

## TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG CHO MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY DỰA TRÊN THUẬT TOÁN TỐI ƯU HÓA BẦY ĐÀN PSO CẢI TIẾN

Lê Văn Bé<sup>(1)</sup>, Bùi Công Danh<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Trường Cao Đẳng Sư Phạm Kiên Giang, <sup>(2)</sup>Trường Đại học Công Nghiệp Thực Phẩm TP.HCM

Ngày gửi bài: 26/9/2015

Ngày chấp nhận đăng: 05/10/2015

### TÓM TẮT

Làm thế nào để tối ưu hóa các cụm trong việc giảm và cân bằng năng lượng tiêu thụ của các node trên toàn mạng. Do đó, một giao thức phân cụm tập trung dựa trên giải thuật tối ưu hóa bầy đàn (PSO) cải tiến được đề xuất. Nó định nghĩa một hàm thích nghi dựa trên 3 yếu tố: khoảng cách giữa các node với cụm chủ, năng lượng của cụm chủ và khoảng cách giữa cụm chủ với trạm gốc. Bên cạnh đó, giao thức đề xuất cải tiến hơn so với giao thức dựa trên giải thuật PSO truyền thống ở quá trình cập nhật tốc độ của các node. Kết quả cho thấy giao thức hiệu quả thật sự, có thể làm giảm năng lượng tiêu thụ của từng node, giảm tỉ lệ chết của các node, từ đó kéo dài thời gian sống của mạng.

**Từ khóa:** LEACH-C, PSO, WSN

### ENERGY-EFFICIENT CLUSTERING PROTOCOL FOR WSN BASED ON IMPROVED PSO

### ABSTRACT

Aiming at the problem that how to cluster all nodes with the optimization way, which can decrease the energy consumption of nodes, and balance the consumption of the entire network, a new centralized clustering protocol based on Particle Swarm Optimization(PSO) algorithm is proposed, which is compact, energy-aware and base-distance-aware. The definition of the fitness function of particle is based on three factors: the Euclidean distance between nodes and their associated cluster heads, the energy of cluster heads and the distance of cluster heads to base station. Simulation results demonstrate that the protocol can efficiently decrease the dead speed of nodes and prolong the network lifetime.

**Keywords:** LEACH-C, PSO, WSN

## 1. GIỚI THIỆU

Mạng cảm biến không dây (WSN: Wireless Sensor Networks) là một cấu trúc, là sự kết hợp các khả năng xử lý thông tin và các thành phần liên lạc để tạo khả năng quan sát, phân tích và phản ứng lại với các sự kiện và hiện tượng xảy ra trong môi trường cụ thể nào đó [1,2]. Những tiến bộ gần đây trong công nghệ vi cảm biến đã làm cho các cảm biến có thể được sản xuất với số lượng lớn, chi phí thấp, kích cỡ nhỏ và có thể sử dụng trong một vùng rộng lớn như môi trường quân đội, giám sát môi trường, cũng như nhiều vấn đề khác [3]. Khi nghiên cứu tổng quan về vấn đề thiết kế mạng trong WSN, có nhiều vấn đề quan trọng cần phải được xem xét như là kích cỡ nhỏ của các node cảm biến, phần cứng phức tạp và tiêu thụ năng lượng cực thấp. Trong những vấn đề đó, sự hiệu quả năng lượng nên xem xét như mục tiêu thiết kế chính yếu. Bởi vì một node cảm biến có thể chỉ được cung cấp nguồn năng lượng nhất định. Trong một vài trường hợp, việc bổ sung nguồn năng lượng là không thể vì vậy thời gian sống của một node cảm biến là phụ thuộc hoàn toàn vào nguồn năng lượng cung cấp.

Phân cụm là một trong những phương pháp thiết kế được sử dụng để quản lý việc tiêu thụ năng lượng hiệu quả, bằng cách tối thiểu số lượng các node tham gia trao đổi đường dài với trạm gốc và phân phối nguồn năng lượng tiêu thụ đồng đều giữa các node trong mạng [4]. Trong phương pháp này, mỗi nhóm cảm biến có một node làm cụm chủ để tập hợp dữ liệu từ cụm tương ứng của nó và gửi đến trạm gốc. Do đó, ứng dụng của phương pháp phân cụm đã làm giảm lượng thông tin cần truyền, cũng như tăng cường việc phân bố nguồn tài nguyên và

