

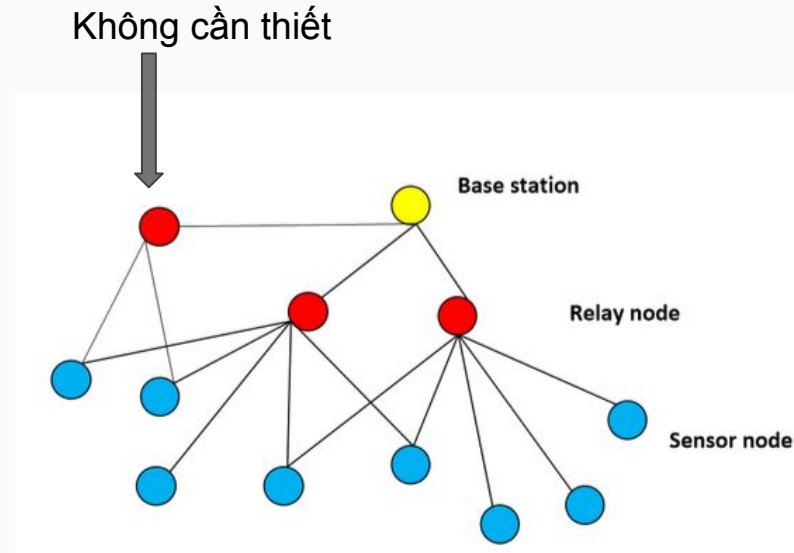
Optimal relay node placement for wireless single-hop sensor networks (RPWSN) : PSO Approach

Ngoc Bui



Problem Definition

- 1 base station, m relay nodes, n sensor nodes
- Chúng ta muốn thu thập dữ liệu từ các sensor về base station.
- Có thể sử dụng các relay nodes, không bắt buộc phải sử dụng hết toàn bộ.



Problem Definition

- Chi phí truyền k bits , khoảng cách d (các tham số còn lại là hằng số

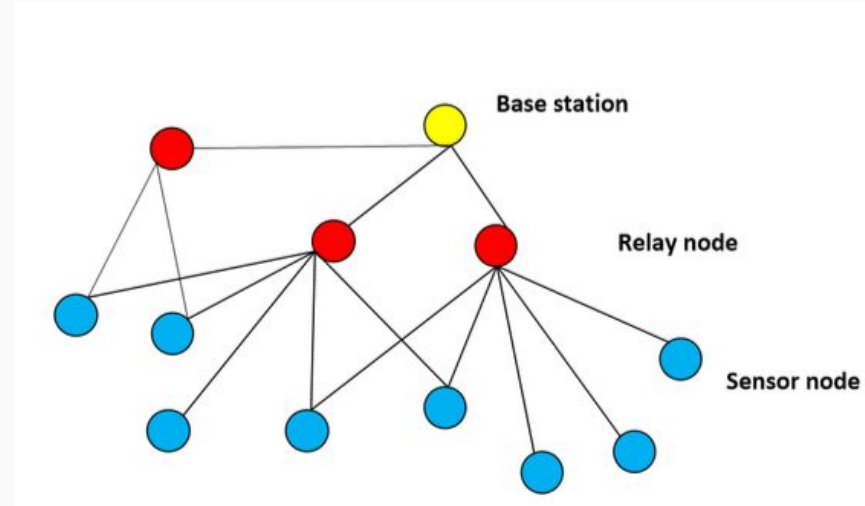
$$\widetilde{E}t = \begin{cases} k \times \epsilon_{elec} + k \times \epsilon_{fs} \times d^2 & \text{if } d < d_0 \\ k \times \epsilon_{elec} + k \times \epsilon_{mp} \times d^4 & \text{if } d \geq d_0 \end{cases} \quad (1)$$

