng năng lượng, nhưng điều này cần các nút có hỗ trợ các antena định hướng. Ngược lại, đối với các mạng có mật độ nút lớn thì sử dụng antena toàn hướng có thể tăng hiệu quả quảng bá không dây.

## **2.2. Một số giao thức định tuyến quảng bá phổ biến**

Trong phần này, chúng tôi sẽ trình bày một số giao thức quảng bá định tuyến phổ biến được áp dụng cho các mạng cảm biến không dây tính bao gồm: giao thức đa kênh EMBA, giao thức hiệu quả phủ sóng CEB và giao thức bảo toàn năng lượng EENWB.

### **a. Giao thức EMBA**

Trong [2], các tác giả đề xuất một giao thức quảng bá định tuyến truyền phát đa kênh hiệu quả (An Efficient Multihop Broadcast Protocol for Asynchronous Duty-Cycled wireless Sensor Networks - EMBA). EMBA tăng hiệu quả quảng bá đa điểm cho các nút cảm biến thông qua sử dụng các thông tin va chạm và hạn chế phát lại gói tin dự phòng. EMBA cho thấy hiệu quả sử dụng năng lượng cao, giảm chi phí gói tin trong cả hai trường hợp mạng có mật độ thưa và dày đặc. EMBA được đề xuất dùng cho các mạng cảm biến không dây không đồng bộ theo chu kỳ (asynchronization duty-cycled). EMBA dựa vào cách tiếp cận quảng bá nhiều điểm (multihop broadcast protocol) kết hợp hai kỹ thuật “định hướng gửi tin (Forwarder’s guidance)” và “lắng nghe các thông tin quảng bá (Overhearing broadcast)” dẫn đến giảm số lượng gói tin phát tán quảng bá, giảm va chạm gói tin, cũng như tối ưu hóa năng lượng. Tuy nhiên, EMBA tăng gói tin overhead để điều khiển quá trình định hướng và lắng nghe gói tin trong mạng.

Mô hình mạng EMBA bao gồm một tập nút phân bố ngẫu nhiên, trong mạng có thể tạo thành các vùng đa giác (n-đỉnh) hoặc tam giác (3-đỉnh), tần suất xuất hiện của đa giác phụ thuộc vào mật độ của mạng. Các nút trong mạng là cố định, không có khả năng di chuyển. Mỗi một nút sẽ duy trì một bảng hàng xóm cấp 1 và một bảng hàng xóm cấp 2 trong đó gồm thông tin chất lượng liên kết tới nó. Các nút trong mạng sẽ được phân chia thành các nhóm như trong Bảng 1.

**Bảng 1: Tập hợp các nút của EMBA**

<b>Tập</b>	<b>Phần tử</b>	<b>Bắt đầu</b>
$N(s)$	Tập các nút hàng xóm của nút $S$	$\emptyset$
$N_{cv}^i(s)$	Tập các nút hàng xóm đã gửi gói tin bởi $S$	$\emptyset$
$N_{ucv}^i(s)$	Tập các nút hàng xóm phát hiện bởi nút $S$	$N(s)$
$N_{oblig}^i(s)$	Tập các nút bắt buộc phải gửi bởi nút $S$	$N_{ucv}^i(s)$
$N_{dg}^i(s)$	Tập các nút hàng xóm được ủy quyền gửi thay nút $S$	$\emptyset$

**b. Giao thức CEB**

Trong tài liệu [7], các tác giả đã đề xuất một giao thức quảng bá dựa trên tính hiệu quả phủ sóng (Coverage Efficiency-based Broadcast - CEB). Một nút sẽ dựa vào thông tin các nút trong bảng hàng xóm để xác định vai trò của nó là bắt buộc hay là được ủy quyền để chuyển tiếp gói tin (obligated or delegator). Theo đó, dựa theo thông tin các gói nhận được, một nút sẽ chia các nút hàng xóm thành ba trạng thái: tập các nút gửi (SS), tập hợp nút được bao phủ đơn (SCS), và tập hợp nút được bao phủ nhiều (MCS). Trạng thái của các nút trong ba tập hợp này sẽ được sử dụng để xác định nút được chuyển tiếp gói tin tiếp theo.

So với giao thức quảng bá EMBA, trong CEB, thuật toán chuyển tiếp gói tin tại một nút  $I$  sẽ dựa trên tỷ lệ giữa số nút trong SCS ( $|SCSi|$ ) trên tổng số nút hàng xóm ( $|Neighbor_i|$ ) giúp CEB sẽ cải thiện chất lượng phát sóng. Kết quả là CEB đã giảm đáng kể số lượng gói tin quảng bá. Tuy nhiên, trong EMBA và CEB, các nút chỉ dựa trên chất lượng của các liên kết để chuyển tiếp gói tin. Khi đó, một gói tin có thể phải chờ cho đến lượt được chuyển tiếp, điều này có thể làm tăng thời gian chuyển tiếp, hơn nữa làm cho nút gửi phải duy trì hoạt động liên tục để chuyển tiếp gói tin mà không đi vào trạng thái nghỉ để tiết kiệm năng lượng.

