

**BỘ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

PHAN THỊ THỂ

**ĐỊNH TUYẾN TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG TIÊU THỤ
TRONG MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY**

Chuyên ngành: Hệ thống thông tin

Mã số: 9.48.01.04

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

TP.HCM - 2021

Công trình được hoàn thành tại: **Học viện Công nghệ Bru chính Viễn thông**

Người hướng dẫn khoa học:

PGS.TS TRẦN CÔNG HÙNG

- Phản biện 1:

- Phản biện 2:

- Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án tiến sĩ cấp Cơ sở họp tại:

.....

.....

Vào hồi.....giờ.....ngày....tháng....năm.....

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- **Thư viện Quốc gia Việt Nam**

- **Thư viện Học viện Công nghệ Bru chính Viễn thông**

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Hiện nay, xu thế IoT (Internet of Things) đã và đang triển khai cho các hệ thống thông minh trên toàn cầu, trong đó hệ thống cảm biến và mạng cảm biến là một trong những yếu tố then chốt cho các hệ thống thông minh này. Mục tiêu chính của WSN là cung cấp cho người dùng cuối các thông tin thu thập xung quanh khu vực cảm biến bởi sink, truyền thông dữ liệu (gửi và nhận) là hoạt động tiêu thụ năng lượng nhiều nhất của các nút và sự tiêu hao năng lượng tỷ lệ thuận với khoảng cách giữa nơi gửi và nơi nhận, nghĩa là nơi gửi càng gần nơi nhận càng xa thì sự tiêu thụ năng lượng càng giảm và ngược lại. Do đó, để đạt được kết quả tiết kiệm năng lượng cao hơn, tính di động của trạm thu phát nhằm tăng tuổi thọ WSNs. Hiện nay, việc nghiên cứu các kỹ thuật và thuật toán tối ưu năng lượng có kết hợp với phân cụm mờ, sink di động rất có ý nghĩa trên thực tế và phát triển thuật toán là nhiệm vụ của các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực WSN, góp phần vào sự phát triển không ngừng của công nghệ này. Đây cũng là mục tiêu chính của luận án.

2. Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu chính của luận án là tìm được giải pháp tối ưu năng lượng sử dụng kỹ thuật phân cụm kết hợp với sink tĩnh và sink di động:

Tiết kiệm năng lượng bằng cách tiêu thụ năng lượng ít nhất trong suốt quá trình phân cụm và định tuyến, giảm số nút chết trong mạng để cải thiện giao tiếp giữa các nút không đồng nhất và kéo dài tuổi thọ của các nút để tối đa hoá truyền thông trong mạng.

Việc tìm và chọn cụm chủ tốt nhất để cực tiểu số node không tham gia vào cụm và làm tăng số lượng node tham gia vào mạng để tiết kiệm thời gian giao tiếp giữa các node trong mạng. Điều này giúp kéo dài được thời gian sống của mạng.

Việc tối ưu năng lượng bằng cách phân cụm, tìm cụm chủ tối ưu và định tuyến dựa trên trên mô hình sink tĩnh và mô hình sink di động là những giải pháp được thực hiện để kéo dài thời gian sống của mạng.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:

Để đạt được mục tiêu trên, luận án tập trung vào nghiên cứu các nội dung sau:

Nghiên cứu các kỹ thuật phân cụm trên mô hình sink tĩnh.

Nghiên cứu các kỹ thuật định tuyến trên mô hình sink tĩnh và mô hình sink di động.

Nghiên cứu kết hợp thuật toán phân cụm kết hợp áp dụng logic mờ và trạm thu phát di động để cải tiến thời gian sống của mạng cảm biến không dây.

Đồng thời, để đánh giá được các giải thuật đề xuất, việc thử nghiệm và đánh giá hiệu quả của các giải thuật đề xuất được thực hiện bằng phương pháp mô phỏng.

4. Phương pháp nghiên cứu

Trong quá trình nghiên cứu, mục tiêu của đề tài đã đạt được nhờ những phương pháp nghiên cứu sau: Phương pháp luận và phương pháp mô phỏng

5. Các đóng góp chính của luận án

Với mục tiêu được đặt ra trong mục 2, luận án thực hiện nghiên cứu và thiết kế giải pháp dựa vào kỹ thuật phân cụm trên mô hình sink tĩnh và sink di động cùng với đánh giá giải pháp thông qua mô phỏng.

Giải thuật phân cụm là một phương pháp tăng tính không đồng nhất của các nút cũng như dựa trên tỉ lệ giữa mức năng lượng còn lại của nút và năng lượng trung bình của toàn mạng trong vòng hiện tại của từng loại nút không đồng nhất để xây dựng xác suất cho việc lựa chọn một nút trở thành CH. Đề xuất này bổ sung thêm thành phần ước lượng khoảng cách giữa các nút xa BS và gần Sink hơn vào trong xác suất lựa chọn CH, cũng như bổ sung thêm thành phần ước lượng năng lượng còn lại trong ngưỡng lựa chọn CH. Theo đó, thuật toán đề xuất đã cải thiện giao tiếp giữa các nút không đồng nhất và kéo dài tuổi thọ của các nút để tối đa hoá truyền thông. Và đề xuất này đã được đăng trên tạp chí International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Vol.9, No.4, July 2017 trong [CT2]

Việc lựa chọn cụm chủ tốt làm tăng khả năng giao tiếp giữa các node trong mạng, giúp cho các node trong một cụm sẽ gửi thông tin đến cụm chủ nhanh hơn. Đồng thời, giải pháp đề xuất có khả năng chọn tuyến đường định tuyến tối ưu từ nút nguồn đến trạm gốc bằng cách ưu tiên năng lượng còn lại cao nhất, số bước nhảy tối thiểu, tải lưu lượng thấp nhất và là nút tốt thay vì chọn ngẫu nhiên nút lân cận theo hàm $f(n)$ mà không có trọng số ưu tiên như trong các công trình trước đó. Hiệu suất của phương thức đề xuất được đánh giá và so sánh với các phương pháp khác theo cùng tiêu chí. Kết quả mô phỏng cho thấy hiệu quả của phương thức tiếp cận mới trong việc tăng cường tuổi thọ mạng cảm biến không dây với các nút ngẫu nhiên phân tán. Đề xuất này đã được công bố trong các công trình [CT3, CT4].

Việc truyền thông đa chặng cho thấy tiêu hao năng lượng không cân bằng trong các tầng khác nhau trong mạng, các nút xung quanh sink thì cạn kiệt năng lượng lâu hơn nhiều so với các nút ở xa. Điều này không chỉ gây ra những cảm biến gần sink ngưng hoạt động, mà còn làm cho sink không thể truy cập bởi các nút cảm biến khác. Trong trường hợp này, các dữ liệu cảm biến không thể gửi thành công đến sink, dữ liệu chuyển tiếp đến các bộ cảm biến gần sink bị tắc nghẽn theo dạng thắt nút cổ chai có thể làm cho mạng ngưng hoạt động, đây là một kết quả trực tiếp của việc có một Sink tĩnh (cố định). Do đó, để đạt được kết quả tiết kiệm năng lượng cao hơn, tính di động của trạm thu phát nhằm tăng tuổi thọ WSN được tiếp tục nghiên cứu để áp dụng các thuật toán Sink di động để nâng cao hiệu quả tiết kiệm năng lượng hơn nữa. Trong các công trình trước đó, việc lựa chọn CH được lựa chọn dựa vào năng lượng còn lại, mỗi CH thu thập dữ liệu và gửi nó đến Sink di động. Các đề xuất được giới thiệu trong công trình [CT5, CT6, CT7] đều có cơ chế lựa chọn CH tốt hơn dựa trên kỹ thuật logic mờ, nhờ đó mà tăng cường với sink di động theo đường dẫn có thể dự đoán được cho cơ chế thu thập dữ liệu, xác định trạng thái chuyển động sink tốt hơn liên quan đến tuổi thọ của mạng. Tuy nhiên, đề xuất này cần cải thiện và tối ưu hơn khi xác định hướng di chuyển cho sink di động để tránh bỏ sót gói tin đối với các CHs vượt quá phạm vi cảm biến được thực hiện trong đề xuất [CT8, CT9].

6. Cấu trúc của luận án

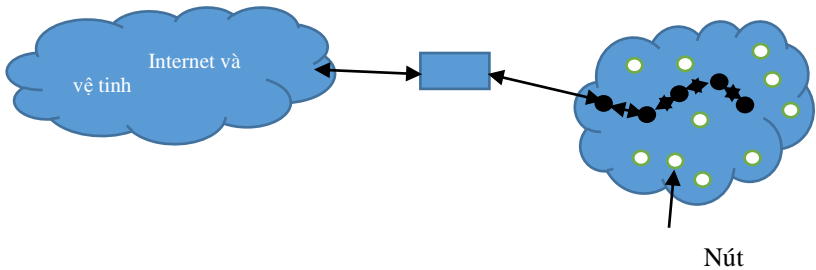
Cấu trúc của luận án được trình bày gồm các phần.

- Phần mở đầu: trình bày khái quát về vấn đề nghiên cứu.
- Chương 1 trình bày tổng quan về mạng cảm biến không dây làm cơ sở lý thuyết của luận án.
- Phần tiếp theo chương 2 và chương 3 được trình bày các công trình liên quan đến giải thuật phân cụm dựa trên mô hình sink tĩnh và mô hình sink động. Cuối cùng là phần kết luận, tổng kết lại những đóng góp của luận án

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1 Giới thiệu tổng quan về mạng cảm biến không dây

Mạng cảm biến không dây WSN là một mạng bao gồm nhiều nút cảm biến (sensor node).