- Chi phí nhận k bits

$$\widetilde{E}r = k \times \epsilon_{elec} \quad (2)$$

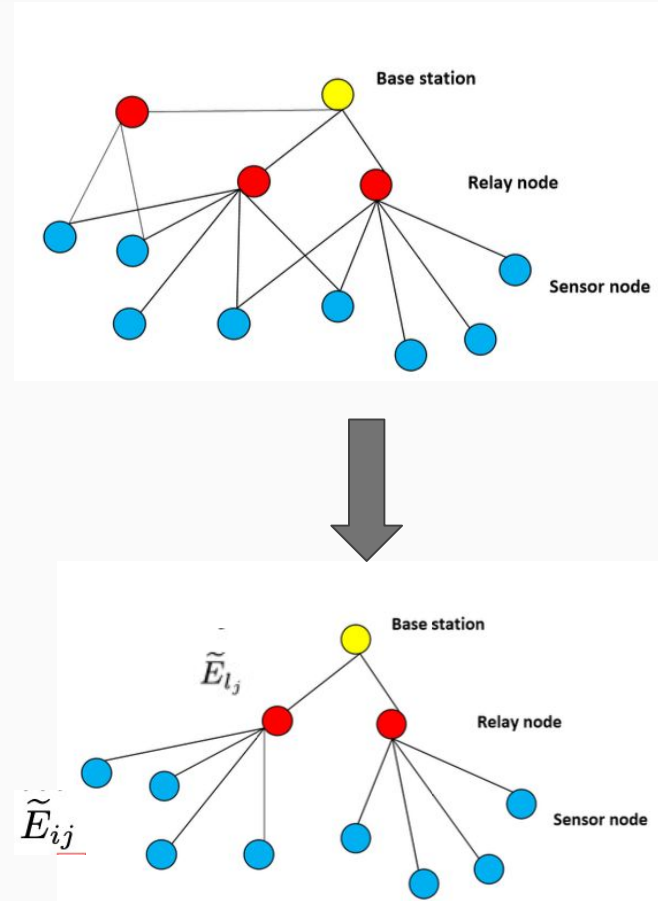
- Chi phí để relay node nhận dữ liệu từ num_j sensor node và gửi về base station:

$$\widetilde{E}l_j = \widetilde{E}t_{l_j} + num_j * \widetilde{E}r \quad (3)$$



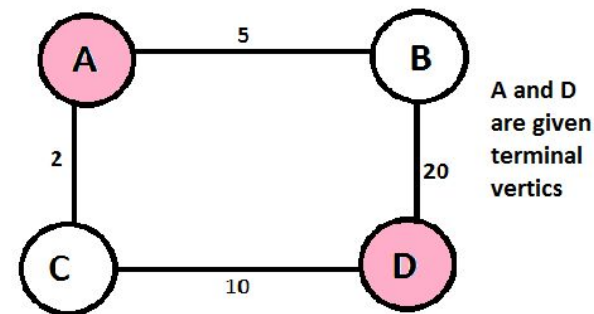
Problem Definition

- Tìm cách truyền dữ liệu từ các sensor nodes đến base station sao cho năng lượng tiêu thụ tối đa tại mỗi node là tối thiểu.

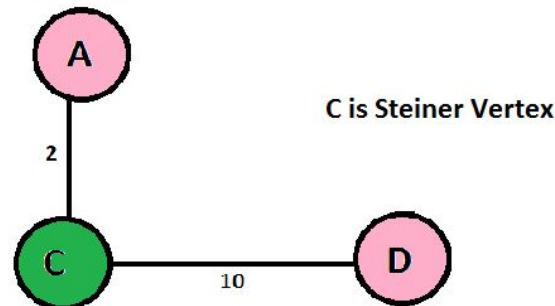


Steiner Tree Problem

- Cho đồ thị $G = (V, E)$,
- $U \subset V$: Terminal vertices
- Steiner Tree là một cây con của G phủ tất cả các đỉnh của U .
- Steiner Tree có thể sử dụng các đỉnh không thuộc U , và các đỉnh đó được gọi là Steiner Node
- Steiner Tree Problem: tìm cây Steiner có trọng số cực tiểu.