tái sử dụng băng thông. Trong bài viết này, chúng tôi giới thiệu một vài giao thức với mục tiêu tối đa thời gian sống của WSN bằng việc áp dụng kiến trúc mạng phân cụm. Một trong những giao thức phân cụm được biết đó là LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy). LEACH là giao thức phân cấp theo cụm thích ứng năng lượng thấp. Trong LEACH, các node tự tổ chức thành các cụm, trong đó một node sẽ đóng vai trò là node chủ cụm. Tất cả các node không phải là node chủ sẽ phải truyền dữ liệu của nó tới node chủ cụm. Node chủ cụm nhận dữ liệu từ tất cả các node thành viên trong cụm, thực hiện xử lý dữ liệu cục bộ rồi truyền tới trạm gốc [5]. Hoạt động của LEACH được chia thành các vòng. Mỗi vòng bắt đầu cùng với pha cài đặt khi mà các cụm được hình thành, sau đó đến pha ổn định khi mà các khung dữ liệu được gửi tới các node chủ và gửi tới trạm gốc.

Một cải tiến của giao thức này được biết đến đó là giao thức LEACH-C [6]. Trong LEACH-C việc hình thành cụm được thực hiện khi bắt đầu mỗi vòng. LEACH-C sử dụng một giải thuật tập trung bởi trạm gốc. Trạm gốc sử dụng thông tin nhận được từ mỗi node trong suốt pha cài đặt để tìm một số xác định trước của chủ cụm và cấu hình mạng thành các cụm. Sau đó, một nhóm cụm được chọn để tối thiểu năng lượng yêu cầu cho các node không là chủ cụm, để truyền dữ liệu của nó đến chủ cụm tương ứng. Khi so sánh hiệu năng của LEACH và LEACH-C thì LEACH-C tốt hơn LEACH [7], bởi vì nó cải tiến việc hình thành cụm bằng trạm gốc. Hơn nữa, số lượng chủ cụm trong mỗi vòng của LEACH-C là bằng với giá trị tối ưu mong muốn. Trong khi đó, đối với LEACH, điều này không thực hiện được. Do đó thiếu sự hợp tác toàn cục giữa các node.

Một giao thức khác, với mục đích nâng cao thời gian sống của mạng là giao thức PEGASIS [8]. PEGASIS sử dụng thuật toán tham lam để tổ chức các node thành một vòng, trong đó mỗi node truyền và nhận dữ liệu chỉ từ một lân cận của nó. Trong mỗi vòng, một node sẽ được chọn ngẫu nhiên từ các node để truyền dữ liệu tổng hợp về trạm gốc và giảm số lượng node liên lạc trực tiếp với trạm gốc.

Trong bài viết này, chúng tôi xây dựng các cụm để kéo dài thời gian sống của toàn mạng bằng việc dựa trên giải thuật PSO cải tiến. Giao thức đề xuất của chúng tôi sử dụng các node có mức năng lượng cao sẽ trở thành cụm chủ và phân bố các cụm đều khắp trong toàn mạng. Ý nghĩa chính trong giao thức đề xuất là việc tăng nhanh quá trình lựa chọn các cụm chủ để tối thiểu khoảng cách giữa các node bên trong cụm và giữa các cụm với nhau và tối thiểu nguồn năng lượng tiêu thụ của mạng. Phần còn lại của bài viết này được tổ chức như sau: Phần II chúng tôi trình bày chi tiết về giải thuật PSO và giải thuật PSO cải tiến. Phần III chúng tôi mô tả về mô hình mạng và mô hình năng lượng được sử dụng trong các giao thức. Phần IV sẽ trình bày về mô phỏng và đánh giá và cuối cùng là kết luận lại vấn đề.

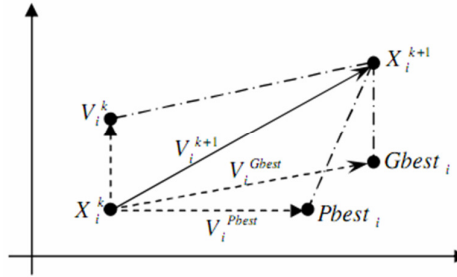
## **2. GIẢI THUẬT PSO VÀ PSO CẢI TIẾN**

### **2.1. Tổng quan về giải thuật bầy đàn (Pso)**

PSO là một kỹ thuật tối ưu hóa ngẫu nhiên dựa trên một quần thể và sau đó tìm nghiệm tối ưu bằng cách cập nhật các thế hệ, được phát triển bởi Dr.Eberhart và Dr.Kennedy, phỏng theo hành vi của các bầy chim hay các đàn cá [10]. PSO có nhiều sự tương tự như kỹ thuật tính toán tiến hóa trong thuật toán di truyền GA (Genetic algorithm). Tuy nhiên, không giống như GA, PSO không có các thao tác tiến hóa như là lai ghép hay đột biến.