Hình 1-1: Một mạng cảm biến không dây điển hình

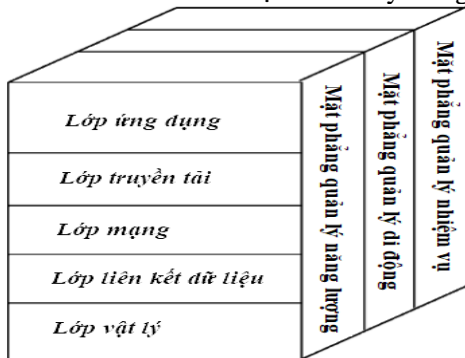
Hiện tại, hầu hết các nghiên cứu về WSN tập trung vào việc thiết kế các thuật toán và giao thức hiệu quả về năng lượng và tính toán phần này sẽ được trình bày chi tiết ở chương 2 và chương 3.

1.2 Cấu trúc của một nút mạng

Mỗi nút cảm ứng được cấu thành bởi 4 thành phần cơ bản: bộ cảm biến (sensing unit), bộ xử lý (processing unit), bộ thu phát (transceiver unit) và bộ nguồn (power unit). Ngoài ra có thể có thêm những thành phần khác tùy thuộc vào từng ứng dụng như là hệ thống định vị (location finding system), bộ phát nguồn (power generator) và bộ phận di động (mobilizer).

1.3 Kiến trúc giao thức mạng

Trong mạng cảm biến, dữ liệu sau khi được thu thập bởi các nút sẽ được định tuyến gửi đến Sink. Sink sẽ gửi dữ liệu đến người dùng đầu cuối thông qua internet hay vệ tinh. Kiến trúc giao thức được sử dụng bởi nút gốc và các nút cảm biến được trình bày trong hình 2.2



Hình 1-2. Kiến trúc giao thức của mạng cảm biến.

1.4 Các thách thức và trở ngại đối với WSN

Ngày nay mạng cảm biến không dây được ứng dụng rộng rãi trong hầu hết các lĩnh vực nhờ những tính năng ưu việt mà chúng đem lại cho chúng ta, tuy nhiên bên cạnh đó mạng cảm biến không dây vẫn

tồn tại những hạn chế mà nếu chúng ta nắm bắt được những hạn chế này sẽ khắc phục và hạn chế tối đa những trở ngại này

1.5 Ứng dụng của mạng cảm biến không dây

Mạng cảm biến không dây được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như: Phục vụ trong sản xuất nông nghiệp, Giám sát và điều khiển công nghiệp, Xây dựng nhà thông minh, Giám sát môi trường, Theo dõi tình trạng sức khỏe, Triển khai trong quân sự, Ứng dụng trong cảnh báo cháy rừng

1.6 Các tiêu chí đánh giá hiệu suất

Hầu hết các kiểm tra đánh giá các giao thức dựa trên cụm trong WSN tập trung chủ yếu vào đánh giá số nút còn đang hoạt động, năng lượng còn lại trong mạng và năng lượng tiêu hao trung bình.

1.7 Định tuyến trong mạng cảm biến không dây

Quá trình thiết lập các đường dẫn từ nguồn đến một sink thông qua một hoặc nhiều role được gọi là định tuyến.

Khi các nút của WSN được triển khai theo cách xác định (nghĩa là chúng được đặt ở các vị trí được xác định trước), sự giao tiếp giữa nút và sink có thể thực hiện bằng các tuyến đường được thiết lập trước.

1.8 Kết luận chương

Trong chương này, đã trình bày tổng quan về mạng cảm biến không dây. Trong phần chương 2, các thuật toán định tuyến phân cụm trên mô hình sink tĩnh kết hợp với logic đã được nghiên cứu và đưa ra được các giải pháp tối ưu năng lượng trong mạng cảm biến không dây.

CHƯƠNG 2. KỸ THUẬT ĐỊNH TUYẾN PHÂN CỤM HIỆU QUẢ DỰA TRÊN SINK TĨNH

Để chuyển tiếp thông tin từ nhiều nút cảm biến đến một sink một cách hiệu quả, thì kỹ thuật định tuyến phân cụm thường được sử dụng.

2.1 Kỹ thuật phân cụm trong mạng cảm biến không dây

2.1.1 Giới thiệu

Mỗi cụm có một nút đặc biệt gọi là cụm chủ (CH) và một số nút thành viên trong cụm. Một CH có trách nhiệm thu thập các dữ liệu của các nút thành viên trong cụm tương ứng.

2.1.2 Ưu Điểm Của Kỹ Thuật Phân Cụm

Vì chỉ có các CH thực hiện định tuyến, sẽ có ít trao đổi thông tin định tuyến giữa các nút trong mạng. Các tính toán để xác định đường dẫn định tuyến để cung cấp dữ liệu đến SINK được giảm. Điều này có thể hạn chế việc tiêu thụ năng lượng của mạng và do đó kéo dài tuổi thọ mạng.

2.1.3 Các vấn đề được xem xét khi xây dựng thuật toán dựa trên phân cụm

Cho dù thuật toán phân cụm theo phân tán hoặc tập trung, có ba khía cạnh quan trọng cần được xem xét: lựa chọn CH, hình thành cụm và truyền thông trong cụm.

2.1.4 Quá trình lựa chọn cluster head (CH)

CH có thể là các nút được cung cấp nhiều tài nguyên hoặc các nút thay đổi thường xuyên. Một mạng lưới với vài CH có thể dẫn đến một số lượng nút trong cụm được chọn rất xa so với CH tương ứng.

2.1.5 Quá trình hình thành phân cụm

Trong quá trình hình thành cụm, các nút trong cụm của mỗi CH được xác định để hình thành các cụm khác nhau. Các phân cụm cần được thành lập khi đảm bảo rằng các nút trong cụm không tiêu thụ một lượng lớn năng lượng trong việc truyền dữ liệu đến CH của chúng.

Các nút trong cụm góp phần giảm tải năng lượng của CH vì mỗi CH đã thu thập, tổng hợp và chuyển tiếp dữ liệu của các nút trong cụm của nó. Để chắc chắn rằng CH không làm cạn kiệt năng lượng của chúng quá nhanh, cụm nên được hình thành sao cho chúng có kích thước tương ứng và cân bằng tải.

2.1.6 Các giao tiếp trong cụm

Có hai loại thông tin liên lạc giữa các cụm, cụ thể là, thông tin liên lạc nội bộ cụm và truyền thông liên cụm.

2.2 Những công trình liên quan

2.2.1 Những giao thức định tuyến phân cấp (Hierarchical protocols)

2.2.1.1 LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

LEACH là giao thức phân cụm thích ứng năng lượng thấp. Đây là giao thức thu nhập và phân phát dữ liệu tới các sink đặc biệt là các trạm cơ sở

2.2.1.2 PEGASIS (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems)

Giao thức này đầu tiên hỗ trợ việc kéo dài thời gian sống của mạng nhờ đạt được việc tiêu thụ năng lượng đồng nhất và hiệu suất năng lượng cao qua tất cả các nút trong mạng, thứ hai làm giảm trễ truyền dữ liệu đến Sink.

2.2.2 Những giao thức định tuyến không đồng nhất

2.2.2.1 SEP (Stable Election Protocol)

Tổng năng lượng cần thiết lập (không đồng nhất) được trình bày theo công thức:

$$E_{\text{total}} = n \cdot (1 - m) \cdot E_o + n \cdot m \cdot E_o \cdot (1 + \alpha) = n \cdot E_o \cdot (1 + \alpha m).$$

Hàm $T(n)$ được thay thế Popt bởi xác suất trọng lượng

$$P_{(i)} = \begin{cases} \frac{P_{opt}}{(1+a.m)} & \text{cho các normal node} \\ \frac{P_{opt} \cdot (1+a)}{(1+a.m)} & \text{cho các advance node} \end{cases}$$

Đề có được ngưỡng tuyển chọn CH trong mỗi vòng như công thức

$$T_{(s_{nrm})} = \begin{cases} \frac{P_{nrm}}{1 - P_{nrm} \cdot (r \bmod \frac{1}{P_{nrm}})} & \text{if } s_{nrm} \in G' \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Ngưỡng cho nút Normal:

Trong đó:

- r : Vòng hiện tại
- G' : Tập các nút chưa trở thành CH với $\frac{1}{P_{nrm}}$ vòng cuối cho mỗi giai đoạn.
- $T_{(s_{nrm})}$: Là ngưỡng áp dụng cho $(1-m)$ nút normal

Ngưỡng cho nút Advance:

$$T_{(s_{adv})} = \begin{cases} \frac{P_{adv}}{1 - P_{adv} \cdot (r \bmod \frac{1}{P_{adv}})} & \text{if } s_{nrm} \in G'' \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Trong đó:

- G'' : Tập các nút chưa trở thành CH với $\frac{1}{P_{adv}}$ vòng cuối cho mỗi giai đoạn.
- $T_{(s_{nrm})}$: Là ngưỡng áp dụng cho $(n*m)$ nút advance

