

Các thuật toán metaheuristics giải bài toán tối ưu tuổi thọ mạng cảm biến không dây ngầm

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Duy Mạnh
KHMT - K59

Giáo viên hướng dẫn: PGS. TS. Huỳnh Thị Thanh Bình
ThS. Nguyễn Thị Tâm

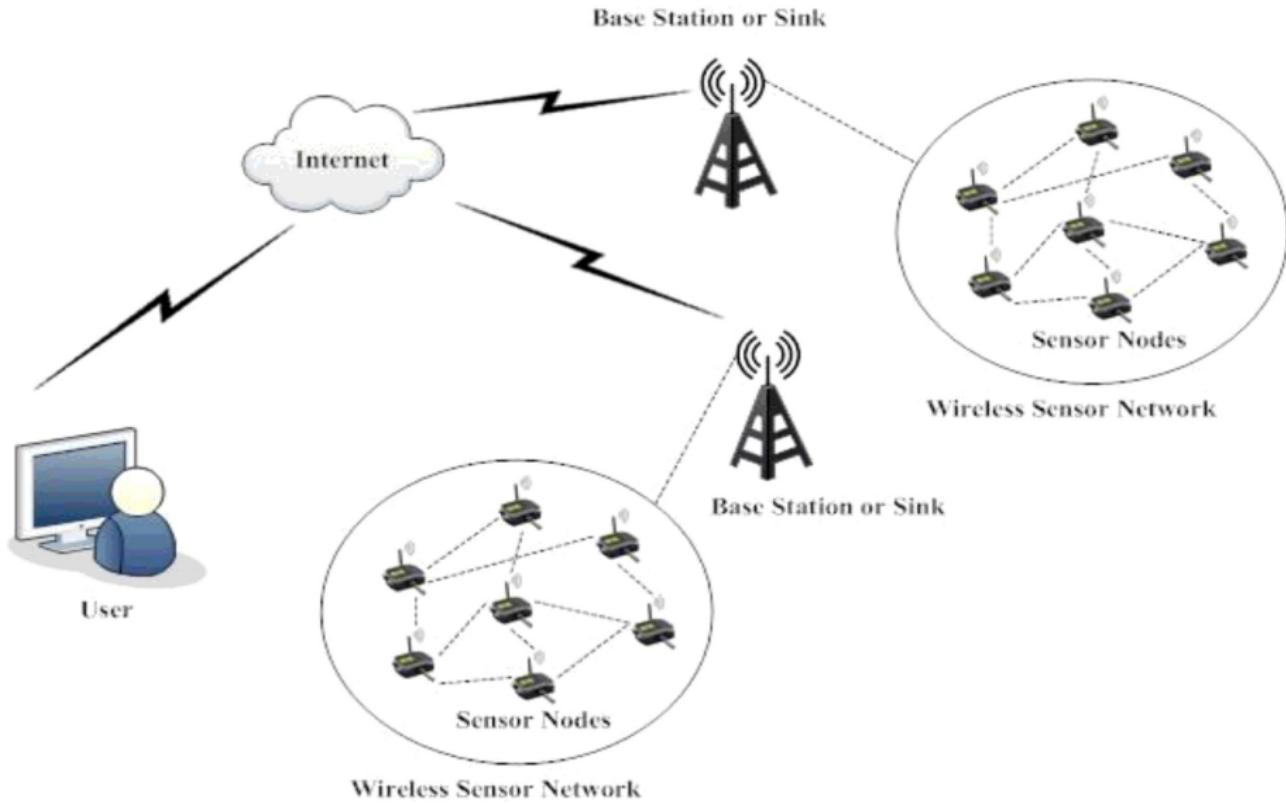
Nội dung trình bày

- ① Tổng quan về mạng cảm biến không dây
- ② Bài toán tối ưu tuổi thọ trong mạng cảm biến không dây ngầm
- ③ Các giải thuật đề xuất giải bài toán tối ưu tuổi thọ mạng cảm biến không dây
 - Giải thuật di truyền
 - Phương pháp tìm kiếm cục bộ
- ④ Kết quả thực nghiệm
- ⑤ Kết luận

