

ĐỊNH TUYẾN CÂN BẰNG TẢI PHỐI HỢP GIỮA ĐƯỜNG NGẮN NHẤT VÀ MỨC NĂNG LƯỢNG CỦA CÁC NÚT TRONG MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY

Phan Văn Hưng¹

¹Trường Đại học Thông tin Liên lạc

Tóm tắt

Định tuyến trong mạng cảm biến không dây là vấn đề không đơn giản bởi vì mạng thường xuyên xảy ra lỗi liên kết hoặc các nút cảm biến gặp sự cố do điều kiện môi trường hoặc do sự hạn chế tài nguyên (ví dụ: năng lượng pin thấp, giới hạn bộ nhớ). Bài báo này tập trung nghiên cứu vào mô hình phân bố tải làm việc (gói dữ liệu) dựa trên sự phối hợp giữa định tuyến đường ngắn nhất và mức năng lượng của các nút cảm biến để mức tiêu thụ năng lượng trên các nút cảm biến của toàn mạng được phân bố đồng đều hơn nhằm kéo dài thời gian sống của các nút mạng cũng như thời gian sống của mạng.

Từ khóa: Mạng cảm biến, định tuyến trong mạng cảm biến, định tuyến cân bằng tải...

1. GIỚI THIỆU VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Mạng cảm biến không dây là một công nghệ mới đang phát triển với nhiều ứng dụng tiềm năng như giám sát môi trường, không gian thông minh, hệ thống y tế và các robot thăm dò. Mạng cảm biến không dây bao gồm một số lượng lớn các nút cảm biến phân bố ngẫu nhiên hoặc có cấu trúc. Các nút tự tổ chức thành một mạng không dây multihop. Mỗi nút được gắn một hoặc nhiều cảm biến, bộ xử lý với công suất thấp và năng lượng hoạt động thường do pin cung cấp. Thông thường, các nút hợp tác với nhau để thực hiện một nhiệm vụ chung. Nút cảm biến sử dụng bộ cảm biến để thu thập các dữ liệu từ môi trường và truyền về trạm gốc BS thông qua các đường định tuyến. Tại trạm gốc, dữ liệu được tổng hợp và xử lý, sau đó chuyển về người sử dụng. Thách thức lớn nhất của mạng cảm biến không dây hiện nay là yêu cầu tiêu thụ năng lượng thấp do các nút cảm biến có nguồn năng lượng giới hạn không thể bổ sung [1]. Vì vậy mạng phải có cơ chế cân bằng tải làm việc (gói dữ liệu) trên các nút thông qua kế hoạch điều phối sao cho các nút cảm biến không bị cạn kiệt năng lượng do bị sử dụng quá mức. Trong trường hợp nút cảm biến bị ngắt kết nối với trạm gốc khi đó trạm gốc không thể nhận được các gói dữ liệu mong muốn, lúc này coi như mạng không hoạt động.

Hiện nay đã có nhiều nghiên cứu về định tuyến trong mạng cảm biến không dây như: Định tuyến đường ngắn nhất; Định tuyến phân nhóm, phân bậc tương thích; Định tuyến tối thiểu chằng... Tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào đề cập đến định tuyến cân bằng tải có sự phối hợp giữa đường ngắn nhất và mức năng lượng tại các nút cảm biến. Định tuyến cân bằng tải phối hợp giữa đường ngắn nhất và mức năng lượng của các nút trong mạng cảm biến không dây cung cấp cho người đọc một nghiên cứu mới về định tuyến nhằm giải quyết vấn đề khó khăn về sự hạn chế và mất cân bằng năng lượng của mạng cảm biến không dây.

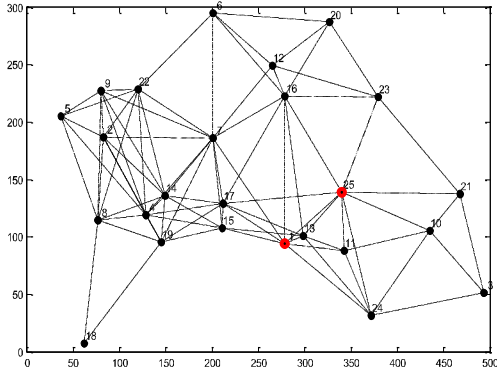
2. QUÁ TRÌNH LỰA CHỌN NÚT CHUYỂN TIẾP THÍCH ỨNG VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐỊNH TUYẾN

2.1. Quá trình lựa chọn nút chuyển tiếp thích ứng sử dụng phương pháp định tuyến cân bằng tải LBR

Trong suốt quá trình hình thành sơ đồ định tuyến, đặc biệt trong pha thiết lập định tuyến, một nút cảm biến chỉ có thể chọn một nút chuyển tiếp của nó trên đường ngắn nhất tới trạm gốc. Khi các nút bắt đầu thực hiện chuyển các gói dữ liệu, mức năng lượng còn lại của chúng sẽ giảm xuống. Vì vậy, quá trình lựa chọn nút chuyển tiếp tiếp theo

phải căn cứ vào mức năng lượng còn lại của các nút lân cận và khoảng cách của chúng thông qua các nút lân cận có liên kết tới trạm gốc.