2.2.2.2 DEEC (Distributed Energy-Efficient Clustering)

Xác suất cho các nút normal và nút advance được tính theo công thức:

$$P_{(i)} = \begin{cases} \frac{P_{opt} \cdot E_i(r)}{(1+a.m) \cdot \bar{E}_{(r)}} & \text{cho các normal node} \\ \frac{P_{opt} \cdot (1+a) \cdot E_i(r)}{(1+a.m) \cdot \bar{E}_{(r)}} & \text{cho các advance node} \end{cases}$$

Trong đó:

$E_i(r)$ là năng lượng còn lại của nút 'Si' tại vòng 'r',
 $\bar{E}(r)$ là năng lượng trung bình tại vòng 'r' của toàn mạng được
tính bằng công thức:

N: Tổng số nút cảm biến trong mạng

$$\bar{E}(r) = \frac{1}{N} E_{total} \left(1 - \frac{r}{R}\right)$$

E_{total} : Tổng năng lượng khởi tạo cho toàn mạng được tính
bằng công thức:

$$E_{total} = \sum_{i=1}^N E_0(1 + a_i) = E_0(N + \sum_{i=1}^N a_i)$$

R: Tổng số vòng của mạng được tính bằng công thức:

$$r: \text{Vòng hiện tại } R = \frac{E_{total}}{E_{round}}$$

Trong đó:

E_{total} : được tính theo công thức

$$E_{round} = L(2NE_{elec} + NE_{DA} + k\varepsilon_{mp}d_{toBS}^4 + N\varepsilon_{fs}d_{toCH}^2)$$

E_{round} : Tổng năng lượng tiêu hao trong vòng hiện tại
được tính bằng công thức:

Trong đó:

L: Chiều dài bit của gói tin

k: Số lượng CH

d_{toBS} : Khoảng cách trung bình giữa CH và SINK

d_{toCH} : Khoảng cách trung bình giữa nút thành viên
đến CH của nó.

d_{toBS} và d_{toCH} được tính bằng công thức:

$$d_{toCH} = \frac{M}{\sqrt{2\pi k}}, d_{toBS} = 0.765 \frac{M}{2}$$

Các chu kỳ của các CH cho các nút khác nhau theo năng lượng
ban đầu và còn lại của chúng.

2.2.2.3 DDEEC (Developed Distributed Energy-Efficient Clustering)

DDEEC cân bằng việc chọn cụm chủ trên tất cả các nút mạng sau năng lượng dư của chúng.

2.2.2.4 TDEEC (Threshold Distributed Energy-Efficient Clustering)

Trong TDEEC, các tác giả đã điều chỉnh giá trị của ngưỡng theo công thức:

$$P_{(i)} = \begin{cases} \frac{P_{opt} \cdot E_i(r)}{(1 + a \cdot m) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các normal node nếu } E_i(r) > Th_{rev} \\ \frac{P_{opt} \cdot (1 + a) \cdot E_i(r)}{(1 + a \cdot m) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các advance node nếu } E_i(r) > Th_{rev} \\ c * \frac{P_{opt} \cdot (1 + a) \cdot E_i(r)}{(1 + a \cdot m) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho tất cả các node nếu } E_i(r) \leq Th_{rev} \end{cases}$$

2.2.2.5 EDEEC (Enhanced Distributed Energy Efficient)

$$T_{(s)} = \begin{cases} \frac{P}{1 - P \times \lceil r \bmod \frac{1}{P} \rceil} \times \frac{\text{Năng lượng còn lại của node} \times k_{opt}}{\text{Năng lượng trung bình của mạng}}, & \text{if } s \in G \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Công thức tính ngưỡng theo thuật toán này

$$P_{(i)} = \begin{cases} \frac{P_{opt} \cdot E_i(r)}{1 + m(a \cdot m_0 b) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các normal node} \\ \frac{P_{opt} \cdot (1 + a) \cdot E_i(r)}{1 + m(a \cdot m_0 b) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các advance node} \\ \frac{P_{opt} \cdot (1 + b) \cdot E_i(r)}{1 + m(a \cdot m_0 b) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các super node} \end{cases}$$

2.2.2.6 EDDEEC (Enhanced Developed Distributed Energy Efficient Clustering)

Khi năng lượng của các nút đạt đến bằng $T_{absolute}$ hoặc thấp hơn, thì tất cả các nút sẽ sử dụng công thức xác suất chung như công thức:

Nếu $E_i(r) > T_{absolute}$, thì

$$P_{(i)} = \begin{cases} \frac{P_{opt} \cdot E_i(r)}{1 + m(a \cdot m_0 b) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các normal node} \\ \frac{P_{opt} \cdot (1 + a) \cdot E_i(r)}{1 + m(a \cdot m_0 b) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các advance node} \\ \frac{P_{opt} \cdot (1 + b) \cdot E_i(r)}{1 + m(a \cdot m_0 b) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các super node} \end{cases}$$

Nếu $E_i(r) \leq T_{absolute}$, thì
 Với $T_{absolute} = z.Eo$, Trong đó $z \in (0,1)$

$$P_{(i)} = c. \frac{P_{opt} \cdot (1+b) \cdot E_i(r)}{1+m(a \cdot m_0 b) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho tất cả các node}$$

2.2.2.7 BEENISH (Balanced Energy Efficient Network Integrated Super Heterogeneous)

Các xác suất của các nút ultra- super, super, advance và các nút normal để trở thành CH được đưa ra theo công thức (3.17):

(3.17) Công thức tính xác suất chọn CH trong giao thức

$$P_{(i)} = \begin{cases} \frac{P_{opt} \cdot E_i(r)}{1+m(a+m_0(-a+b+m_1(-b+u))) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các normal node} \\ \frac{P_{opt} \cdot (1+a) \cdot E_i(r)}{1+m(a+m_0(-a+b+m_1(-b+u))) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các advance node} \\ \frac{P_{opt} \cdot (1+b) \cdot E_i(r)}{1+m(a+m_0(-a+b+m_1(-b+u))) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các super node} \\ \frac{P_{opt} \cdot (1+u) \cdot E_i(r)}{1+m(a+m_0(-a+b+m_1(-b+u))) \cdot \bar{E}_{(r)}} \text{ cho các ultra - super node} \end{cases}$$

Mô phỏng cho thấy BEENISH [47], [48] là các giao thức hiệu quả nhất so với DEEC, DDEEC, EDEEC về thời gian ổn định, tuổi thọ mạng và thông lượng.

2.2.3 Giao thức định tuyến trung tâm dữ liệu (Data centric protocols)

2.2.3.1 SPIN (Sensor protocols for information via negotiation)

SPIN là giao thức thông tin cảm biến thông qua sự đàm phán dữ liệu. Để thực hiện truyền và đàm phán dữ liệu các nút sử dụng giao thức này sử dụng ba loại bản tin

2.2.3.2 Truyền tin trực tiếp (Directed Diffusion)

Đây là giao thức trung tâm dữ liệu đối với việc truyền và phân bổ thông tin trong mạng cảm biến không dây.

2.2.4 Giao thức dựa trên vị trí (Location-based protocols)

Hầu hết các giao thức định tuyến cho mạng cảm ứng đều yêu cầu thông tin về vị trí của các nút cảm biến, để có thể tính toán khoảng cách giữa hai nút xác định, từ đó có thể ước lượng được năng lượng cần thiết

2.2.4.1 GAF (Geographic adaptive fidelity)

GAF dự trữ năng lượng bằng cách tắt các nút không cần thiết trong mạng mà không ảnh hưởng đến mức độ chính xác của định tuyến.

2.2.4.2 GEAR (Geographic and Energy-Aware Routing)

Giao thức GEAR (Geographic and Energy-Aware Routing) [54] dùng sự nhận biết về năng lượng và các phương pháp thông báo thông tin về địa lý tới các nút lân cận.

2.2.5 Thuật toán phân cụm và A-Sao với logic mờ

CAF (Cluster Algorithm and A-Star with Fuzzy Approach) được đề xuất với một phương thức định tuyến mới trong mạng cảm biến không dây để mở rộng tuổi thọ mạng sử dụng sự kết hợp của một thuật toán phân cụm, một tiếp cận mờ và một phương thức A-sao.

2.3 Thuật toán tối ưu năng lượng trong mạng không dây không đồng nhất dựa trên giao thức không đồng nhất DEC

2.3.1 Giới thiệu

2.3.2 Quá trình phân cụm

2.3.3 Hoạt động của giao thức đề xuất

Bước 1: Tính toán năng lượng hiện tại của nút mạng thứ i (E_i), năng lượng của vòng hiện tại (E_r) theo công thức

$$E_{round} = L(2NE_{elec} + NE_{DA} + k\epsilon_{mp}d_{toBS}^4 + N\epsilon_{fs}d_{toCH}^2)$$

và khoảng cách trung bình của một nút bất kỳ đến Sink ($d_{trung\ bình}$) theo công thức (2.20).

$$d_{trung\ bình} = d_{toBS} + d_{toCH}$$

Bước 2: Ước lượng năng lượng trung bình của toàn mạng ở vòng hiện tại theo công thức:

$$\bar{E}(r) = \frac{1}{N} E_{total}(1 - \frac{r}{R})$$

Bước 3: Xem xét nếu $d_{hiện\ tại} \leq d_{trung\ bình}$ thì xác suất lựa chọn CH $P_{(i)}$ sẽ được tính theo công thức (2.21) (nếu $E_i(r) > T_{absolute}$) hoặc (2.22) (nếu $E_i(r) \leq T_{absolute}$).