Nội dung trình bày

- 1 Tổng quan về mạng cảm biến không dây
- 2 Bài toán tối ưu tuổi thọ trong mạng cảm biến không dây ngầm
- 3 Các giải thuật đề xuất giải bài toán tối ưu tuổi thọ mạng cảm biến không dây
 - Giải thuật di truyền
 - Phương pháp tìm kiếm cục bộ
- 4 Kết quả thực nghiệm
- 5 Kết luận

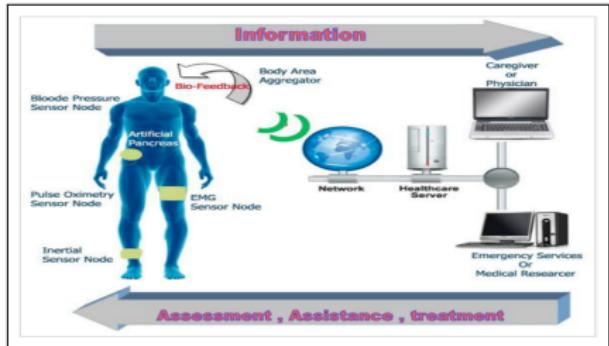
Giới thiệu



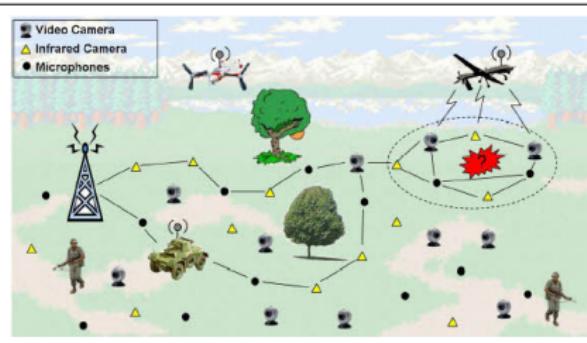
Ứng dụng



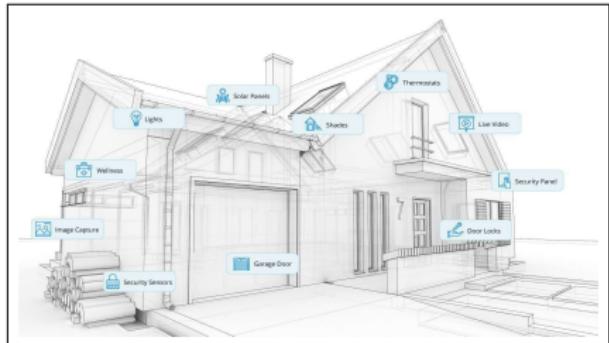
(a) Nông nghiệp



(b) Y tế

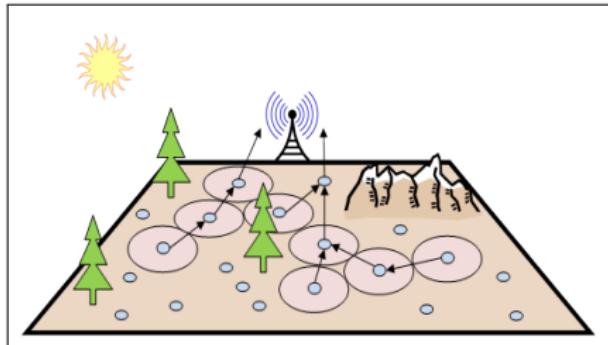


(c) Quân sự

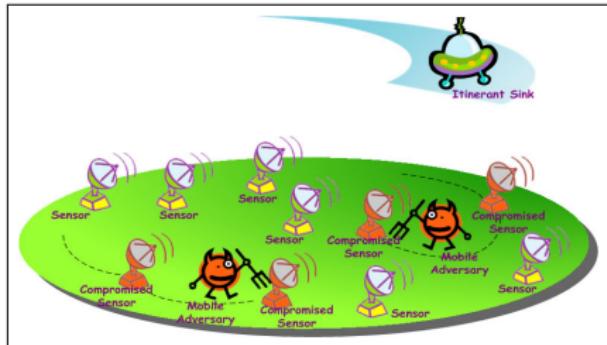