Trong một hệ thống PSO, mỗi phần tử trong bầy đàn sẽ thay đổi vị trí bằng cách di chuyển nhiều vị trí khác nhau trong không gian tìm kiếm cho đến khi tìm được vị trí tốt nhất.

Khái niệm về sự thay đổi những điểm tìm kiếm của thuật giải PSO được biểu diễn ở hình 2.1.



**Hình 2.1** Khái niệm về sự thay đổi điểm tìm kiếm của PSO

**Trong đó:**

- $X_i^k$ : Vị trí cá thể thứ  $i$  tại thế hệ thứ  $k$ .
- $X_i^{k+1}$ : Vị trí cá thể thứ  $i$  tại thế hệ thứ  $k+1$ .
- $V_i^k$ : Vận tốc cá thể thứ  $i$  tại thế hệ thứ  $k$ .
- $V_i^{k+1}$ : Vận tốc cá thể thứ  $i$  tại thế hệ thứ  $k+1$ .
- $V_i^{Pbest}$ : Vận tốc theo  $P_{best}$ .
- $V_i$ : Vận tốc theo  $G_{best}$ .
- $P_{best}$ : Vị trí tốt nhất của cá thể thứ  $i$ .
- $G_{best}$ : Vị trí tốt nhất của cá thể trong quần thể.

Để cho dễ hiểu tư tưởng của thuật toán PSO. Chúng ta xem xét một ví dụ như sau: giả sử có một bầy chim đang tìm kiếm thức ăn trong một vùng nào đó. Tất cả các con chim là không biết thức ăn ở đâu. Tuy nhiên, chúng biết là thức ăn cách xa bao nhiêu sau mỗi lần bay đi bay lại (lập). Câu hỏi đặt ra là: cách tốt nhất để tìm được thức ăn là gì? Câu trả lời đơn giản là theo sau những con chim gần chỗ thức ăn nhất. PSO phỏng theo kịch bản này và sử dụng nó để giải các bài toán tối ưu.

Trong PSO, mỗi giải pháp đơn trong ví dụ trên mỗi cá thể được gọi là particle, cụ thể trong môi trường WSN đó là node cảm biến. Mỗi node có một giá trị thích nghi được đánh giá bằng hàm đo độ thích nghi và một vận tốc để định hướng việc bay tìm kiếm của nó [1,12]. Các node sẽ duyệt không gian bài toán bằng cách theo sau các node có điều kiện tốt nhất hiện thời.

PSO là được khởi tạo bởi một nhóm ngẫu nhiên các node, sau đó tìm kiếm giải pháp tối ưu bằng việc cập nhật các thế hệ. Trong mỗi thế hệ, mỗi node là được cập nhật bởi hai giá trị: giá trị thứ nhất, gọi là  $P_{best}$  (là nghiệm tốt nhất đạt được cho tới thời điểm hiện tại) hay là giá trị thích nghi của node tốt nhất trong thế hệ hiện thời. Giá trị thứ hai, gọi là  $G_{Best}$  (là nghiệm tốt nhất mà node lân cận node này đạt được cho tới thời điểm hiện tại) hay là giá trị thích nghi của node tốt nhất trong tất cả các thế hệ từ trước đến bây giờ. Nói cách khác, mỗi node trong mạng cập nhật vị trí của nó theo vị trí tốt nhất của nó và của node khác trong mạng tính tới thời điểm hiện tại. Quá trình cập nhật các node dựa trên hai công thức sau: [11]

$$v_{i,m} = w \cdot v_{i,m} + c_1 * rand() * (Pbest_{i,m} - x_{i,m}) + c_2 * Rand() * (Gbest_m - x_{i,m}) \quad (1)$$