**c. Giao thức EENWB**

Để cải thiện hiệu quả quảng bá định tuyến, trong [8], các tác giả đã đề xuất một giao thức quảng bá toàn mạng tiết kiệm năng lượng (energy-efficient network-wide broadcast - EENWB). Giao thức EENWB dựa trên chất lượng liên kết và sự hợp tác tích cực giữa các nút gửi lân cận. Một nút gửi trong EENWB có thể đi vào trạng thái nghỉ sớm hơn để tiết kiệm năng lượng. Trong EENWB, khi nút gửi A đã ủy quyền phát sóng cho những nút gửi liên kề, thì nút gửi A có thể đi ngủ sớm hơn nếu các nút gửi liên kề có chất lượng liên kết tốt hơn chính nó liên kết đến các nút lân cận. Tuy nhiên, trong trường hợp gói tin được ủy quyền gửi đến muộn hoặc nút ủy quyền có chất lượng liên kết kém thì giao thức EENWB không tiết kiệm năng lượng và tăng độ trễ phát sóng.

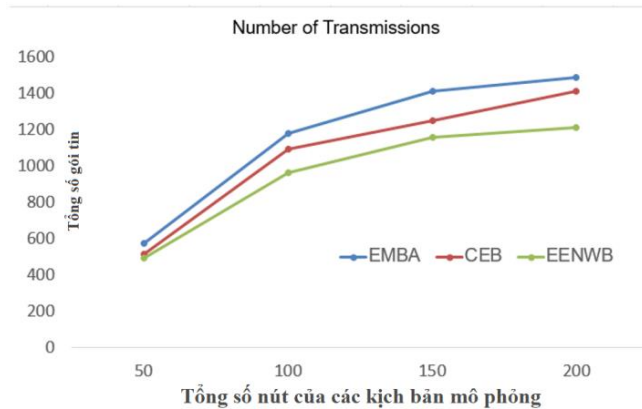
**3. Đánh giá mô phỏng**

Trong phần này chúng tôi thực hiện đánh giá và so sánh hiệu năng của các giao thức EMBA, CEB và EENWB như đã giới thiệu ở mục 2.2. Thông qua các thuật toán của từng giao thức quảng bá, chúng tôi đã thực hiện cài đặt và đánh giá thông qua công cụ mô phỏng NS2, đây là công cụ hỗ trợ mô phỏng và đánh giá hiệu năng mạng rất phổ biến hiện nay. Mô phỏng đánh giá của chúng tôi được thực hiện với các kịch bản mạng có mật độ các nút cảm biến khác nhau gồm 50, 100, 150, 200 nút nhằm đánh giá hiệu quả của các giao thức quảng bá trong nhiều trường hợp khác nhau. Các nút được triển khai

ngẫu nhiên trong diện tích mạng  $400 \times 200 \text{ m}^2$ , và thời gian mô phỏng cho mỗi kịch bản là 400s. Một số thông số khác của mạng cảm biến không dây như trong phần mô phỏng đánh giá ở tài liệu [9].

### 3.1. Số lượng gói tin phân phát

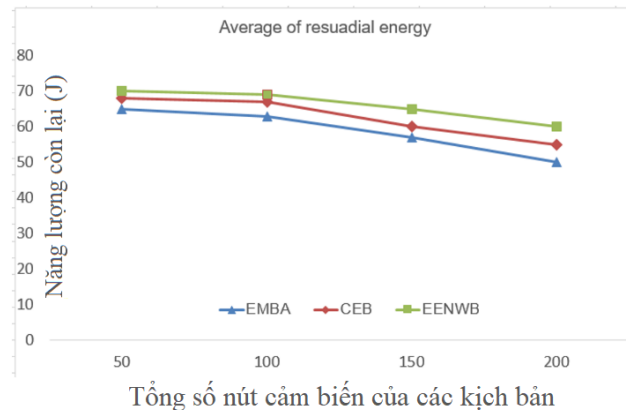
Trong quảng bá, số lượng gói tin phân phát là số liệu quan trọng để đánh giá chất lượng của giao thức đó. Gói tin phân phát càng thấp thì hiệu quả quảng bá của giao thức càng cao. Nhưng trong Hình 1, khi số nút trong các kịch bản tăng lên thì tổng số gói tin phân phát cũng tăng theo. Đặc biệt với các giao thức CEB, tổng số gói tin có xu hướng tăng lên nhanh khi tổng số nút cảm biến của mạng tăng lên. Trong giao thức EENWB, các gói tin được uỷ nhiệm phân phát, do đó tổng số gói đã giảm đi đáng kể so với hai giao thức còn lại dẫn đến giảm chi phí băng thông, tránh xung đột gói tin.