(d) Nhà thông minh

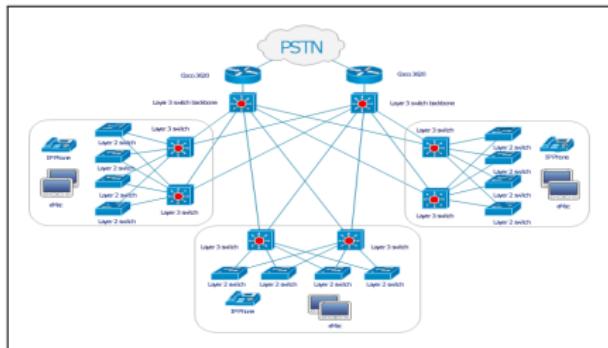
Thách thức



(e) Bao phủ



(f) An ninh



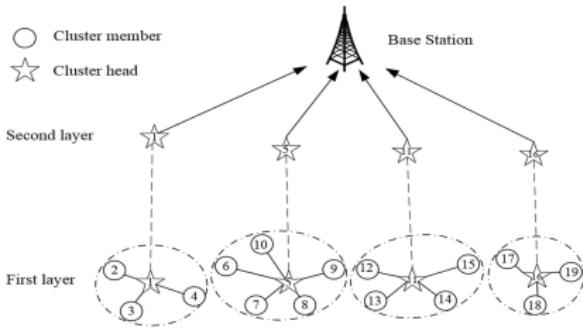
(g) Định tuyến



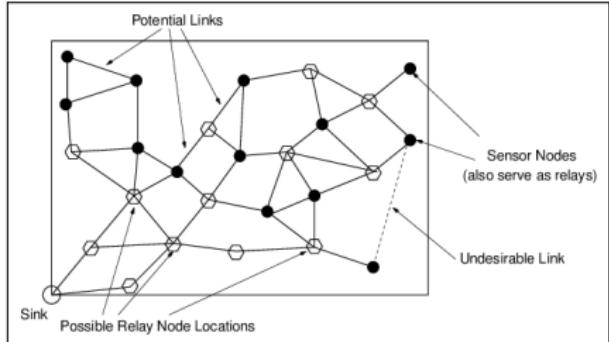
(h) Năng lượng

Vấn đề tuổi thọ

Hướng tiếp cận

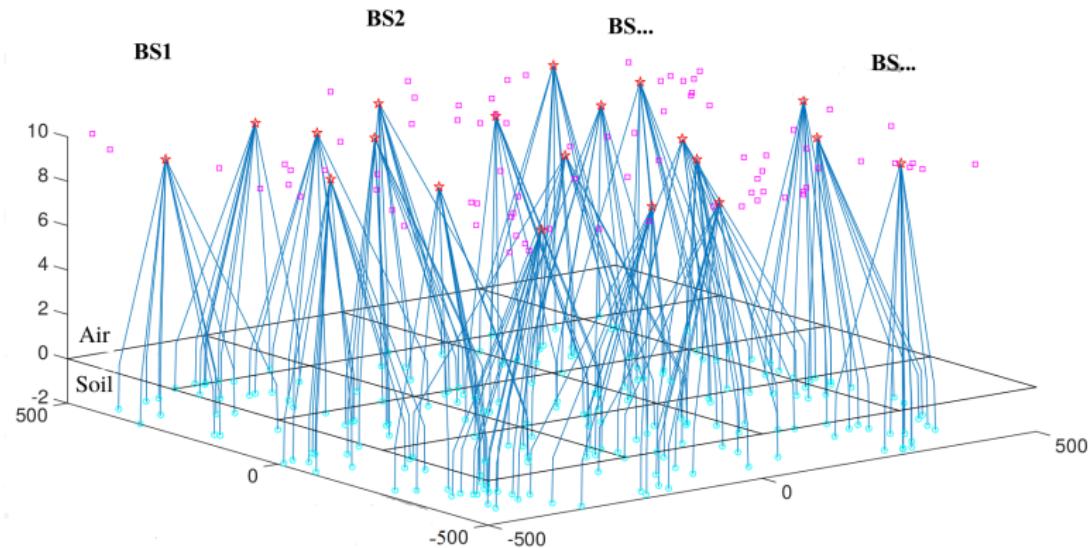


(i) Phân cụm



(j) Đặt relay

Nghiên cứu liên quan



Hình: Yuan et al. [2017]¹

¹Bo Yuan, Huanhuan Chen, Xin Yao, *Optimal Relay Placement for Lifetime Maximization in Wireless Underground Sensor Networks*, Information Sciences, Volume 418-419, December 2017, Pages 463-479.