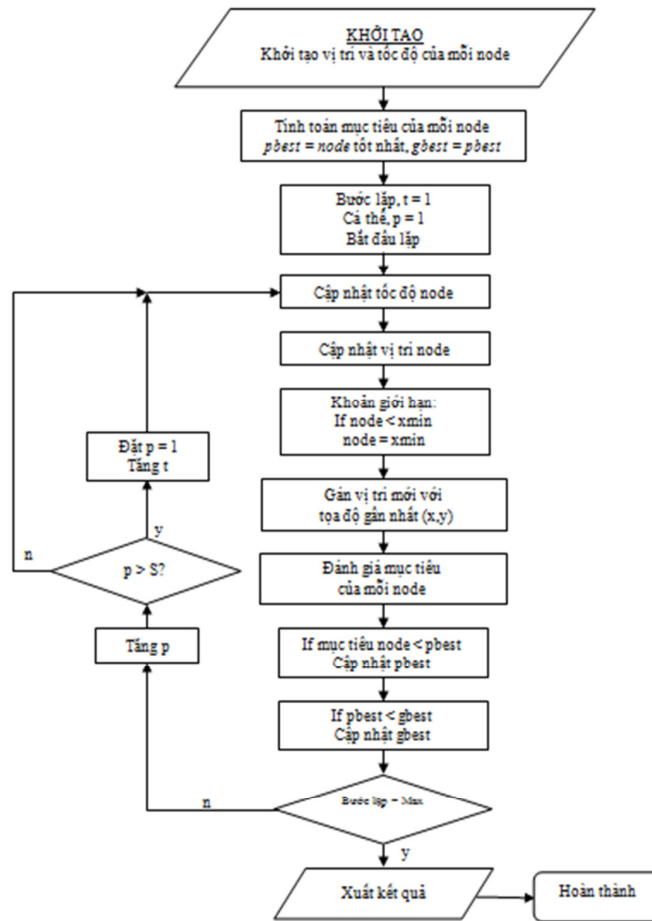
$$x_{i,m} = x_{i,m} + v_{i,m} ; i = 1, 2, \dots, n; m = 1, 2, \dots, d \quad (2)$$

**Trong đó**

- $n$ : Số phần tử trong nhóm.
- $d$ : Kích thước mạng (dimension).

- k: Số lần lặp lại.
- $v^{(k)}_{i,m}$ : Vận tốc của node thứ i tại thế hệ thứ k.
- w : Trọng số quán tính.
- $c_1, c_2$ : Hệ số gia tốc.
- Rand (): Là một số ngẫu nhiên trong khoảng (kích cỡ của cụm, kích cỡ của bài toán).
- $x^{(k)}_{i,m}$ : Vị trí node thứ i tại thế hệ thứ k.
- Pbest i : Vị trí tốt nhất của node thứ i.
- Gbest i : Vị trí tốt nhất của node trong mạng.

## 2.2. LƯU ĐỒ GIẢI THUẬT CỦA THUẬT TOÁN PSO



Hình 2.2 Lưu đồ giải thuật PSO

Lưu đồ hình 2.2 cho thấy sơ đồ của giải thuật PSO. Đối với một WSN với N node và K số xác định trước của cụm, quá trình hình thành cụm gồm 7 bước như sau [13]:

1. Khởi tạo S node chứa ngẫu nhiên K được chọn làm cụm chủ trong số các cụm chủ đủ điều kiện
2. Đánh giá hàm chi phí của mỗi node:
  - a. Với mỗi node  $n_i, i=1, 2, \dots, N$ 
    - i. Tính toán khoảng cách  $d(n_i, CH_{p,k})$  giữa node  $n_i$  và tất cả cụm chủ  $CH_{p,k}$
    - ii. Gán node  $n_i$  cho cụm chủ  $CH_{p,k}$

$$d(n_i, CH_{p,k}) = \min_{\forall k=1,2,\dots,K} \{d(n_i, CH_{p,k})\}$$

b. Tính toán hàm chi phí sử dụng phương trình sau:

$$\begin{aligned} \cos t &= \beta \times f_1 + (1 - \beta) \times f_2 \\ f_1 &= \max_{k=1,2,\dots,K} \left\{ \sum d(n_i, CH_{p,k}) / |C_{p,k}| \right\} \\ f_2 &= \sum_{i=1}^N E(n_i) / \sum_{k=1}^K E(CH_{p,k}) \end{aligned}$$