Below is Minimum Steiner Tree for above Graph



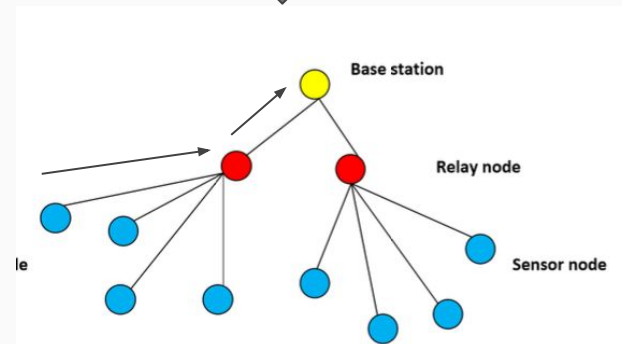
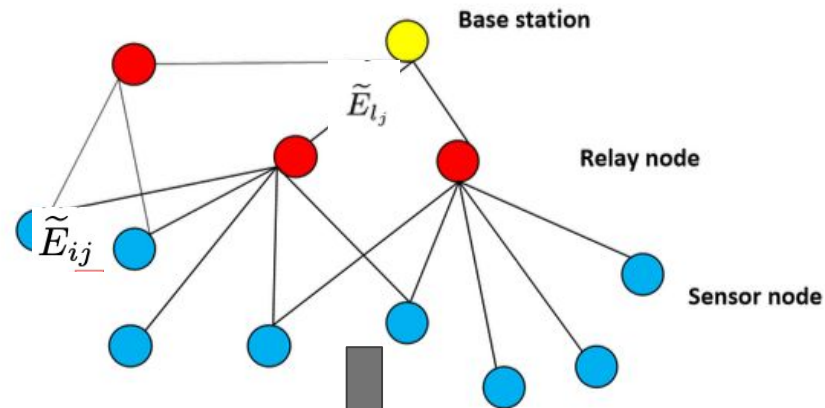
Problem Formulation

- Cho đồ thị $G = (V, E)$, có số đỉnh $|V| = n+m+1$.
- Một cạnh (u,v) thuộc E nếu $\text{distance}(u,v) < d'$
- Tìm Steiner tree của đồ thị G sao cho:

$$\max_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m} (\tilde{E}_{ij}, \tilde{E}_{l_j}) \rightarrow \min \quad (4)$$

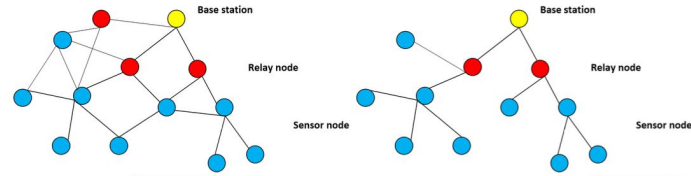
$$\tilde{E}_{l_j} = \tilde{E}_{t_{l_j}} + \text{num}_j * \tilde{E}r \quad (3)$$

$$\tilde{E}r = k \times \epsilon_{elec} \quad (2)$$

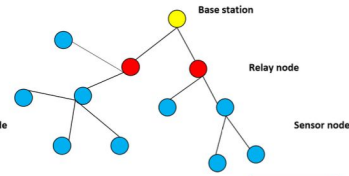


Multi-hop problem

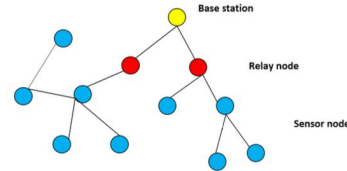
$$\max_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m} (\tilde{E}_{s_i}, \tilde{E}_{t_j}) \rightarrow \min \quad (7)$$



(a) A RPWMN graph.



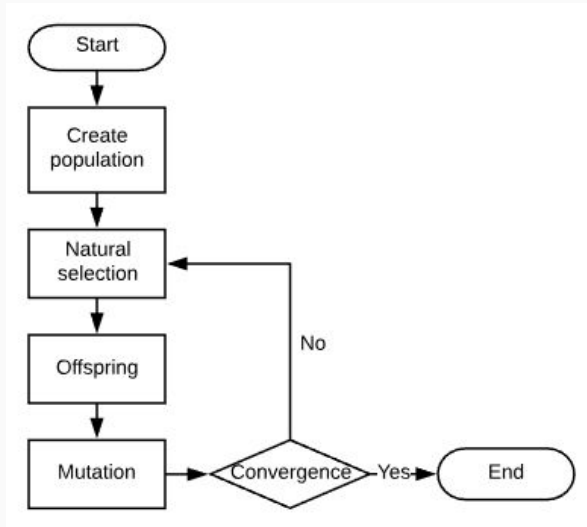
(b) A possible solution for RPWMN.