Nội dung trình bày

- 1 Tổng quan về mạng cảm biến không dây
- 2 Bài toán tối ưu tuổi thọ trong mạng cảm biến không dây ngầm
- 3 Các giải thuật đề xuất giải bài toán tối ưu tuổi thọ mạng cảm biến không dây
 - Giải thuật di truyền
 - Phương pháp tìm kiếm cục bộ
- 4 Kết quả thực nghiệm
- 5 Kết luận

Định nghĩa tuổi thọ

- Tuổi thọ của mạng bắt đầu từ khi hoạt động cho đến khi có một nút ngừng hoạt động.
- Kí hiệu: $T_n^n = \min_{v \in V} T_v$
Trong đó T_v là thời gian sống của nút v .

Mô hình bài toán

Đầu vào

- Không gian 3 chiều cần khảo sát với chiều dài và chiều rộng lần lượt là W và H , chiều cao (sâu) vô hạn.
- $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$: tập các nút cảm biến được triển khai, mỗi nút cảm biến s_i có các thuộc tính:
 - (xs_i, ys_i) : tọa độ trên mặt Oxy
 - hs_i : độ cao so với mực nước biển
 - r : bán kính truyền thông
 - l : số bit mà nút cảm biến gửi tới trạm cơ sở
- $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$: tập các vị trí khả thi để triển khai các nút chuyển tiếp, f_i gồm các thuộc tính:
 - (xr_i, yr_i) : tọa độ trên mặt Oxy
 - hr_i : độ cao so với mực nước biển
 - R : bán kính truyền thông

Mô hình bài toán

- $D = \{d_{11}, d_{12}, \dots, d_{nm}\}$: ma trận khoảng cách
 d_{ij} : khoảng cách từ sensor s_i đến relay f_j
- $C = \{c_{11}, c_{12}, \dots, c_{nm}\}$: ma trận kết nối

$$c_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{nếu } d_{ij} \leq r_i + R_j \\ 0 & \text{nếu ngược lại} \end{cases} \quad (1)$$

Ý nghĩa: sensor s_i có thể kết nối với relay f_j nếu khoảng cách giữa hai nút không vượt quá tổng bán kính truyền thông của chúng

- Năng lượng tiêu hao khi truyền I bits dữ liệu từ sensor s_i đến relay triển khai tại f_j

$$Et_{ij} = I * (E_{TX} + e_{fs} * d_{ij}^2)^2 \quad (2)$$

²W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks, in: Proceedings of the 33rd annual Hawaii international conference on system sciences, IEEE, 2000.

Mô hình bài toán

- Năng lượng tiêu hao của relay triển khai tại f_j nhận dữ liệu từ x_j sensors, tổng hợp và gửi tới trạm cơ sở

$$Er_j = I * (x_j * E_{RX} + x_j * E_{DA} + e_{mp} * d_{jtoBS}^4)^3 \quad (3)$$

- E_{max} : năng lượng tiêu thụ tối đa mà một nút trong mạng có thể đạt đến

³W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks, in: Proceedings of the 33rd annual Hawaii international conference on system sciences, IEEE, 2000.

Mô hình bài toán

Đầu ra

- $z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$: vector quyết định

$$z_j = \begin{cases} 1 & \text{nếu có relay triển khai tại } f_j \\ 0 & \text{nếu ngược lại} \end{cases} \quad (4)$$

- $A = \{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{nm}\}$: ma trận quyết định

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{nếu } s_i \text{ kết nối tới } f_j \\ 0 & \text{nếu ngược lại} \end{cases} \quad (5)$$

Mô hình bài toán

Ràng buộc

$$\sum_{j=0}^m a_{ij} = 1 \quad \forall i = 0, 1, \dots, n : \text{mỗi sensor chỉ kết nối tới 1 relay} \quad (6)$$

$$z_j = a_{1j} \vee a_{2j} \vee \dots \vee a_{nj} \quad \forall j = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

Hàm mục tiêu

$$\frac{\alpha}{m} * \sum_{j=1}^m z_j + \frac{1-\alpha}{E_{max}} * E_x \rightarrow min \quad (8)$$

Trong đó:

- E_x là năng lượng tiêu hao lớn nhất của một nút trong lời giải.
- $0 \leq \alpha \leq 1$: trọng số đánh giá độ quan trọng của số nút chuyển tiếp được sử dụng.