Trong đó,  $f_1$  là khoảng cách trung bình tối đa của các node đến cụm chủ của nó và  $|C_{p,k}|$  là số lượng các node thuộc về cụm  $C_k$  của cá thể  $p$ . Hàm  $f_2$  là tỉ số của toàn bộ năng lượng khởi tạo của tất cả các node  $n_i, i=1,2,\dots,N$  trong mạng với toàn bộ năng lượng đang có của cụm chủ trong vòng hiện tại. Hằng số  $\beta$  là hằng số do người dùng định nghĩa dùng để đo mức độ thích nghi của mỗi mục tiêu nhỏ. Hàm mục tiêu  $f_1$  được xác định trên có mục tiêu đồng thời tối thiểu khoảng cách của các node trong cụm và của các cụm chủ và hàm  $f_2$  có mục tiêu tối ưu năng lượng của mạng.

3. Tìm vị trí node tốt nhất
4. Cập nhật vị trí, tốc độ của node, sử dụng phương trình (1), (2)
5. Hạn chế sự thay đổi về giá trị vị trí của node
6. Gán vị trí mới được cập nhật với tọa độ gần nhất (x,y)
7. Lặp lại bước 2 đến bước 6 cho đến khi số bước lặp là tối đa.

### 2.3. GIẢI THUẬT PSO CẢI TIẾN

Trong quá trình tìm hiểu giải thuật PSO chúng tôi nhận thấy rằng, tại một thời điểm chỉ cập nhật tốc độ của của một cá thể đang xét. Từ đó dẫn đến quá trình tìm kiếm thức ăn (hội tụ) của các cá thể chậm lại. Để hạn chế được vấn đề này chúng tôi đề xuất cần phải cập nhật tốc độ cho các cá thể lân cận cá thể đang xét. Qua quá trình thí nghiệm chúng tôi đưa ra công thức sau để cập nhật tốc độ cho các cá thể lân cận cá thể đang xét:

$$\begin{aligned} v_{i,m} &= w \cdot v_{i,m} + c_1 * \text{rand}() * (Pbest_{i,m} - x_{i,m}) \\ &+ c_2 * \text{Rand}() * (Gbest_m - x_{i,m}) \\ &+ c_3 * \text{Rand}() * (Bbest_m - x_{i,m}) \end{aligned} \quad (7)$$

Ngoài ra, để quá trình hội tụ các cá thể được nhanh hơn trong giải thuật này chúng tôi còn thiết lập một giá trị tốc độ tối đa  $V_{max}$ . Nếu  $V > V_{max}$  thì sẽ gán  $V = V_{max}$ , nếu  $V < -V_{max}$  thì gán  $V = -V_{max}$ .

Từ những thay đổi này, chúng tôi gọi giao thức mà chúng tôi đề xuất là giao thức dựa trên giải thuật PSO cải tiến.

## 3. MÔ HÌNH HỆ THỐNG

### 3.1. Mô hình mạng

Chúng tôi giả định một mô hình mạng giống như trong [5] và [6] với các thuộc tính như sau:

- Mỗi node thực hiện việc thực hiện nhiệm vụ cảm biến định kỳ và luôn có dữ liệu để gửi đến trạm gốc.
- Một trạm gốc cố định có thể đặt bên trong hoặc bên ngoài vùng mạng cảm biến.

- Tất cả các node là đứng yên và năng lượng là cố định.
- Các node có khả năng kiểm soát nguồn năng lượng để điều khiển việc truyền năng lượng của nó.
- Tất cả các node có khả năng hoạt động ở chế độ cụm chủ và chế độ gửi dữ liệu.
- Sự tổng hợp và xử lý dữ liệu trước được sử dụng để giảm việc phải truyền toàn bộ dữ liệu.

### 3.2. Mô hình năng lượng

Mô hình năng lượng của các cảm biến của chúng tôi là dựa trên mô hình trong [5]. Trong mô hình này, việc truyền mất đi năng lượng để truyền các sóng điện từ và năng lượng khuếch đại và việc nhận cũng mất đi năng lượng. Các sóng có thể thực hiện kiểm soát năng lượng, do đó sử dụng năng lượng tối thiểu cần thiết để đến được bên nhận. Do suy giảm theo khoảng cách, một mô hình mất năng lượng với  $d_{ij}^2$  được sử dụng cho khoảng cách tương đối ngắn và  $d_{ij}^4$  được sử dụng cho khoảng cách dài hơn, trong đó  $d_{ij}$  là khoảng cách giữa node cảm biến  $i$  và  $j$ . Vì thế để đạt được một tỉ số tín hiệu trên nhiễu có thể chấp nhận được trong việc truyền một thông điệp 1-bit trên khoảng cách  $d$ , năng lượng tiêu hao bởi sóng truyền được đưa ra bởi công thức sau:

$$E_{TX}(l,d) = l.E_{elec} + l.\epsilon_{FS}d^2, \text{ nếu } d < d_0 \\ = l.E_{elec} + l.\epsilon_{TR}d^4, \text{ nếu } d \geq d_0 \quad (8)$$