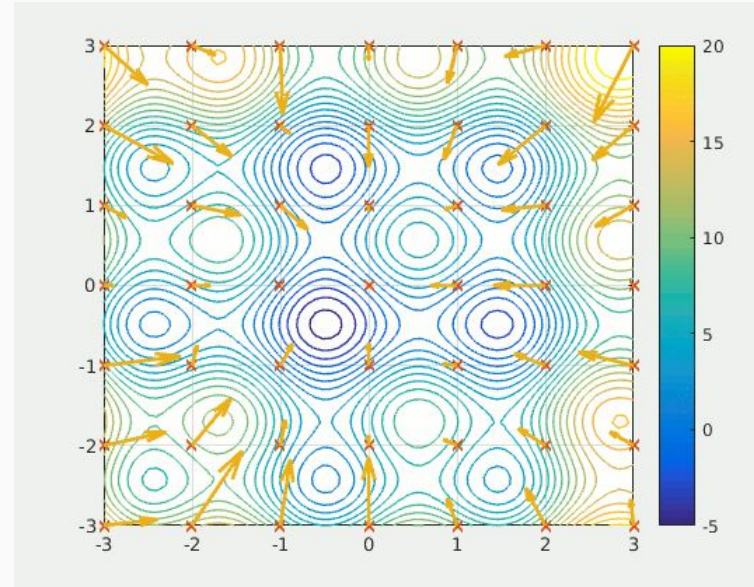
(c) An infeasible solution for RPWMN.

Particle Swarm Optimization

GA

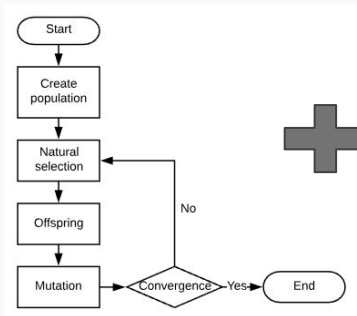


PSO Simulation

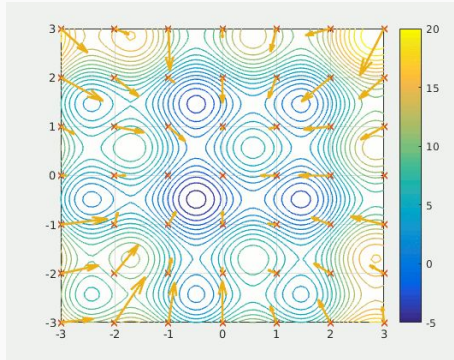


Particle Swarm Optimization

GA



PSO Simulation




- Giống GA -> có quần thể và khởi tạo quần thể
- Các thể không mất đi, không lai ghép, không đột biến mà di chuyển sang các lời giải lân cận để tìm global solution.

Particle Swarm Optimization

- Lấy cảm hứng từ tự nhiên: Bird flocking, fish schooling
- Mở rộng không gian tìm kiếm.
- Thông báo cho bầy đàn về độ tốt của vị trí của mình.
- Các cá thể có vị trí xấu sẽ cố gắng di chuyển về vị trí của các cá thể tốt hơn. Hay còn gọi là cá thể xấu hơn sẽ học các cá thể tốt hơn.




- Individual  Particle
- Một cá thể $\text{particle}\{i,k\}$ (cá thể i ở thế hệ thứ k) sẽ được đặc trưng bởi:
 - Position: $x\{i,k\}$: vị trí hiện tại của cá thể.
 - Velocity: $v\{i,k\}$: vận tốc của cá thể. Cá thể sẽ di chuyển theo hướng và độ lớn của vận tốc.
- Vị trí của cá thể i sẽ được cập nhật theo công thức:

$$x_{k+1}^i = x_k^i + v_{k+1}^i$$

- Vận tốc quyết định hướng di chuyển và độ lớn bước di chuyển của cá thể.
 - Hướng di chuyển đi đâu?
 - Di chuyển theo vận tốc cũ
 - Về phía cá thể đang có vị trí tốt nhất.
 - Về phía tốt nhất của bản thân.
 - Độ lớn bao nhiêu? -> Không thể biết được
 - Để cho may rủi quyết định?