Hình 1: Tổng số gói tin phân phát cho các giao thức quảng bá

### 3.2. Năng lượng trung bình còn lại

Đánh giá năng lượng còn lại trong mạng thể hiện sự tối ưu, khả thi trong triển khai mạng cảm biến không dây trong thực tế. Các cảm trong môi trường triển khai tồn tại càng lâu càng tốt. Chúng tôi đã đánh giá tổng năng lượng còn lại của các giao thức sau khi kết thúc mô phỏng. Như trong Hình 2, năng lượng còn lại của các giao thức không chênh lệch nhau nhiều. Trong đó EENWB có năng lượng trung bình còn lại cao hơn các giao thức khác. Điều này có được là do các nút đã đi vào trạng thái ngủ để bảo toàn năng lượng.



Hình 2: Năng lượng trung bình còn lại của các giao thức

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu định tuyến gói tin là một trong những nội dung rất được quan tâm trong mạng cảm biến không dây. Trong bài báo này, chúng tôi đã tổng kết về các loại giao thức quảng bá trong mạng cảm biến không dây từ đó đánh giá và phân loại một số loại giao thức quảng bá. Thông qua các đánh giá về một số giao thức định tuyến quảng bá như EMBA, CEB, EENWB, bài báo sẽ là cơ sở lý thuyết cho các nghiên cứu, đề xuất cải tiến giúp tăng hiệu quả cho mạng cảm biến không dây và cải tiến giao thức định tuyến quảng bá dựa vào tối ưu cấu trúc liên kết của các nút cảm biến.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Qing Liu, Anfeng Liu, “On the hybrid using of unicast-broadcast in wireless sensor networks,” *Computers and Electrical Engineering* 71: 714-732, 2018.
- [2] Ingoon Jang, Suho Yang, Hyunsoo Yoon, “EMBA: An Efficient Multihop Broadcast Protocol for Asynchronous Duty-Cycled wireless Sensor Networks,” *Ieee Transactions On Wireless Comm.* 12.4: 1640-1650, 2013.
- [3] Zhuangbin Chen, Anfeng Liu, Zhetao Li, Young-June Choi, Hiroo Sekiya, and Jie Li, “Energy-Efficient Broadcasting Scheme for Smart Industrial Wireless Sensor Network,” *Mobile Information Systems*, 17, 2017.
- [4] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “Wireless sensor networks: A survey,” *Comput. Netw.*, 38.4, 393-422, 2002.
- [5] Xiaohong Shen, “Broadcast Protocols for Wireless Sensor Networks,” *Smart Wireless Sensor Networks*, 85-99, 2010.
- [6] Tang Yong, Xiang Yu, Zhang Jun and Wang Wenyong, “A survey on broadcast in wireless sensor networks,” *The 2nd International Conference on Information Science and Engineering*, 4324-4331, 2010.
- [7] Xinming Zhang, Fan Yan, Chao Li, and Qing Ding, “Coverage Efficiency-Based Broadcast Protocol for Asynchronous Wireless Sensor Networks,” *Ieee Wireless Communications Letters* 5.1: 76-79, 2016.
- [8] X. Wang, X. Wu, X. Zhang, and Y. Liang, “An Energy-Efficient Network-Wide Broadcast Protocol for Asynchronous Wireless Sensor Networks,” *IEEE Wireless Communications Letters* 7.6: 918-921, 2018.
- [9] D. N. Quoc, L. Bi, Y. Wu, S. He, L. Li, and D. Guo, “Energy Efficiency Clustering based on Gaussian Network for Wireless Sensor Network,” *IET Communications* 13. 6:741-747, 2019.

## **SUMMARY**

### **BROADCAST ROUTING IN WIRELESS SENSOR NETWORK**

**Nguyen Quoc Dung**<sup>(1) (2)</sup>, **Nguyen Thi Viet**<sup>(1)</sup>

<sup>1</sup> *Faculty of Engineering - Technology, Ha Tinh University, Vietnam*

<sup>2</sup> *Institute of Electronics - Technology, Xiamen University, China*

Received on 31/12/2020, accepted for publication on 29/3/2021

The wireless sensor networks are interested in research and widely applied in some fields such as industry, agriculture, medical, military, and transportation. Broadcasting is an important application of wireless sensor networks. This paper has analyzed, classified and evaluated some broadcast approaches in wireless sensor networks. Based on the analysis and survey of broadcast routing protocols, the paper has built a simulation scenario in the NS2 network simulation to evaluate and compare the performance of some protocols such as EMBA, CEB and EENWB. These results are the theoretical basis for research and proposal to improve the efficiency of wireless sensor networks.

**Keywords:** Wireless sensor network; broadcast routing; throughput.