Trong đó  $E_{elec}$  là năng lượng mất đi trên bit lúc truyền hoặc nhận,  $\epsilon_{FS}$  và  $\epsilon_{TR}$  tùy thuộc vào mô hình khuếch đại chúng tôi sử dụng và  $d_0$  là ngưỡng khoảng cách truyền. Để nhận 1-bit thông điệp, sóng tiêu hao:

$$E_{RX}(l) = l.E_{elec} \quad (9)$$

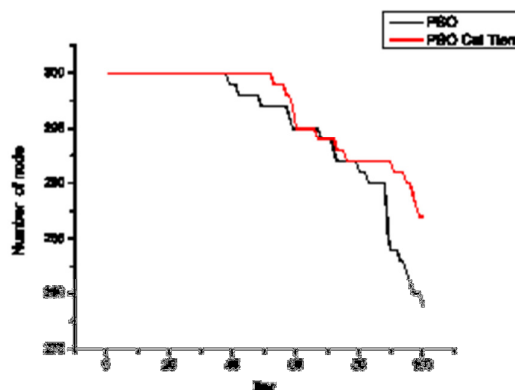
Đối với mô phỏng được mô tả trong bài viết này, các biến năng lượng được thiết lập như sau:

$$E_{elec} = 50nJ/bit, \epsilon_{FS} = 10pJ/bit/m^2 \text{ và } \epsilon_{TR} = 0.0013pJ/bit/m^4$$

Mô hình tổng hợp dữ liệu được sử dụng trong mô phỏng của chúng tôi giả định rằng các thông tin được thu thập bởi một cụm gồm  $n$  node, trong đó mỗi node thu thập  $k$  bit dữ liệu, có thể được nén để  $k$  bit không phụ thuộc vào số lượng các node trong cụm. Trong mô phỏng của chúng tôi, chi phí năng lượng cho việc tập hợp dữ liệu được thiết lập là  $E_{DA} = 5nJ/bit$

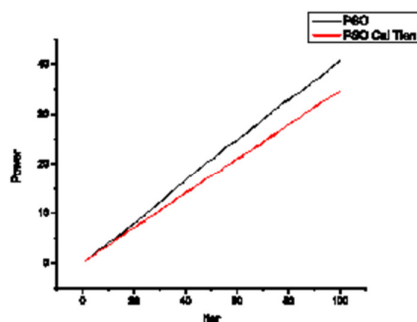
### 4. MÔ PHỎNG PHÂN TÍCH

Việc đánh giá, phân tích giao thức đề xuất được thực hiện bằng phần mềm Matlab [14]. Chúng tôi chạy các mô phỏng cho 300 node trong phạm vi 500m x 500m với mức năng lượng khởi tạo không đồng đều giữa các node để minh họa cho việc ảnh hưởng của các node có mức năng lượng khác nhau trong mạng. Giao thức đề xuất được so sánh với giao thức phân cụm dựa trên giải thuật PSO. Số lượng cụm được thiết lập là 5. Qua mô phỏng, chúng tôi xem xét một vài kiến trúc mạng ngẫu nhiên để lấy kết quả trung bình. Vị trí trạm gốc được đặt tại vị trí có tọa độ (250, 250). Mô phỏng được thực hiện cho đến khi tất cả các node trong mạng tiêu hao hết toàn bộ năng lượng của chúng hoặc hết số vòng lặp theo quy định. Kích thước thông điệp dữ liệu được cố định là 500 byte. Đối với các biến của giải thuật PSO và PSO cải tiến,  $c_1=c_2=2$ ,  $c_3=1$ ,  $V_{max}=100$ ,  $w = 0.95$  đến 0.4.