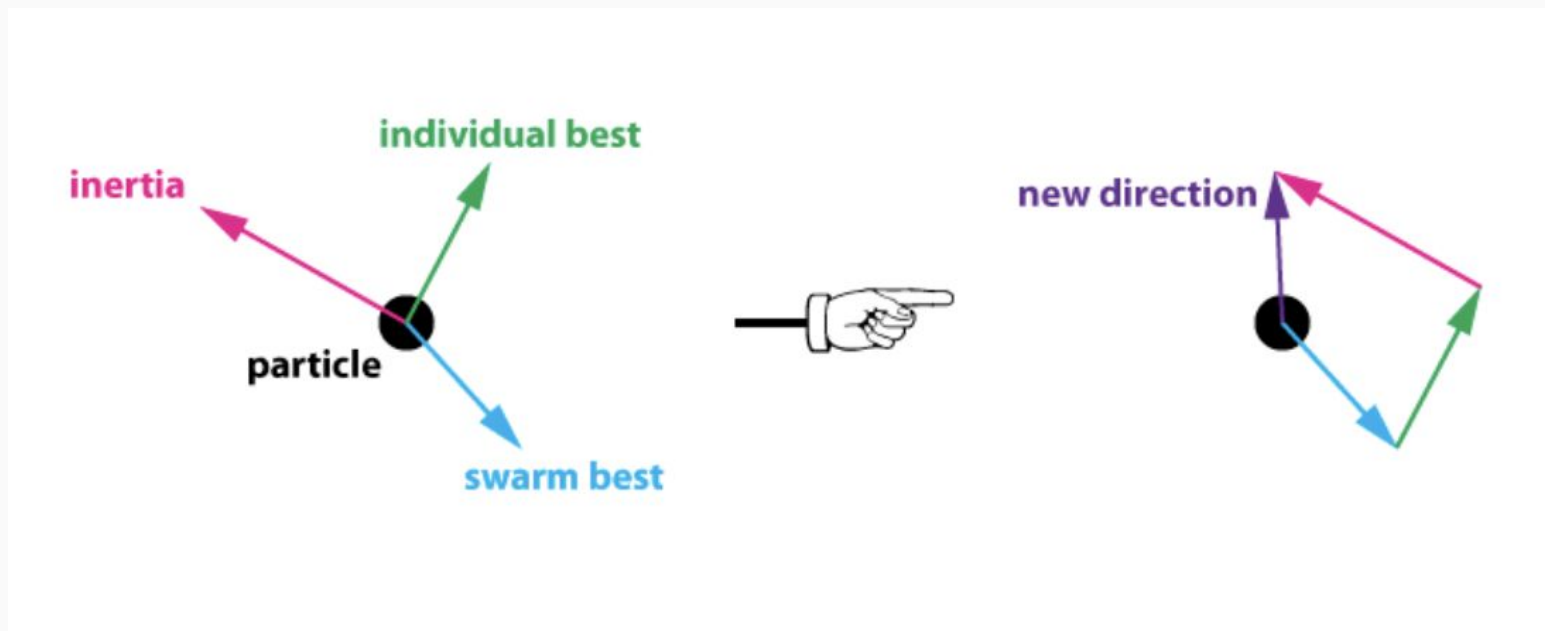
- Vận tốc mới:

$$v_{k+1}^i = w_k v_k^i + c_1 r_1 (p_k^i - x_k^i) + c_2 r_2 (p_k^g - x_k^i)$$


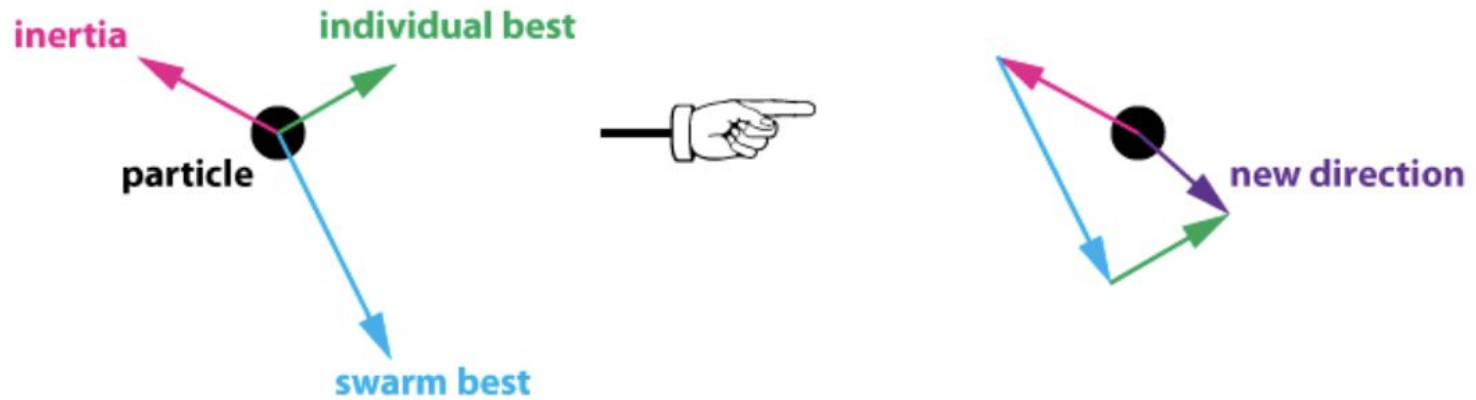
1. social term: $c_2 r_2 (p_k^g - x_k^i)$
2. cognitive term: $c_1 r_1 (p_k^i - x_k^i)$