Quan sát hình 1, chúng ta thấy các nút cảm biến số 13, 25, 11, 15 và 17 là những nút gần trạm gốc số 1. Quá trình truyền dữ liệu từ các nút cảm



Hình 1: Quá trình lựa chọn nút chuyển tiếp

Giả sử rằng tại thời điểm t nút số 5 truyền gói dữ liệu về trạm gốc số 1 và năng lượng còn lại của nút số 15 nhỏ hơn nhiều năng lượng còn lại của nút số 17. Như vậy, khi truyền dữ liệu ta thấy rằng đường định tuyến từ nút số 5 tới trạm gốc số 1 ngắn nhất là đường như sau: $5 \rightarrow 2 \rightarrow 14 \rightarrow 15 \rightarrow 1$; nhưng do năng lượng còn lại của nút số 15 nhỏ hơn nhiều so với nút số 17 nên trong quá trình định tuyến nút số 14 sẽ chọn nút số 17 làm nút chuyển tiếp của nó để cân bằng mức năng lượng giữa nút 15 và 17. Như vậy, dữ liệu từ nút số 5 truyền về trạm gốc số 1 được xác định theo đường định tuyến sau: $5 \rightarrow 2 \rightarrow 14 \rightarrow 17 \rightarrow 1$. Với phương pháp lựa chọn nút chuyển tiếp này, các gói dữ liệu sẽ có nhiều đường để đến được trạm gốc hơn và hạn chế được sự quá tải cho các nút công quan trọng.

2.2. Phương pháp định tuyến theo đường ngắn nhất (SPR_Shortest Path Route)[2].

Hàm mục tiêu của phương pháp định tuyến theo đường ngắn nhất được xác định bởi:

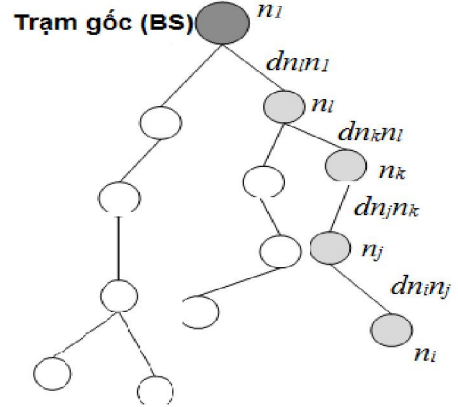
$$J_d(r_{n_i}) = \sum_{r_{n_i}} d_{n_j n_k} \quad \text{với}$$

$$\begin{cases} n_j, n_k \in r_{n_i} \\ d_{n_j n_k} \leq R \end{cases}$$

Trong đó $d_{n_j n_k}$ là khoảng cách giữa nút n_j và n_k trên định tuyến r_{n_i}

Ví dụ với định tuyến $r_{n_i} = \{n_i, n_j, n_k, n_l, n_1\}$ trên Hình 2, ta có:

biến còn lại có khoảng cách lớn hơn phạm vi liên lạc (R) của trạm gốc số 1 thì phải thông qua các nút cảm biến số 13, 25, 11, 15 và 17. Do vậy, năng lượng của các nút này sẽ tiêu hao nhanh hơn dẫn tới mất khả năng liên lạc sớm hơn.



Hình 2: Mô hình xác định định tuyến

$$J_d(r_{n_i}) = d_{n_i n_j} + d_{n_j n_k} + d_{n_k n_l} + d_{n_l n_1}$$

Phương pháp định tuyến theo đường ngắn nhất xác định định tuyến r_{n_i} nối nút n_i và nút n_1 sao cho $J_d(r_{n_i})$ cực tiểu.

$$r_{n_i} = \arg \min_{r_{n_i}} \{J_d(r_{n_i})\}$$

Để giải quyết bài toán xác định định tuyến r_{n_i} ta có thể sử dụng giải thuật Floyd-Warshall [3]. Do không tính đến năng lượng ở các nút nên trong phương pháp này mạng có thời gian sống ngắn vì một nút cảm biến cạn kiệt năng lượng do tham gia quá nhiều vào quá trình định tuyến.