Ngược lại nếu $d_{hiện\ tại} > d_{trung\ bình}$ thì xác suất $P_{(i)}$ sẽ được tính theo công thức (2.23) (nếu $E_i(r) > T_{absolute}$) hoặc (nếu $E_i(r) \leq T_{absolute}$).

Bước 4: Xét nút được lựa chọn làm CH đã là CH chưa. Nếu chưa thì sẽ chọn nút này làm CH cho vòng tiếp theo và chuyển đến bước 5, ngược lại nếu nút được lựa chọn đã làm CH trong vòng trước đó rồi thì sẽ trở thành nút thành viên cho cụm và kết thúc quá trình lựa chọn CH.

Bước 5: Chọn một số ngẫu nhiên từ 0 đến 1. Sau đó so sánh số này với giá trị ngưỡng T_{S_i} (T_{S_i} dựa trên công thức cải tiến (2.18). Nếu số ngẫu nhiên $\leq T_{S_i}$ thì sẽ chọn nút thứ i làm CH sau đó kết thúc quá trình chọn CH, ngược lại nếu số ngẫu nhiên $> T_{S_i}$ thì nút i sẽ trở thành nút thành viên cho cụm và kết thúc quá trình lựa chọn CH.

2.3.4 Đánh giá giải pháp

Việc đánh giá kết quả của thuật toán sử dụng chương trình Matlab

Bảng 2-1: Bảng so sánh tuổi thọ mạng của các giao thức tham gia mô phỏng

Giao thức	Nút đầu tiên chết (vòng)	Nút cuối cùng chết (vòng)
EDEEC	1003	7761
EDDEEC	1409	7697
BEENISH	1087	10839
Đề xuất	1817	11923

2.4 Cải tiến việc phân cụm trong mạng cảm biến không dây

2.4.1 Giới thiệu thuật toán

Giao thức không đồng nhất SEP [57] đã được Smaragdakis chứng minh là tạo được sự ổn định và tuổi thọ hơn so với giao thức đồng nhất.

2.4.2 Thuật toán đề xuất

Sử dụng thuật toán ϵ FCM trong việc lựa chọn nút CH và phân cụm thay cho cơ chế bầu chọn nút CH và phân cụm trong giao thức SEP. Hàm mục tiêu của thuật toán ϵ FCM được định nghĩa như sau:

$$J_{m\epsilon}(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m \|x_k, v_i\|_{\epsilon}$$

Trong đó $\|x_k, v_i\|_{\epsilon} = \sum_{l=1}^p \|x_{kl} - v_p\|_{\epsilon}$ Với ϵ là tham số phi nhạy cảm với nhiễu được Vapnick đề xuất năm 1998 như sau :

$$\|t\|_{\epsilon} = \begin{cases} 0, & \|t\| \leq \epsilon \\ \|t\| - \epsilon, & \|t\| > \epsilon \end{cases}$$

$$u_{ik} = \begin{cases} \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}}\right)^{\frac{2}{m-1}}}; & I_k = \emptyset \\ 0; & i \neq I_k \\ \sum_{i \in I_k} u_{ik} = 1; & i \neq I_k, I_k \neq \emptyset \end{cases}$$

$$\forall_{1 \leq i \leq c} \forall_{1 \leq l \leq p} v_{il} = \frac{1}{\text{card}(A_i^+ \cup A_i^-)} \left[\sum_{\{k | \lambda_k^+ \in A_i^+\}} (x_{kl} + \epsilon) + \sum_{\{k | \lambda_k^- \in A_i^-\}} (x_{kl} - \epsilon) \right]$$

Nếu ngưỡng $T(n)$ cùng được thiết lập cho nút normal và advance khác biệt ở chỗ nút normal thuộc G trở thành cụm đầu một lần và nút advance thuộc G trở thành cụm đầu $1+\alpha$ lần. P_{nrm} được định nghĩa là xác suất tuyển chọn trọng lượng cho các normal node và P_{adv} xác suất tuyển chọn trọng lượng cho các nút advance. Vậy xác suất trọng lượng cho nút normal và nút advance lần lượt là:

$$P_{nrm} = \frac{P_{opt}}{1 + \alpha m}$$

$$P_{adv} = \frac{P_{opt}}{1 + \alpha m} \alpha (1 + \alpha)$$

Hàm $T(n)$ được thay thế P_{opt} bởi xác suất trọng lượng để có được ngưỡng tuyển chọn CH trong mỗi vòng. Ngưỡng cho nút normal:

$$T(S_{nrm}) = \begin{cases} \frac{P_{nrm}}{1 - P_{nrm}(r * \text{mod} \frac{1}{P_{nrm}})} & \text{nếu } S_{nrm} \in G' \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases}$$

Trong đó:

- r : vòng lặp hiện tại
- G' : nút normal chưa trở thành CH với $\frac{1}{P_{nrm}}$ vòng cuối cùng mỗi giai đoạn.
- $T(S_{nrm})$ là ngưỡng áp dụng cho $n(1 - m)$ nút normal. Điều này đảm bảo rằng mỗi nút normal sẽ trở thành CH một lần trong $\frac{1}{P_{opt}}(1 + \alpha m)$ vòng mỗi giai đoạn và đó là số trung bình những nút normal trở thành CH mỗi vòng là $n(1 - m) * P_{nrm}$.

Ngưỡng cho nút advance:

$$T(S_{adv}) = \begin{cases} \frac{P_{adv}}{1 - P_{adv}(r * \text{mod} \frac{1}{P_{adv}})} & \text{nếu } S_{adv} \in G'' \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases}$$

(3.29)

G'' : nút advance chưa trở thành CH trong $\frac{1}{P_{adv}}$ vòng cuối cùng mỗi giai đoạn. $T(S_{adv})$ là ngưỡng áp dụng cho $n * m$ nút advance.

Trong luận án này, việc cải tiến cải tiến quy trình trong việc lựa chọn cụm chủ và phân cụm được đề xuất một hướng tiếp cận mới đó là việc kết hợp thuật toán ϵ FCM vào giao thức SEP

2.4.3 Đánh giá giải pháp

Kết quả cho thấy rằng thời gian ổn định tăng và số node sống của giao thức kết hợp tăng 21 % so với giao thức cũ (sau 800 vòng chạy thì

SEP xuất hiện node chết đầu tiên, sau 2790 vòng SEP_εFCM xuất hiện node chết đầu tiên → $(2465-798)/798=2.08897243 \sim 2.1=21\%$)

2.5 Phương pháp lựa chọn tuyến đường giữa các nút và cân bằng giữa chúng để kéo dài tuổi thọ cho mạng cảm biến

2.5.1 Giới thiệu thuật toán

Đề xuất này đưa ra một cách tiếp cận mới bằng cách kết hợp phương pháp tiếp cận mờ và thuật toán A-Sao để chọn tuyến đường định tuyến tối ưu từ nguồn đến đích bằng cách cân nhắc 3 tiêu chuẩn định tuyến (Năng lượng còn lại cao nhất, số hop tối thiểu và tải lưu lượng thấp nhất) kết hợp với biến α (xác định nút thường và nút tốt) Đề xuất này được công bố trong [CT4, CT5]

2.5.2 Mô hình giải pháp

a) Cài đặt logic mờ

Mục tiêu chính của việc sử dụng logic mờ trong đề xuất là xác định giá trị chi phí tối ưu cho một liên kết giữa hai nút cảm biến sao cho tuổi thọ mạng đạt tối đa.

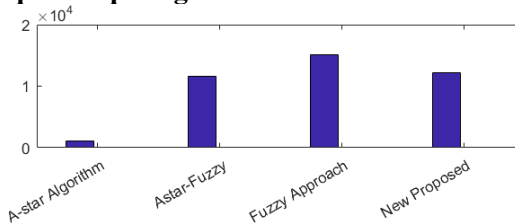
b) Cài đặt thuật toán A-Sao:

Mô hình năng lượng tiêu thụ: Phương pháp đề xuất sẽ ưu tiên chọn nút tốt nếu cùng nằm trên tuyến đường định tuyến thay vì chọn ngẫu nhiên nút lân cận theo hàm $f(n)$ mà không có trọng số ưu tiên.

2.5.3 Đánh giá giải pháp

Thực hiện mô phỏng trên MATLAB. Các nút trong mạng được phân bố vị trí một cách ngẫu nhiên. Quá trình mô phỏng gồm các bước như sau: Tìm nút lân cận, Thiết lập tuyến đường tối ưu, Truyền dữ liệu đến trạm gốc.

Kết quả mô phỏng:



	1st	50th
Astar-Fuzzy	11537	0
New Proposed	12196	0
Fuzzy Approach	15088	0
A-star Algorithm	1153	0

Hình 2-1: Thống kê số vòng khi nút đầu tiên và nút thứ 50 chết (lần 4)

Sau 20000 vòng thì số nút sống còn lại của phương thức đề xuất là 93 thấp hơn A-sao & Fuzzy với 99 nút, cao hơn A-sao, tiếp cận mờ lần lượt là 92, 87 nút như hình 3.29. Thống kê hình 3.30 đề xuất mới có nút đầu tiên chết ở vòng 12196 trong khi A-sao là 1153, A-sao & Fuzzy là 11537, tiếp cận mờ là 15088. Qua kết quả thu được ta thấy rõ hiệu quả của phương thức đề xuất trong việc cân bằng năng lượng tiêu thụ và tối đa tuổi thọ mạng.