Variable	Definition
x_k^i	particle position
v_k^i	particle position
p_k^i	best individual particle position
p_k^g	best swarm position
w_k	constant inertia weight
c_1, c_2	cognitive and social parameters respectively
r_1, r_2	random numbers between 0 and 1

Velocity



Velocity



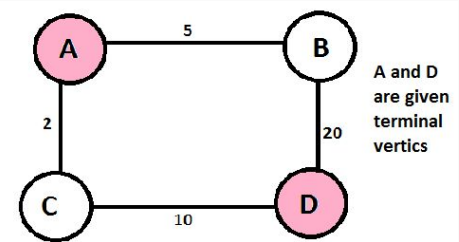
Pseudocode of PSO

```
for each particle  $i = 1, \dots, S$  do
    Initialize the particle's position with a uniformly distributed random vector:  $\mathbf{x}_i \sim U(\mathbf{b}_{lo}, \mathbf{b}_{up})$ 
    Initialize the particle's best known position to its initial position:  $\mathbf{p}_i \leftarrow \mathbf{x}_i$ 
    if  $f(\mathbf{p}_i) < f(\mathbf{g})$  then
        update the swarm's best known position:  $\mathbf{g} \leftarrow \mathbf{p}_i$ 
    Initialize the particle's velocity:  $\mathbf{v}_i \sim U(-|\mathbf{b}_{up}-\mathbf{b}_{lo}|, |\mathbf{b}_{up}-\mathbf{b}_{lo}|)$ 
while a termination criterion is not met do:
    for each particle  $i = 1, \dots, S$  do
        for each dimension  $d = 1, \dots, n$  do
            Pick random numbers:  $r_p, r_g \sim U(0,1)$ 
            Update the particle's velocity:  $\mathbf{v}_{i,d} \leftarrow \omega \mathbf{v}_{i,d} + \phi_p r_p (\mathbf{p}_{i,d} - \mathbf{x}_{i,d}) + \phi_g r_g (\mathbf{g}_d - \mathbf{x}_{i,d})$ 
            Update the particle's position:  $\mathbf{x}_i \leftarrow \mathbf{x}_i + \mathbf{v}_i$ 
            if  $f(\mathbf{x}_i) < f(\mathbf{p}_i)$  then
                Update the particle's best known position:  $\mathbf{p}_i \leftarrow \mathbf{x}_i$ 
            if  $f(\mathbf{p}_i) < f(\mathbf{g})$  then
                Update the swarm's best known position:  $\mathbf{g} \leftarrow \mathbf{p}_i$ 
```

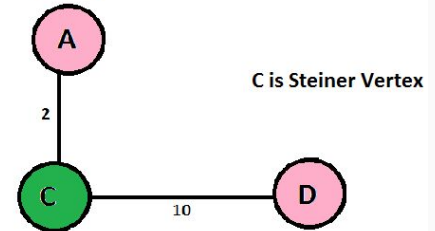

- Mô hình lời giải bài toán WSN -> particle
 - Standard PSO mô hình bài toán trên miền liên tục
 - Lời giải WSN là trên miền rời rạc

Discrete PSO for Steiner Tree Problem (DPSO-STP)

- Position of particle: Chuỗi nhị phân 0 1, 1 đại diện cho 1 node được chọn và 0 đại diện cho node không được chọn
- Mutation factor: c_3
- Fitness of position: Từ chuỗi nhị phân \rightarrow tập các đỉnh được chọn \rightarrow Sử dụng thuật toán Prime (cây khung nhỏ nhất) và cắt tỉa các cạnh không cần thiết \rightarrow trọng số của cây khung đã được cắt tỉa các node không cần thiết là fitness của position.