2.3. Phương pháp định tuyến cân bằng tải - định tuyến theo đường ngắn nhất kết hợp với mức năng lượng còn lại của các nút cảm biến (LBR_Load Balancing Route).

Để có thể tính đến mức năng lượng của các nút cảm biến, giải pháp định tuyến cân bằng tải LBR thực hiện bổ sung vào phương trình (1) các trọng số tỉ lệ nghịch với mức năng lượng còn lại của mỗi nút tại thời điểm xét.

$$J_{de}(r_{n_i}) = \sum_{r_{n_i}} \frac{d_{n_j n_k}}{e_{n_k}} \quad \text{với} \quad \begin{cases} n_j, n_k \in r_{n_i} \\ d_{n_j n_k} \leq R \end{cases}$$

Định tuyến r_{n_i} nối nút n_i và nút n_1 được xác định sao cho $J_{de}(r_{n_i})$ đạt cực tiểu.

$$r_{n_i} = \arg \min_{r_{n_i}} J_{de}(r_{n_i}) = \arg \min_{r_{n_i}} \sum_{n_j, n_k} \frac{d_{n_j n_k}}{e_{n_k}}$$

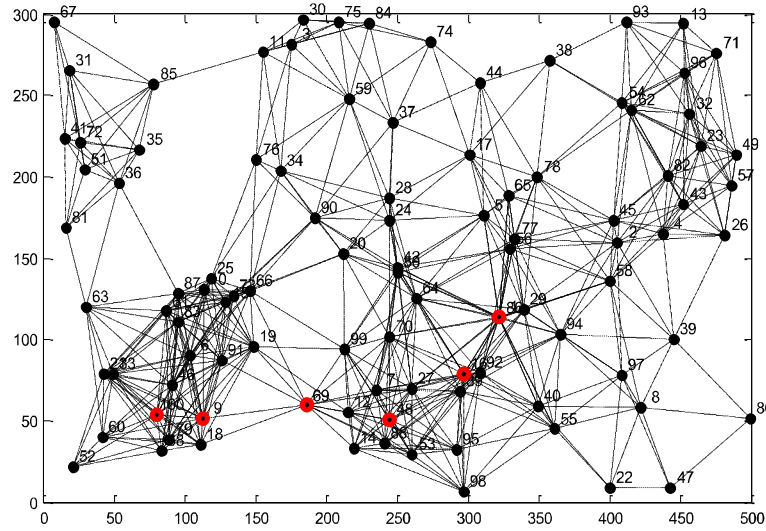
Trong đó e_{n_k} là năng lượng còn lại của nút n_k tại thời điểm xét. Trong phương trình (4), $1/e_{n_k}$ là trọng số của tuyến $n_j n_k$. Nếu nút n_k còn ít năng lượng (e_{n_k} bé), trọng số ở trên tuyến $n_j n_k$ sẽ lớn và nút n_k sẽ ít cơ hội được chọn là nút chuyển tiếp, cơ hội này sẽ được dành cho các nút lân cận khác có mức năng lượng cao hơn. Ví dụ với định tuyến $r_{n_i} = \{n_i, n_j, n_k, n_l, n_1\}$ hình 2, ta có:

$$J_{de}(r_{n_i}) = \frac{d_{n_i n_j}}{e_{n_j}} + \frac{d_{n_j n_k}}{e_{n_k}} + \frac{d_{n_k n_l}}{e_{n_l}} + \frac{d_{n_l n_1}}{e_{n_1}}$$

Để giải quyết bài toán (5) ta có thể sử dụng giải thuật Floyd-Warshall [3].

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Thực hiện mô phỏng sử dụng phần mềm Matlab, với 100 nút cảm biến được triển khai một cách ngẫu nhiên trong trường cảm biến rộng $300 \times 500 m^2$. Trong mô phỏng này các nút cảm biến lần lượt phát các gói dữ liệu theo đường định tuyến về trạm gốc số 1. Tổng số gói dữ liệu do mỗi nút cảm biến phát đi là 99. Tổng số gói dữ liệu chuyển tiếp qua mỗi nút phụ thuộc vào vị trí của các nút trong mạng.