2.6 Kết chương

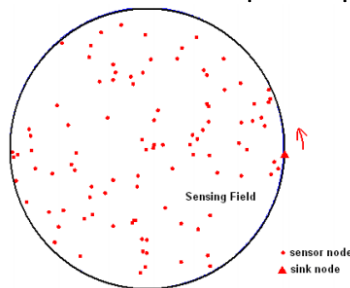
Để đạt được hiệu quả tiết kiệm năng lượng hơn, việc xác định hướng di chuyển của các trạm thu phát sóng di động nhằm thu được dữ liệu đầy đủ và tăng tuổi thọ WSN là vấn đề được xem xét trong phần đề xuất tiếp theo.

CHƯƠNG 3. KỸ THUẬT ĐỊNH TUYẾN PHÂN CỤM HIỆU QUẢ DỰA TRÊN SINK DI ĐỘNG

Trong chương 3 đã sử dụng Sink di động là giải pháp đã được chú ý bởi các nhà nghiên cứu trong những năm gần đây. Đề xuất này giúp kéo dài được thời gian sống của mạng và được công bố trong công trình [CT6, CT7, CT8] của nhóm nghiên cứu.

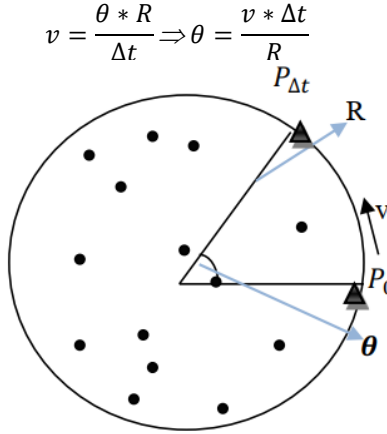
3.1 Mô hình sink di động

Mạng cảm biến không dây với một sink cố định thường gặp vấn đề lỗ năng lượng, một thuật toán phân cụm hiệu quả năng lượng dựa trên sink di động MECA đã được đề xuất. Trong thuật toán MECA, hướng di chuyển và vận tốc v của sink đều được xác định trước.



Hình 3-1. Hướng di chuyển của Sink trong MECA

Do đó sink chỉ cần phát sóng trên mạng để thông báo cho tất cả các nút cảm biến vị trí hiện tại của nó P_0 ngay từ đầu. Sau đó, khi các nút cảm biến ghi lại vị trí ban đầu của sink, chúng có thể thay đổi góc θ sau một khoảng thời gian Δt :



Hình 3-2 Mô hình sink di động trong thuật toán MECA

MECA thiết lập một giao thức định tuyến đa chặng cho định tuyến trong cụm. Đối với bất kỳ nút thành viên S_i nào trong một cụm, mức tiêu thụ năng lượng mà dữ liệu gửi trực tiếp đến cụm chủ CH_{S_i} của nó được biểu diễn như $E_1(S_i, CH_{S_i})$:

$$E_1(S_i, CH_{S_i}) = \begin{cases} lE_{elec} + l\varepsilon_{fs}d(S_i, CH_{S_i})^2, & d(S_i, CH_{S_i}) < d_0 \\ lE_{elec} + l\varepsilon_{fs}d(S_i, CH_{S_i})^4, & d(S_i, CH_{S_i}) \geq d_0 \end{cases}$$

Để cung cấp một gói tin độ dài l tới CH, năng lượng tiêu thụ bởi S_i và S_j được tính theo công thức:

$$\begin{aligned} E_2(S_i, S_j, CH_{S_i}) &= E_{Tx}(l, d(S_i, S_j)) + E_{Rx}(l) + E_{Tx}(l, d(S_j, CH_{S_i})) \\ &= l(E_{elec} + \varepsilon d^\alpha(S_i, S_j)) + lE_{elec} \\ &\quad + l(E_{elec} + \varepsilon d^\alpha(S_j, CH_{S_i})) \\ &= 3lE_{elec} + \varepsilon d^\alpha(S_i, S_j) + \varepsilon d^\alpha(S_j, CH_{S_i}) \end{aligned}$$

Mỗi S_i chọn S_j với giá trị nhỏ nhất của năng lượng tiêu thụ $E_2(S_i, S_j, CH_{S_i})$ như là node chuyển tiếp nếu cần thiết:

$$E_2(S_i, CH_{S_i}) = \text{Min}(E_2(S_i, S_j, CH_{S_i}))$$

So sánh công thức E1 và công thức E2, cái nào nhỏ hơn sẽ được chọn:

$$\text{Min}(E(S_i, CH_{S_i}), E(S_i, BS))$$

Một cách tiếp cận mới mà trong đó các sink di động có được đề xuất với các mô phỏng mở rộng thể hiện hiệu quả của thuật toán MSA (Mobile Sink Assisted).

3.2 Thuật toán MECA (Mobile sink based Energy Efficient Clustering Algorithm)

Mạng được chia thành nhiều cụm khác nhau. CH được chọn trong mỗi cụm dựa trên năng lượng dư, mỗi CH thu thập dữ liệu và gửi nó đến sink di động. Thuật toán định tuyến là sử dụng lược đồ đa chặng

3.3 Thuật toán MSA (Mobile Sink Assisted)

Đường đi cho sink di động được giả định là không có trở ngại. Các sink di động được giả định có phạm vi truyền thông cao hơn, do đó nó có thể tiếp cận được nút cảm biến tĩnh.

3.4 Giới thiệu các công trình nghiên cứu theo hướng Mobile Sink

Đề xuất được thiết kế là LEACH_CD, được so sánh với LEACH, LEACH_C và cho thấy hiệu quả hơn để làm việc với môi trường cảm biến đồng nhất.

3.5 Phân cụm mờ kết hợp với Mobile Sink để kéo dài thời gian sống của mạng cảm biến không dây

3.5.1 Giới thiệu thuật toán

Đề xuất 1 trong [CT6] kết hợp hiệu quả năng lượng dựa trên giao thức định tuyến LEACH được phát triển cho sink di động là cơ sở trong bước đầu nghiên cứu. Đề xuất 2 trong [CT6] đã mang lại hiệu quả cao nhất khi xem xét kết hợp phân cụm dựa trên logic mờ với mô hình sink di động.

Kết quả của đề xuất 1 trong CT[6], như sau:

Bảng 3-1 Bảng so sánh tuổi thọ mạng giữa các đề xuất 1 với LEACH

Giao thức	Nút đầu tiên chết (vòng)	Nút cuối cùng chết (vòng)
LEACH	121	339
Đề xuất 1 R=100m	112	257
Đề xuất 1 R=75m	125	312
Đề xuất 1 R=50m	124	320
Đề xuất 1 R=25m	124	352
Đề xuất 1 R=15m	131	497

Căn cứ vào kết quả mô phỏng và bảng 4.5-1 có các đánh giá sau:

- Số lượng nút còn sống của cơ chế LEACH thấp hơn so với đề xuất 1 với R=15m, R=25m.
- Trong đề xuất 1 khi thay đổi bán kính di chuyển thì số lượng nút còn sống và năng lượng trung bình của mạng tăng lên.
- Do đó, đề xuất 2 sử dụng phân cụm mờ kết hợp với sink di động để tăng tính hiệu quả của đề xuất 1.

Đối với đề xuất 2 trong CT[6]

Trong đề xuất 2 sử dụng logic mờ dựa trên thuật toán CHEF hay nói cách khác sử dụng hệ thống suy luận mờ (FIS) để xác định các CH.

Các bước tiến hành mô phỏng như sau:

a) Các hàm (energy và location distance) đầu vào cho hệ thống suy luận mờ (FIS).

b) Tiến hành thiết lập các luật.

c) Áp dụng hệ thống suy luận mờ (FIS) để tính xác suất của từng nút.

d) Căn cứ vào xác suất của từng nút, chúng ta chọn những nút có xác suất lớn nhất làm CH.

e) Cho sink thay đổi vị trí trong quá trình mô phỏng, lựa chọn bán kính $R=50m, 15m$.

f) Quá trình sink thu thập dữ liệu từ các CH trong mạng.

Bảng 3-2 Bảng so sánh tuổi thọ mạng giữa đề xuất 2 với LEACH, CHEF, đề xuất 1

Giao thức	Nút đầu tiên chết (vòng)	Nút cuối cùng chết (vòng)
LEACH	114	386
CHEF	273	478
Đề xuất 1 $R=15m$	131	497
Đề xuất 2 $R=50m$	568	825
Đề xuất 2 $R=15m$	722	936

Căn cứ vào kết quả mô phỏng có nhận xét như sau:

- Số lượng các nút còn sống và năng lượng trung bình của đề xuất 2 $R=15m$, đề xuất 2 $R=50m$ cao hơn LEACH, CHEF, đề xuất 1.
- Trong đó đề xuất 2 $R=15m$ cho kết quả cao nhất.

[CT7] đề xuất một giải pháp lựa chọn cụm chủ tốt hơn, qua đó cải tiến thời gian sống của mạng.