Below is Minimum Steiner Tree for above Graph



DPSO-STP flow chart

- Biểu diễn position của particle

$$X_i^k = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$$

- Biểu diễn velocity của particle

$$V = \begin{Bmatrix} v_1^0, v_2^0, \dots, v_n^0 \\ v_1^1, v_2^1, \dots, v_n^1 \end{Bmatrix}$$

where v_j^0 and v_j^1 are real numbers in the interval of $[0,1]$.

denote the probabilities of the j -th bit to be 0 or 1.

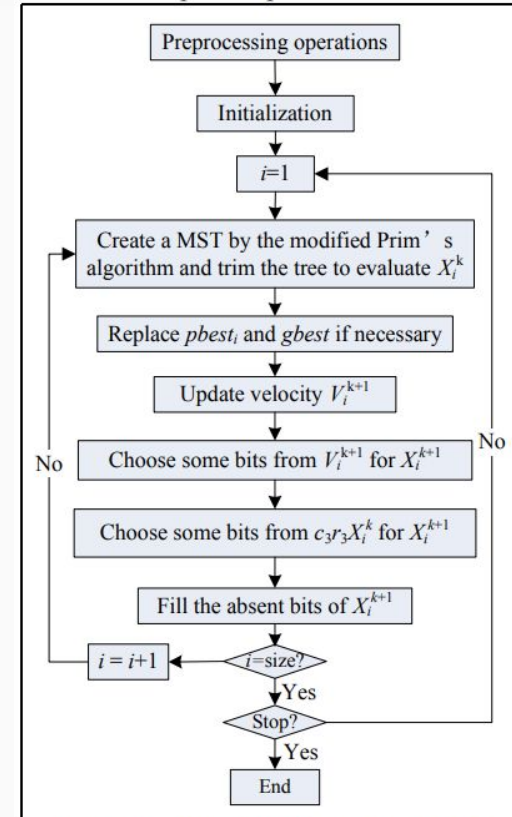


Fig. 2. The flow chart of the proposed PSO

Update velocity

- Phép trừ giữa 2 positions sẽ cho kết quả là vận tốc

$$V_{i1}^{k+1} = c_1 r_1 (pbest_i^k - X_i^k) = \begin{Bmatrix} 0,0,0.8,0,0,0,0,0 \\ 0,0, 0,0,0,0,1,0 \end{Bmatrix},$$

$$V_{i2}^{k+1} = c_2 r_2 (gbest^k - X_i^k)$$

$$V_i^{k+1} = \omega V_i^k + V_{i1}^{k+1} + V_{i2}^{k+1}$$

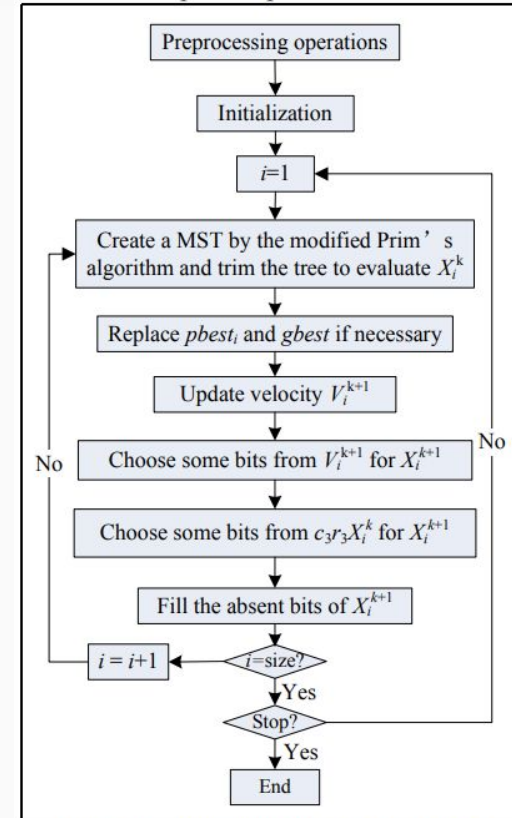


Fig. 2. The flow chart of the proposed PSO

Update position

- Chọn một số bit từ vận tốc $V\{i,k+1\}$ và một số bit từ $X\{i,k\}$ với tham số đột biến $c3$ để cập nhật vị trí cho $X\{i,k+1\}$.