**Hình 4.1 Thời gian sống của các node**

Hình 4.1 minh họa thời gian sống của hệ thống, được định nghĩa bằng số lượng node còn sống qua các vòng mô phỏng với vị trí của trạm gốc được đặt tại tọa độ như trên. Rõ ràng là giao thức đề xuất của chúng tôi có thể kéo dài thời gian sống của mạng so với giao thức dựa trên giải thuật PSO. Điều này là do giao thức của chúng tôi có tốc độ hội tụ tốt hơn nhờ vào quá trình cập nhật tốc độ cho các node lân cận. Do đó, năng lượng tiêu thụ bởi tất cả các node trong việc liên lạc với nhau có thể được giảm, làm cho khả năng sống của các node cao hơn so với giao thức dựa trên giải thuật PSO.



**Hình 4.2 Năng lượng tiêu hao của các node cảm biến**

Hình 4.2 minh họa năng lượng tiêu hao của các giao thức theo vòng. Rõ ràng, giao thức dựa trên giải thuật PSO cải tiến tốt hơn PSO. Điều này chính là do PSO cải tiến đã làm tăng quá trình hội tụ của các node, dẫn đến mức tiêu hao năng lượng ít hơn so với PSO.

## 5. KẾT LUẬN

Trong bài viết này chúng tôi đã trình bày một giao thức phân cụm tiết kiệm năng lượng cho WSN dựa trên giải thuật tối ưu hóa bầy đàn PSO cải tiến. Chúng tôi đã xây công thức mới để tính vận tốc của các node lân cận. Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng giao thức đề xuất dựa trên giải thuật PSO cải tiến sẽ kéo dài thời gian sống của mạng hơn, giảm được năng lượng tiêu thụ của các node cảm biến so với giao thức dựa trên giải thuật PSO. Trong tương lai chúng tôi cải tiến giao thức này để đạt được sự hiệu quả hơn về mặt năng lượng, thời gian sống... và so sánh nó với các giao thức khác như PEGASIS, GA, LEACH, LEACH-C...

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. R. V. Kulkarni and G. K. Venayagamoorthy(2011), "Particle Swarm Optimization in Wireless-Sensor Networks: A Brief Survey," *IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part C: Applications And Reviews*, vol. 41(no. 2).
- [2]. [2]-I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci(2002), "A survey on sensor networks," *IEEE Communications Magazine*, p. 102–114.
- [3]. K. Sohraby, D. Minoli and T. Znati(2007), "Wireless Sensor Network Technology, Protocol,and Application," John Wiley & Sons, Inc.
- [4]. N. M. Abdul Latiff, C. C. Tsimenidis, B. S. Sharif(2007), "Performance Comparison of Optimization Algorithms for Clustering in Wireless Sensor Networks," *IEEE Internatonal Conference on*, pp. 1-4.
- [5]. W. R. Heinzelman, A. P. Chandrakasan and H. Balakrishnan(2000), "Energy efficient communication protocol for wireless microsensor networks," in *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- [6]. W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan and H. Balakrishnan(2002), "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 1(no. 4), pp. 660-70.
- [7]. W. Xinhua and W. Sheng(2010), "Performance Comparison of LEACH and LEACH-C Protocols by NS2," *Ninth International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science*.
- [8]. S. Lindsey, C. Raghavendra and K. M. Sivalingam(2002), "Data gathering algorithms in sensor networks using energy metrics," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed System*, vol. 13(no. 9), pp. 924-935.
- [9]. J. Tillet, R. Rao, and F. Sahin(2002), "Cluster-head identification in ad hoc sensor networks using particle swarm optimization," *IEEE International Conference on Personal Wireless Communications*, pp. 201-205.
- [10]. J. Kennedy and R. C. Eberhart(1995), "Particle swarm optimization," *IEEE International Conference on Neural Networks*, vol. 4, pp. 1942-1948.
- [11]. G. K. V. S. M. Yamille del Valle, J.-C. Hernandez and R. G. Harley(2008), "Particle Swarm Optimization: Basic Concepts, Variants and Applications in Power Systems," *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, vol. 12(no. 2).
- [12]. J. Chen(2012), "Hybrid Clustering Algorithm Based On PSO With The Multidimensional Asynchronism And Stochastic Disturbance Method," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 46(no. 1).
- [13]. N. M. Abdul Latiff, C. C. Tsimenidis, B. S. Sharif(2007), "Energy-Aware Clustering for Wireless Sensor Networks using Particle Swarm Optimization," *The 18th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, pp. 1-5.
- [14]. <http://www.mathworks.com>.