3.5.2 Mô hình tiêu thụ năng lượng

Trong thuật toán này, việc sử dụng mô hình năng lượng sóng vô tuyến được đề xuất bởi Heinzelman trong giao thức LEACH để truyền tải một thông tin k -bit trong một khoảng cách d , thì mức năng lượng tiêu hao sẽ được tính theo công thức (4.7):

$$E_{Tx}(k, d) = \begin{cases} kE_{elec} + kE_{fs}d^2, & d < d_0 \\ kE_{elec} + kE_{mp}d^4, & d \geq d_0 \end{cases}$$

Và để nhận thông điệp này thì mức năng lượng tiêu hao sẽ được tính theo công thức (4.8):

$$E_{Rx}(k) = kE_{elec}$$

Trong đó:

- E_{elec} là năng lượng tiêu thụ khi truyền hay nhận 1 bit thông điệp

- Trong mô hình này, cả hai thông số của bộ khuếch đại là không gian trống (E_{fs} free space) và đa đường (E_{mp} - multipath) đã được sử dụng, tùy thuộc vào khoảng cách d giữa máy phát và máy thu. Giá trị ngưỡng khoảng cách truyền d_0 được cho bởi công thức (4.9):

$$d_0 = \sqrt{\frac{E_{fs}}{E_{mp}}}$$

3.5.3 Mô hình sink di động

Dựa trên ý tưởng thuật toán MECA về mô hình sink di động theo vòng tròn như trình bày ở phần 4.2. Sau khi các nút cảm biến ghi nhận lại vị trí ban đầu của sink, sink có thể di động theo góc teta (xét từ tâm khu vực cảm biến) sau một khoảng thời gian Δt :

$$v = \frac{\theta * R}{\Delta t} \Rightarrow \theta = \frac{v * \Delta t}{R}$$

Trong đề xuất này, việc xem xét sink di chuyển theo quỹ đạo đường tròn, với bán kính tính từ tâm khu vực cảm biến $R = 10m, 20m, 30m, 40m, 50m$ và sau khoảng thời gian $\Delta t = 30s$ thì sink thay đổi vị trí 1 lần và tốc độ di chuyển $v = 10m/s$. Xem xét sink di chuyển với quỹ đạo bán kính R khác nhau cho các kết quả khác nhau.

3.5.4 Hoạt động của giải pháp đề xuất

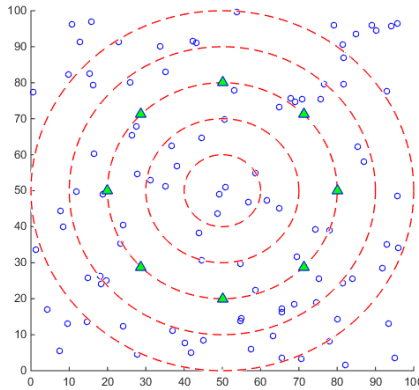
Bao gồm 3 giai đoạn:

Giai đoạn phân cụm mạng

Việc lựa chọn các CH được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp tiếp cận dựa trên logic mờ, các CH được lựa chọn dựa trên 3 tham số đầu vào hệ thống suy luận mờ (FIS) là: năng lượng còn lại (residual energy), khoảng cách cục bộ (local distance) và khoảng cách đến sink (distance to sink) của mỗi nút.

Giai đoạn điều hướng sink di động

Sink di động dựa trên mô hình sink di động của thuật toán MECA, tọa độ sink thay đổi theo thời gian với bán kính tính từ tâm khu vực cảm biến $R = 10m, 20m, 30m, 40m, 50m$ và sau khoảng thời gian $t = 30s$ thì sink thay đổi vị trí 1 lần và tốc độ di chuyển $V = 10m/s$.



Hình 3-3 Minh họa các vị trí của sink

Giai đoạn thu thập dữ liệu

Sink di động một khi đến gần nút CH, sẽ phát tín hiệu quảng cáo yêu cầu nút CH gửi tất cả các dữ liệu lưu trữ đến sink di động. Nút CH sẽ chuyển tiếp tất cả các dữ liệu tổng hợp đến sink di động

3.5.5 Đánh giá giải pháp

Đề xuất sử dụng logic mờ hay nói cách khác sử dụng hệ thống suy luận mờ (FIS) để xác định các CH. Căn cứ để sử dụng phương pháp này là dựa vào năng lượng (Energy) của từng nút, khoảng cách địa phương (Location distance) và khoảng cách đến sink (Distance to sink).

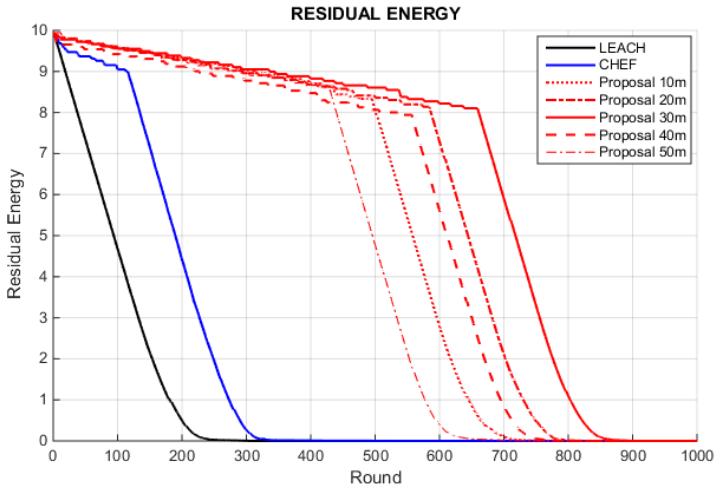
Các bước tiến hành mô phỏng như sau:

- a) Các hàm energy, location distance và distance to sink là các biến đầu vào cho hệ thống suy luận mờ (FIS).
- b) Tiến hành thiết lập các luật (27 luật)
- c) Áp dụng hệ thống suy luận mờ (FIS) để tính xác suất của từng nút.
- d) Căn cứ vào xác suất của từng nút, chúng ta chọn những nút có xác suất lớn nhất làm CH.
- e) Cho sink thay đổi vị trí trong quá trình mô phỏng, lựa chọn bán kính $R=10m, 20m, 30m, 40m, 50m$
- f) Quá trình sink thu thập dữ liệu từ các CH trong mạng.

Bảng 3-3. Bảng so sánh tuổi thọ mạng giữa đề xuất với LEACH, CHEF

Giao thức	Nút đầu tiên chết	Nút cuối cùng chết
LEACH	104	336
CHEF	213	538
Đề xuất $R = 10$	588	865

Đề xuất R = 20	681	847
Đề xuất R = 30	749	935
Đề xuất R = 40	644	922
Đề xuất R = 50	501	881



Hình 3-4. Đồ thị số nút còn sống giữa đề xuất với LEACH, CHEF

Hình 3-5. Đồ thị năng lượng còn lại giữa đề xuất với LEACH, CHEF
Dựa trên kết quả bảng 3-3 và các đồ thị:

- Giải pháp đề xuất cho kết quả tốt hơn so với LEACH, CHEF khi so sánh dựa trên các tiêu chí: số nút còn sống của mạng, năng lượng còn lại của mạng, năng lượng trung bình của mạng.
- Trong đề xuất với các bán kính khác nhau, R = 30 cho kết quả tốt nhất.

3.6 Sử dụng chiến lược di chuyển để tiết kiệm năng lượng của Mobile Sink trong mạng cảm biến không dây

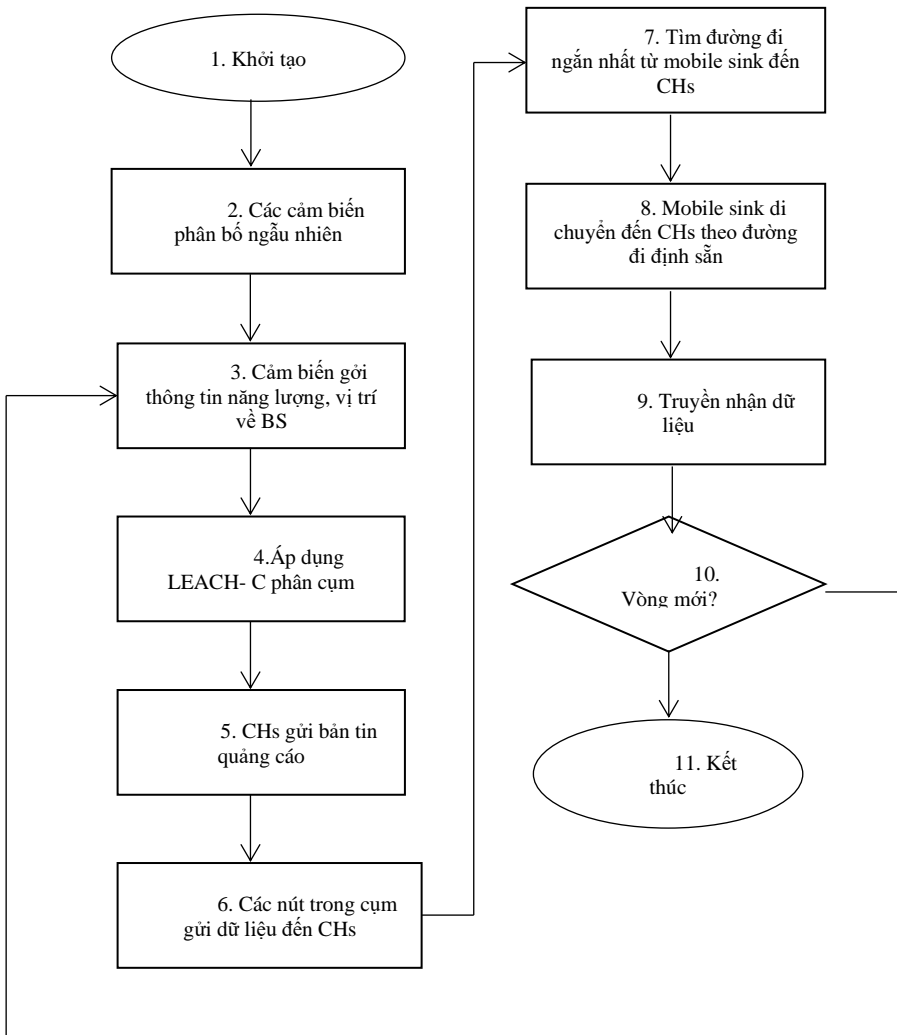
3.6.1 Giới thiệu

Với [CT8, 9], đề xuất một chiến lược xác định đường đi cho sự di chuyển của mobile sink về tiết kiệm năng lượng tiêu thụ trên sink di động và cải thiện thời gian sống WSN.