$$X_i^{k+1} = V_i^{k+1} \otimes c_3 r_3 X_i^k$$

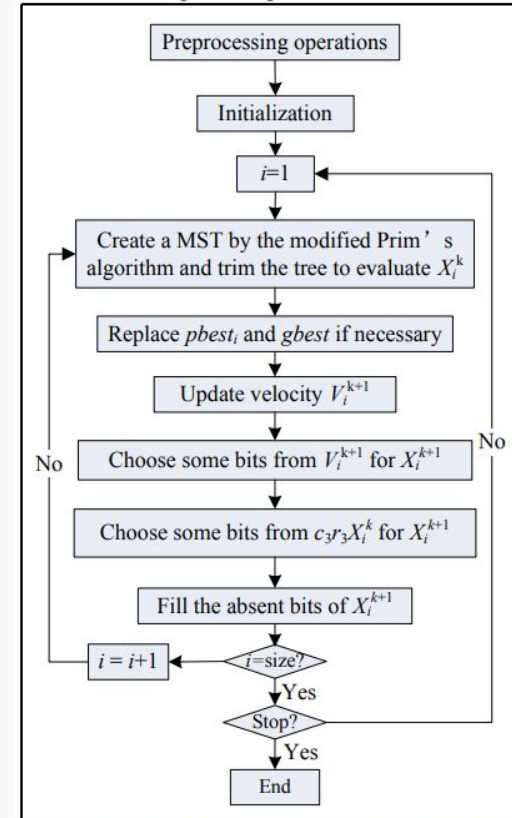


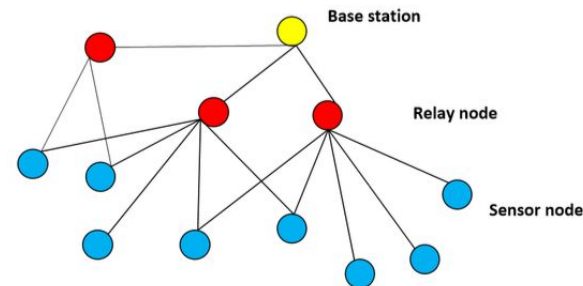
Fig. 2. The flow chart of the proposed PSO

- Position of particle: mã hóa các relay nodes bằng chuỗi nhị phân 0 1.

Một solution là một tập các relay nodes được sử dụng.

- Một particle hợp lệ là một particle có thể tạo được một cây kết nối sử dụng sensor nodes và base station sử dụng các relay node.
- Fitness of particle: Ta có một tập các relay nodes được sử dụng. Chiến lược xây dựng cạnh:
 - Mỗi sensor node cần truyền thông tin đến một relay node -> Chọn relay node gần nhất có thể để truyền
 - Giá trị của fitness được tính theo công thức:

$$\max_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m} (\tilde{E}_{ij}, \tilde{E}_{t_j}) \rightarrow \min \quad (4)$$

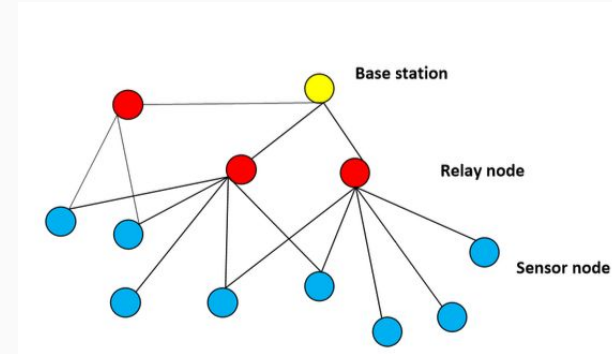


- Velocity áp dụng tương tự như bài DPSO-SPT

$$V = \begin{Bmatrix} v_1^0, v_2^0, \dots, v_n^0 \\ v_1^1, v_2^1, \dots, v_n^1 \end{Bmatrix}$$

where v_j^0 and v_j^1 are real numbers in the interval of $[0,1]$.

denote the probabilities of the j -th bit to be 0 or 1.



Coming soon...