Hướng tiếp cận

- Giải thuật chính xác.
- Các giải thuật xấp xỉ.

Nội dung trình bày

- 1 Tổng quan về mạng cảm biến không dây
- 2 Bài toán tối ưu tuổi thọ trong mạng cảm biến không dây ngầm
- 3 Các giải thuật đề xuất giải bài toán tối ưu tuổi thọ mạng cảm biến không dây
 - Giải thuật di truyền
 - Phương pháp tìm kiếm cục bộ
- 4 Kết quả thực nghiệm
- 5 Kết luận

Ý tưởng

Giải bài toán theo 2 pha:

- Chọn ra các vị trí đặt nút chuyển tiếp.
- Tạo kết nối giữa nút cảm biến và nút chuyển tiếp.

Giải thuật di truyền

Mã hóa cá thể

- Sử dụng mã hóa nhị phân
- $k = (k_1, k_2, \dots, k_m)$

$$k_j = \begin{cases} 1 & \text{nếu có relay triển khai tại } f_j \\ 0 & \text{nếu ngược lại} \end{cases}$$

Ví dụ: một cá thể với 10 vị trí khả thi đặt relay

1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

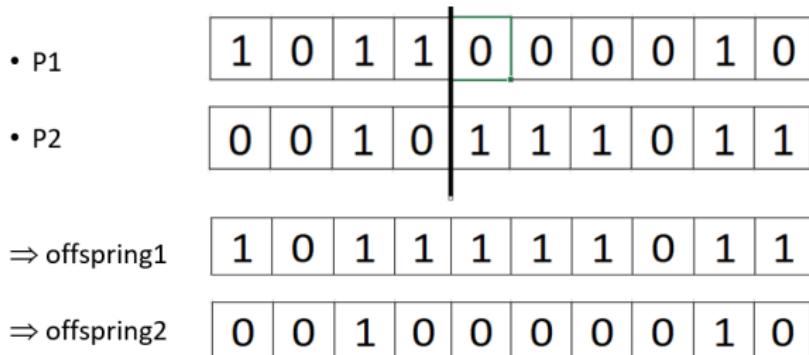
Khởi tạo quần thể

Tạo ngẫu nhiên các dãy nhị phân độ dài m

Giải thuật di truyền

Lai ghép

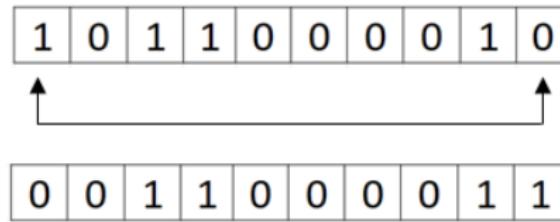
Sử dụng lai ghép một điểm cắt, điểm cắt được chọn ngẫu nhiên



Giải thuật di truyền

Đột biến

Chọn ngẫu nhiên một bit 0 và một bit 1 trong cá thể, hoán đổi vị trí chúng cho nhau



Giải thuật di truyền

Tạo kết nối

Thuật toán heuristic lựa chọn kết nối: với từng nút cảm biến, lựa chọn nút chuyển tiếp sao cho phù hợp

Giải thuật di truyền

Algorithm 1: Connect (S, R, C, Et, Er)

```
begin
    for  $s_n \in \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  do
        min_max ← INF
        sel_id ← 0
        for  $r_n \in \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$  do
            loss1 ←  $Et_{i,sel\_id}$ 
            loss2 ←  $Er_j$ 
            local_max ← Max(loss1, loss2)
            if min_max < local_max then
                min_max ← local_max
                sel_id ← j
            end
        end
        Assign  $s_i$  to  $r_{sel\_id}$ 
    end
end
```