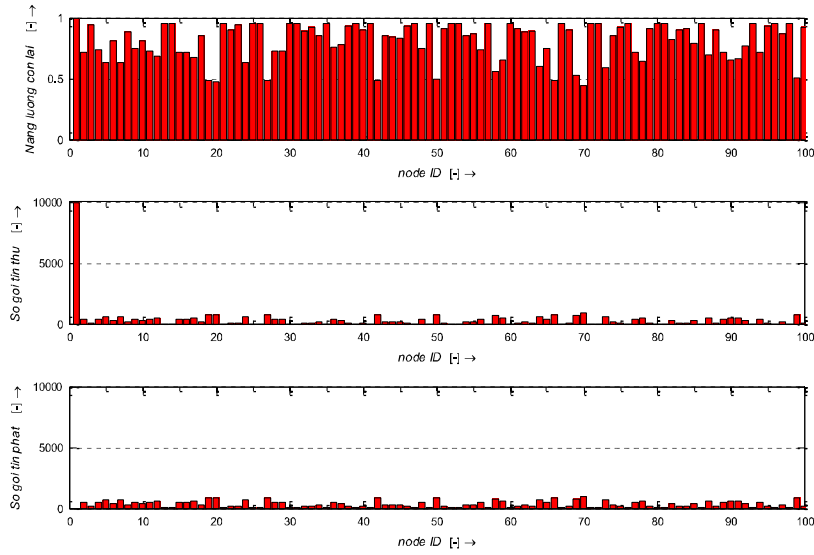


Hình 3: Sơ đồ mô phỏng định tuyến LBR với 100 nút cảm biến

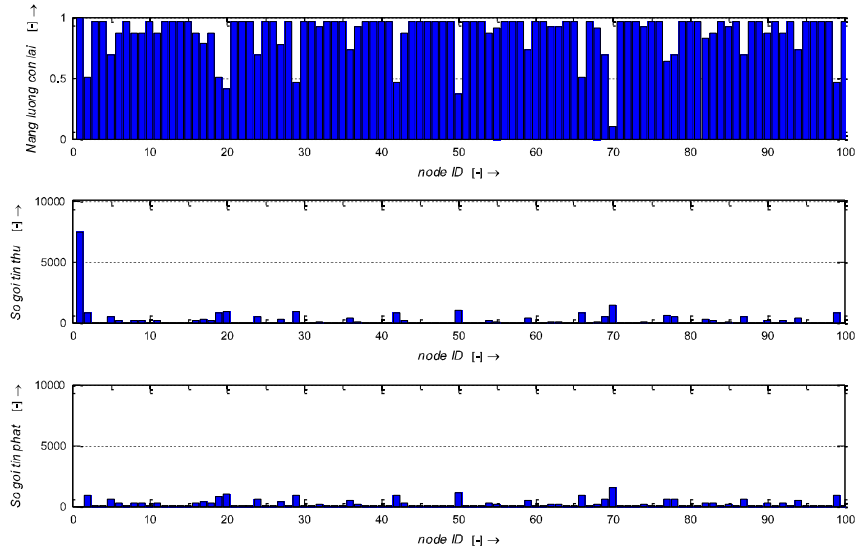
3.1. Sự phân bố năng lượng còn lại tại các nút cảm biến

Hình 4 và 5 trình bày sự phân bố các mức năng lượng còn lại tại các nút cảm biến sau mô phỏng. Khi xem xét hình 4, ta thấy mức năng lượng còn lại của các nút cảm biến sử dụng giao thức định tuyến cân bằng tải - LBR đồng đều hơn mức năng lượng còn lại của các nút cảm biến sử dụng giao thức định tuyến đường ngắn nhất - SPR (hình 5). Cụ thể, khi số vòng mô phỏng là 100, mạng cảm biến sử

dụng giao thức đường ngắn nhất và các nút được bố trí như hình 3 thì mạng chỉ chạy được 76 vòng thì ngừng hoạt động do nút 70 cạn kiệt năng lượng vì nó được nhiều nút khác chọn làm nút chuyển tiếp trên đường ngắn nhất tới trạm gốc hay do nó phải tổng hợp quá nhiều các gói dữ liệu trong quá trình hoạt động. Trong khi đó, mạng sử dụng định tuyến cân bằng tải - LBR thì chạy hết 100 vòng mà vẫn chưa có một nút cảm biến nào bị cạn kiệt năng lượng.



Hình 4: Phân bố mức năng lượng còn lại tại các nút trong phương pháp định tuyến cân bằng tải – LBR



Hình 5: Phân bố mức năng lượng còn lại tại các nút trong phương pháp định tuyến đường ngắn nhất - SPR

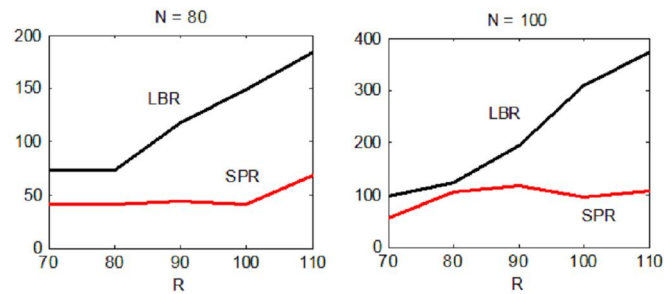
Như vậy, định tuyến cân bằng tải đã phân bố đồng đều tải làm việc (gói dữ liệu) trên các nút cảm biến làm cho mức năng lượng còn lại của các nút được cân bằng, từ đó kéo dài thời gian sống của các nút dẫn tới tối đa thời gian sống của toàn mạng.