3.6.2 Thuật toán tìm đường đi ngắn nhất Dijkstra

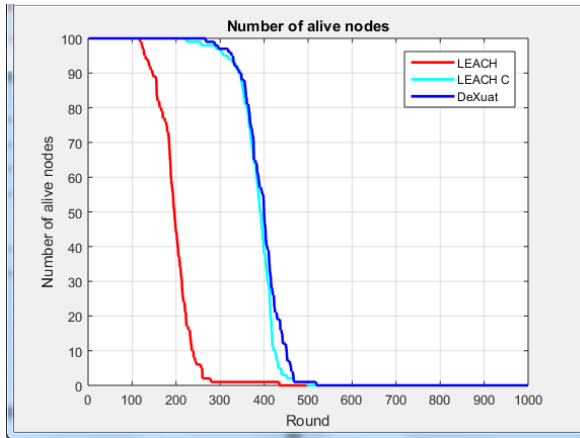
Thuật toán Dijkstra cho phép tìm đường đi ngắn nhất từ một đỉnh s đến các đỉnh còn lại của đồ thị và chiều dài (trọng số) tương ứng.

3.6.3 Lưu đồ hoạt động của thuật toán đề xuất



Trong cơ chế đề xuất này hướng di chuyển của sink thay đổi dựa trên thuật toán tìm đường đi ngắn nhất từ vị trí bắt đầu đến các nút cụm chủ CH, tại mỗi điểm dừng của mobile sink, nó sẽ có khoảng thời gian dừng nhất định để tổng hợp thông tin từ điểm dừng

3.6.4 Đánh giá giải pháp:



Hình 3-6: Mô phỏng so sánh số nút còn sống giữa đề xuất LEACH_CD với LEACH, LEACH_C

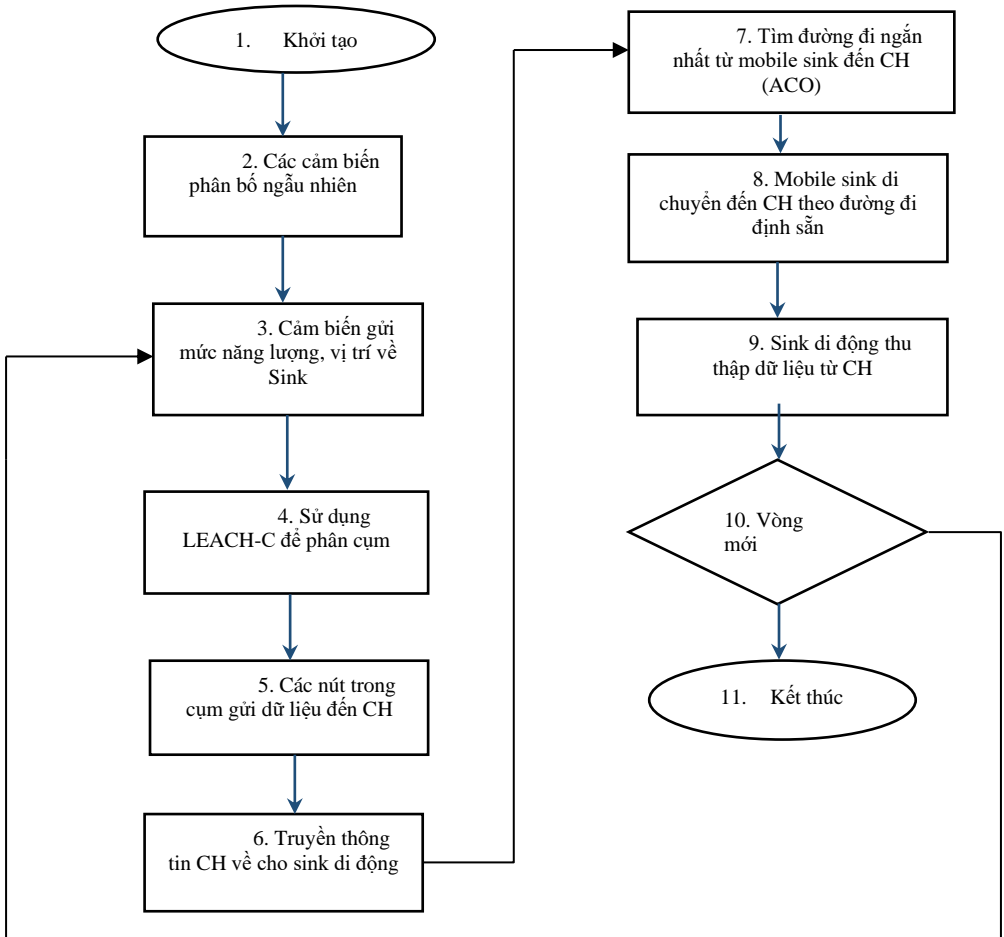
Bảng 3-4: Bảng so sánh tuổi thọ mạng giữa đề xuất với LEACH, LEACH-C

Giao thức	Nút đầu tiên chết (vòng)	Nút cuối cùng chết (vòng)
LEACH	119	433
LEACH_C	224	499
LEACH_CD (đề xuất)	268	519

Trong LEACH xác định CHs dựa vào xác suất ngẫu nhiên, LEACH_C và đề xuất LEACH_CD xác định CHs là dựa vào sự lựa chọn của trạm gốc SINK. Trong đó, LEACH_CD có sink di chuyển từ trạm gốc đến các cụm chủ CHs theo lộ trình được xác định bởi thuật toán Dijkstra. Tuy kết quả mô phỏng so sánh cho thấy đề xuất LEACH_CD cũng xấp xỉ kết quả LEACH_C và vượt trội hơn so với LEACH, nhưng giao thức đề xuất LEACH_CD cũng có hạn chế khi di động theo thuật toán tìm đường đi ngắn nhất Dijkstra sẽ bỏ qua một số nút cụm chủ, và do đó có thể bỏ sót thông tin thu thập.

3.6.5 Thuật toán ACO kết hợp với LEACH-C và sink di động

Thuật toán trong [CT9] kết hợp giao thức định tuyến phân cụm LEACH-C với giải thuật ACO để tìm đường đi ngắn nhất cho mobile sink đến các trường cụm CH để thu thập thông tin. Sơ đồ của thuật toán được trình bày như sau:



Hình 3-7 Sơ đồ của thuật toán ACO và Leach-C trên Sink di động

Kết quả mô phỏng của đề xuất sẽ được so sánh với kết quả trong [CT8]. Sử dụng thuật toán Dijkstra để tìm đường đi ngắn nhất từ một đỉnh đến các đỉnh còn lại của đồ thị với trọng số tương ứng. Hạn chế, của thuật toán khi sink di động theo thuật toán Dijkstra là sẽ bỏ qua một số nút là cụm chủ. Đề xuất thuật toán [CT9] ACO kết hợp với LEACH-C và sink di động đã hạn chế việc tiêu hao năng lượng và tăng thời gian sống của mạng.

Kết quả mô phỏng của [CT9]

Để phân tích và kiểm tra giải pháp đề xuất, một số mô phỏng được thực thi thông qua phần mềm mô phỏng matlab

Bảng 3-5: So sánh tuổi thọ mạng giữa giao thức đề xuất LEACH-CACO và giao thức LEACH, LEACH-C, LEACH-CD

Giao thức	Nút đầu tiên chết ở vòng chạy thứ	Nút cuối cùng chết ở vòng chạy thứ
LEACH	119	433
LEACH-C	224	499
LEACH-CD	268	519
LEACH-CACO (Đề xuất)	309	531

Căn cứ vào kết quả mô phỏng: số lượng các nút còn sống và năng lượng còn lại của đề xuất LEACH-CACO cao hơn LEACH, LEACH-C và LEACH-CD. Trong đó, ACO cũng là thuật toán tối ưu đường đi với mục tiêu tìm đường đi ngắn nhất nhưng lại xét trên toàn hệ thống qua đó giảm tối đa hiện tượng chọn trùng đường đi qua một nút trung gian, qua đó dàn đều công việc ra cho toàn bộ các nút trong hệ thống mà vẫn giảm được khoảng cách truyền

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Thông qua việc phân tích, đánh giá kết quả của các công trình nghiên cứu trước đó thì luận án có những đóng góp cụ thể như sau:

1) Các đề xuất dựa trên mô hình sink tĩnh:

+ Đề xuất 1: Trong [CT2] NCS đã đưa ra một cơ chế tốt hơn để định tuyến trong mạng cảm biến không đồng nhất dựa vào mức năng lượng. Đề xuất này đã được đăng trên tạp chí International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Vol.9, No.4, July 2017.