Giải thuật di truyền

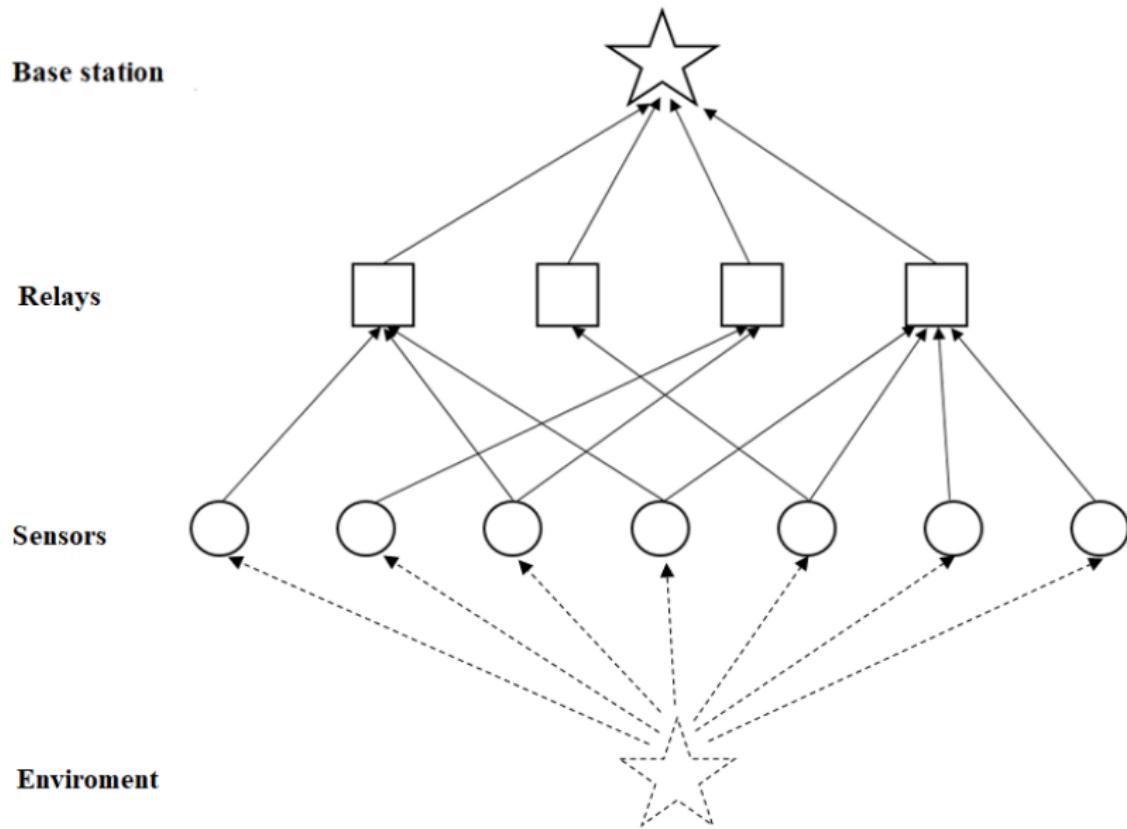
Hàm thích nghi

Sử dụng hàm mục tiêu của mô hình là hàm thích nghi

Chọn lọc

- Sắp xếp các cá thể theo độ thích nghi, chọn ra các cá thể có độ thích nghi tốt nhất.
- Trong trường hợp hai cá thể có độ thích nghi tương đương, sử dụng hàm mục tiêu phụ là tổng năng lượng tiêu hao trong mạng.

Phương pháp tìm kiếm cục bộ



Phương pháp tìm kiếm cục bộ

Mã hóa lời giải

- Vector $k = (k_1, k_2, \dots, k_m)$.
- Trong đó:
 - k_j là số sensor mà relay j kết nối, $1 \leq j \leq m$
 - $k_j \leq q_j \forall 1 \leq j \leq m$

$$q_j = \sum_{i=1}^n c_{ij} \quad \forall 1 \leq i \leq n$$

q_j là số sensor tối đa relay j có thể kết nối

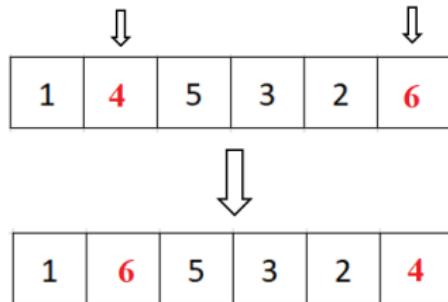
C là ma trận kết nối đã nêu trên

- Tổng số sensor mà các relay kết nối tới đúng bằng số sensor trong mạng.