Để khảo sát ảnh hưởng của số nút cảm biến N trong trường cảm biến và bán kính phạm vi liên lạc R của nút cảm biến, các mô phỏng đã được thực hiện với các giá trị N và R khác nhau ($R = 70, 80, 90,$

$100, 110$ và $N = 80, 100$). Các nút cảm biến lần lượt phát các gói dữ liệu cho đến khi một nút cảm biến bị cạn kiệt năng lượng thì dừng lại và tổng số gói dữ liệu nhận được tại trạm gốc được ghi nhận. Trong mô phỏng, mức năng lượng ban đầu của mỗi nút bằng 1, mức năng lượng phát của các nút bằng 0.0005/gói và mức năng lượng thu của các nút bằng 0.0001/gói dữ liệu.

$N = 80$					
R	70	80	90	100	110
SPR	41	41	44	41	68
LBR	73	73	118	149	183
$N = 100$					
R	70	80	90	100	110
SPR	57	106	117	5	108
LBR	97	125	194	310	373

Bảng 1: Tổng số gói dữ liệu thu được tại trạm gốc



Hình 6: Thông kê gói dữ liệu thu được tại trạm gốc trước khi có một nút cảm biến cạn kiệt năng lượng theo R

Kết quả được trình bày trên bảng 1 và hình 6. Ta thấy đối với phương pháp LBR thì số lượng gói dữ liệu thu được tại trạm gốc tỉ lệ thuận với số lượng và bán kính phạm vi liên lạc của nút cảm biến, còn đối với phương pháp định tuyến đường ngắn nhất tỉ lệ gói thu được thay đổi không đều khi tăng giá trị của R và N . Tổng số gói dữ liệu thu được ở trạm gốc tại các giá trị R và N nhất định của phương pháp định tuyến cân bằng tải luôn cao hơn phương pháp định tuyến đường ngắn nhất. Điều này chứng tỏ hiệu suất làm việc của phương pháp định tuyến cân bằng tải cao hơn, thời gian sống của mạng được kéo dài hơn so với phương pháp định tuyến đường ngắn nhất.

4. KẾT LUẬN

Mạng cảm biến không dây sử dụng giao thức định tuyến cân bằng tải giải quyết vấn đề tiêu thụ năng lượng không đồng đều do việc phân bổ tải làm việc (gói dữ liệu) không cân bằng, cho phép sử dụng hiệu quả các nguồn năng lượng của các nút cảm biến. Điều này liên quan chặt chẽ đến vai trò của mỗi một nút cảm biến trong mạng. Nếu mạng không có cơ chế cân bằng năng lượng thì có thể gây ra sự cố lỗi hỏng định tuyến hoặc điểm nóng, điều này dẫn tới mạng nhanh chóng bị phân vùng hoặc ngừng hoạt động.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Kazem Sohraby, Daniel Minoli, Taieb Znati (2007), “*Wireless Sensor Network - Technology, Protocols, and Applications*”, Wiley.
- [2]. Ambreen, Haque Nawaz (2013), “*Wireless Sensor Network through Shortest Path Route*”, Volume 3, Issue 2, February.
- [3]. Leiserson, Cormen and Rivest (2004), “*Introduction of algorithm*”, Edition 2, MIT Press, United States.

LOAD BALANCING ROUTE COMBINES THE SHORTEST PATH ROUTING AND THE ENERGY CAPACITY OF NODES IN THE WIRELESS SENSOR NETWORK

Phan Van Hung¹

¹Telecommunication University

Abstracts:

Routing in a wireless sensor network is a real difficulty as connection errors often occur in the network or sensor nodes experience a number of problems in view of environmental conditions or constrained resources such as low-energy battery and limited memory size. This article aims at presenting the workload distribution model (packets) based on the combination of the shortest path routing and the energy capacity of sensor nodes so that the energy consumption on the sensor nodes of the entire network is distributed evenly. This extends the lifetime of the network nodes as well as the lifetime of the network.

Key words: network sensors, routing in the network sensors, load balancing route.