+ Đề xuất 2: Nhằm nâng cao hiệu quả của việc lựa chọn cụm chủ, NCS đề nghị kết hợp thuật toán phân cụm mờ ϵ FCM trong việc lựa chọn CH node vào giao thức SEP được thể hiện trong [CT3]

+ Đề xuất 3: Trong [CT4], NCS đã đề xuất áp dụng lý thuyết Fuzzy Logic kết hợp với thuật toán LEACH để cải thiện hiệu quả năng lượng. Tuy nhiên, đề xuất này mới chỉ là bước đầu trong nghiên cứu về áp dụng Fuzzy Logic để tăng hiệu quả năng lượng trong mạng cảm biến không dây. Tiếp đến trong [CT5], đề định tuyến hiệu quả thông qua tuyến đường truyền dữ liệu từ nút đến nút và kéo dài tuổi thọ mạng, phương thức đề xuất thuật toán sử dụng kết hợp cả hai phương pháp tiếp cận mờ và thuật toán A-sao có cải tiến độ ưu tiên trong việc lựa

chọn nút hình thành tuyến đường. Phương thức đề xuất có khả năng chọn tuyến đường định tuyến tối ưu từ nút nguồn đến trạm gốc bằng cách ưu tiên năng lượng còn lại cao nhất, số bước nhảy tối thiểu, tải lưu lượng thấp nhất và là nút tốt.

2) Các đóng góp dựa trên mô hình sink động:

Đến [CT6] đã xây dựng 2 đề xuất, đề xuất 1 kết hợp hiệu quả năng lượng dựa trên giao thức định tuyến LEACH được phát triển cho sink di động là cơ sở trong bước đầu nghiên cứu. Đề xuất 2 đã mang lại hiệu quả cao nhất khi xem xét kết hợp phân cụm dựa trên logic mờ với mô hình sink di động. Hai đề xuất được thiết kế, so sánh với LEACH, CHEF và cho thấy hiệu quả hơn để làm việc với môi trường cảm biến đồng nhất. Cả hai đề xuất được giới thiệu đều được tăng cường với sink di động theo đường dẫn có thể dự đoán được cho cơ chế thu thập dữ liệu, xác định trạng thái chuyển động sink tốt hơn liên quan đến tuổi thọ của mạng. Việc áp dụng logic mờ trong quá trình lựa chọn trường cụm tốt hơn LEACH và ý tưởng kết hợp thuật toán phân cụm mờ CHEF với sink di động sẽ cân bằng mức tiêu thụ năng lượng giữa các nút CH vì có thể giảm phạm vi truyền dẫn giữa các nút đó với sink. Do đó, kết hợp chiến lược di chuyển sink theo đường dẫn cố định với phân cụm mờ giúp cải thiện thời gian sống của mạng. Trong [CT7], đề xuất một cách cải tiến thời gian sống của mạng cảm biến không dây sử dụng phân cụm mờ, kết hợp với sink di động có dự đoán trước. Trong đó, việc chọn cụm chủ dựa trên ba thông số năng lượng còn lại, khoảng cách cục bộ và khoảng cách đến sink. Việc triển khai sink di động đã góp phần giải quyết vấn đề lỗi năng lượng, sink di chuyển ở khu vực giữa và gần trung tâm mạng sẽ cho kết quả tốt hơn.

Với [CT8, CT9], đề xuất một chiến lược xác định đường đi cho sự di chuyển của mobile sink về tiết kiệm năng lượng tiêu thụ trên sink di động và cải thiện thời gian sống WSN. Thuật toán sử dụng giao thức định tuyến phân cụm LEACH-C kết hợp với giải thuật Dijkstra, ACO tìm đường đi ngắn nhất cho sink di động từ trạm SINK đến các cụm chủ CH để thu thập thông tin cảm biến.

Luận án này có thể mở rộng với các nghiên cứu trong tương lai với các chiến lược sink di động và phân cụm có thể được chỉnh sửa và cải tiến bằng cách xem xét các vấn đề sau:

Để có kết quả nâng cao, một thuật toán tối ưu hóa bằng cách sử dụng các tính toán tiến hoá như Thuật toán di truyền (GA), tối ưu đàn kiến (ACO) có thể được thực hiện trên đường dẫn di chuyển của sink để xác định tốc độ, số điểm dừng, thời gian dừng, và vị trí của điểm dừng sink để tiêu thụ năng lượng tốt nhất. Cách tiếp cận thiết kế phát triển có thể được thực hiện trên một giao thức định tuyến khác.

Luận án đề xuất chỉ xem xét WSN đồng nhất, các nghiên cứu sâu hơn có thể được thực hiện bằng cách xem xét WSN không đồng nhất. Tăng cường tính linh hoạt của đề xuất thích ứng với các điều kiện mạng rộng hơn, công việc tương lai có thể có nhiều sink di động và các nút cảm biến thông thường cũng có thể di chuyển.

CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU

[CT1] Tran Cong Hung, Phan Thi The “A Proposal to Reduce Energy Consumption for Wireless Sensor Network” Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Telecommunications (JSAT), 2015 Edition, Vol. 5, No.7, ISSN 1925-2676, pages 01-04, October 2015, Canada, Website: <http://www.cyberjournals.com/2015.html>;
<http://www.cyberjournals.com/Papers/2015/07.pdf>

[CT2] Phan Thi The, Bui Hoang Mai, Nguyen Thanh Tuan, Tran Cong Hung, “Improving Distributed Energy Efficient Clustering Algorithm to Save Lifetime for Heterogeneous WSN”, International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Vol.9, No.6, Nov 2017, DOI: 10.5121/ijcnc.2017.9407, pp.81-96, Scopus, <http://aircse.org/journal/ijc2017.html>, <http://airconline.com/ijcnc/V9N4/9417cnc07.pdf>

[CT3] Phan Thi The, Nguyen Quang Quyen, Tran Cong Hung “A Proposal to Improve SEP Routing Protocol Using Insensitive Fuzzy C-Means in Wireless Sensor Network”, International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Scopus Vol.9, No.4, July 2017, <http://airconline.com/ijcnc/V9N6/9617cnc04.pdf>

[CT4] Phan Thi The, Le Chien Thang, Tran Cong Hung “Proposal to reduce energy consumption by integrated improvement of leach and fuzzy inference system in the wireless sensor network”, Journal of Communication and Computer (ISSN 1548-7709, USA, Paper No: JCC-E20170705-1, 2017

[CT5] Phan Thi The, Nguyen Quoc Thinh, Nguyen Thanh Tuan, Tran Cong Hung, Using Fuzzy logic and search algorithms to balance consumption power and maximum lifespan for Wireless Sensor Network, Journal of Science & Technology on Information and Communications, ISSN: 2525-2224, pp.16-21, 04(CS.01)2018, PTIT, 01/2019

[CT6] Phan Thi The, Vu Nhu Manh, Tran Cong Hung, Le Dien Tam “Improving Network Lifetime in Wireless Sensor Network Using Fuzzy Logic Based Clustering Combined With Mobile Sink”, ICACT 2018 (The 20th International Conference on Advanced Communication Technology), <http://www.icact.org>, Publication Date: 11-14 Feb.2018, On page(s): 113-119, Korea, ISSN: 1738-9445, ISBN: 979-11-88428-00-7(CD), 979-11-88428-01-4(Pdf), IEEE Catalog Number CFP18561-CDR, CFP18561-ART, indexed by Scopus

[CT7] Phan Thi The, Nguyen Ngoc Thang, Tran Cong Hung An Improvement of Fuzzy Logic Based Clustering Combined for Mobile Sink Algorithm, ICMLSC 2019 (Proceedings of The 3rd International Conference on Machine Learning and Soft Computing), pp.65-70, ACM New York, NY, USA @2019 (ISBN: 978-1-4503-6612-0), indexed by Ei Compendex, Scopus, Da Lat, Vietnam, January 25-28, 2019, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3311018>..

[CT8] Tran Cong Hung, Dang Thi Ngoc, Phan Thi The, Le Ngoc Hieu, H.N.T.Luan, Le Dien Tam A moving direction proposal to save energy consumption for mobile sink in wireless sensor network, ICACT 2019 (The IEEE 21st International Conference on Advanced Communication Technology), <http://www.icact.org>, Publication Date: 17-20 Feb.2019, On page(s): 107-110, Korea, ISSN: 1738-9445, ISBN: 979-11-88428-03-8, 979-11-88428-01-4(Pdf), IEEE Catalog Number: CFP19561-USB, such as SCOPUS, EI Compendex, INSPEC, and Conference Proceedings Citation Index (CPCI).

[CT9] Tran Cong Hung, Phan Thi The Incorporate ACO routing algorithm and mobile sink in Wireless Sensor Networks, IJECE 2020 (International Journal of Electrical and Computer Engineering), IJECE, ISSN 2088-8708, e-ISSN 2722-2578, SCOPUS indexed Journal, SNIP: 1.144; SJR: 0.368; CiteScore: 1.63; SJR & CiteScore Q2, đã được chấp nhận ngày 26/09/2020, được xuất bản tháng 10/2021