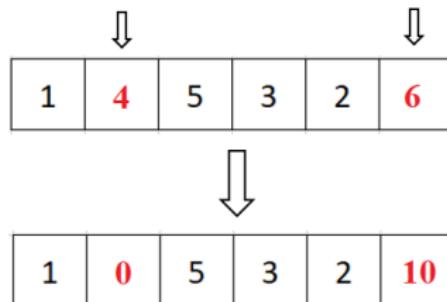
$$\sum_{j=1}^m k_j = n$$

Phương pháp tìm kiếm cục bộ

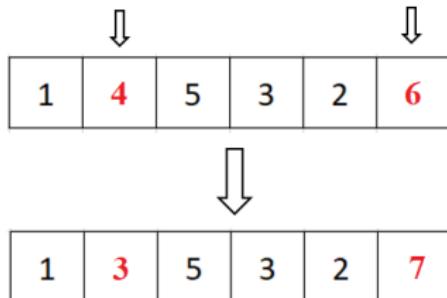
Toán tử di chuyển



(a) Swap



(b) Transfer



(c) Up-down

Phương pháp tìm kiếm cục bộ

Lượng giá lời giải

- Sắp xếp tập các kết nối $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ trong mạng theo thứ tự không giảm, tập các kết nối đã được sắp xếp $E' = \{e'_1, e'_2, \dots, e'_k\}$.
- Tìm ra kết nối có chỉ số nhỏ nhất e'_i ($1 \leq i \leq k$) sao cho với các kết nối e'_1, e'_2, \dots, e'_i ta giải được bài toán luồng cực đại trong mạng, việc tìm ra kết nối này dựa trên ý tưởng của tìm kiếm nhị phân.

Nội dung trình bày

- 1 Tổng quan về mạng cảm biến không dây
- 2 Bài toán tối ưu tuổi thọ trong mạng cảm biến không dây ngầm
- 3 Các giải thuật đề xuất giải bài toán tối ưu tuổi thọ mạng cảm biến không dây
 - Giải thuật di truyền
 - Phương pháp tìm kiếm cục bộ
- 4 Kết quả thực nghiệm
- 5 Kết luận

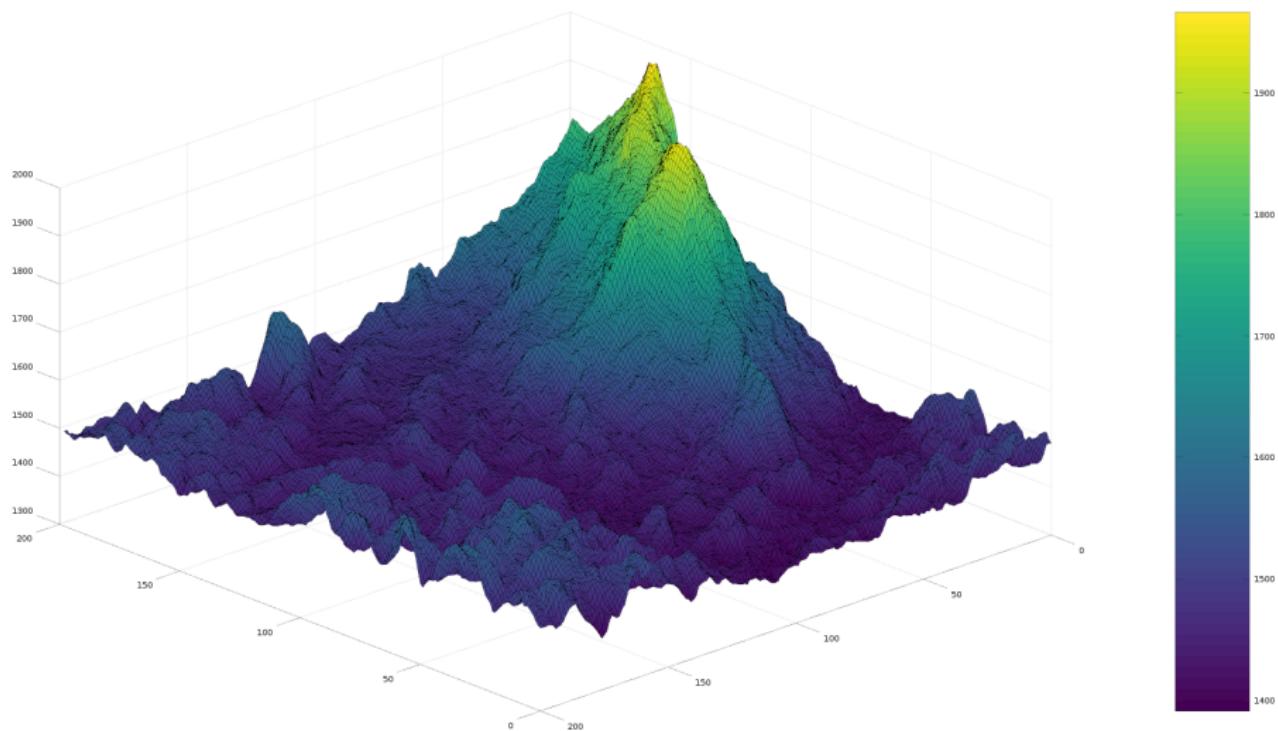
Dữ liệu thực nghiệm

Trích xuất từ một số khu vực thực tế

Dữ liệu	Khu vực thực tế	Mô tả
T1	Vũng Tàu	Thành phố nhiều tòa nhà với độ cao cân đối, có đồi núi, và một vùng biển nằm về một hướng
T2	TP. HCM	Đồng bằng nhiều nhà cao tầng, ít sông
T3	Vĩnh Long	Ít nhà cửa, không đồi núi, kênh rạch nhiều đặc biệt có dòng sông lớn mekong
T4	Lâm Đồng	Vùng đồi núi nhiều, ít nhà cửa, có núi cao, có sông xen kẽ
T5	Cao Nguyên	Vùng có nhiều đồi núi có độ cao tăng dần, ít nhà cửa, không sông hồ

Bảng: Mô tả địa hình thực nghiệm

Dữ liệu thực nghiệm



Hình: Khu vực T4

Tham số

Tham số chung của các bộ dữ liệu:

- Khu vực cảm biến A là miền trong không gian 3 chiều với kích thước dài rộng là 200x200, chiều cao và sâu không hạn chế.
- Số sensor: 40
- Sensor chôn sâu dưới mặt đất 10m
- Số vị trí khả thi đặt relay: 40
- Vị trí đặt relay cao hơn mặt đất 1m
- $E_{TX} = 50*1e-9$
- $E_{RX} = 50*1e-9$
- $E_{DA} = 10*1e-12$
- $e_{fs} = 10*1e-12$
- $e_{mp} = 0.0013 * 1e-12$

Tham số

Tham số giải thuật di truyền:

Tham số	Giá trị
Số lần chạy 1 bộ dữ liệu	20
Kích thước quần thể	100
Số cá thể khởi tạo	100
Số thế hệ	100
Số thế hệ dừng nếu không cải thiện kết quả	30
Tỉ lệ lai ghép	0.8
Tỉ lệ đột biến	0.1

Bảng: Tham số cài thuật toán GAH

Kịch bản thử nghiệm

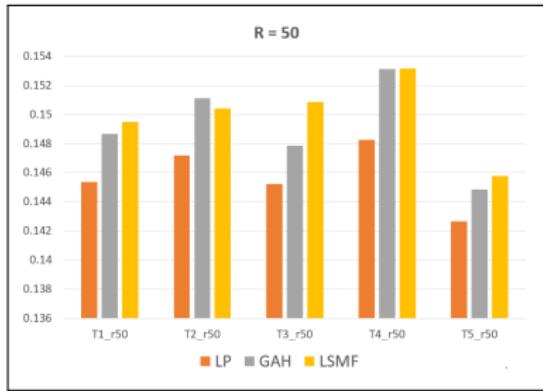
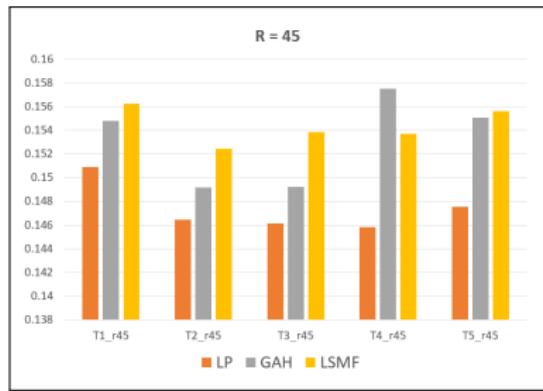
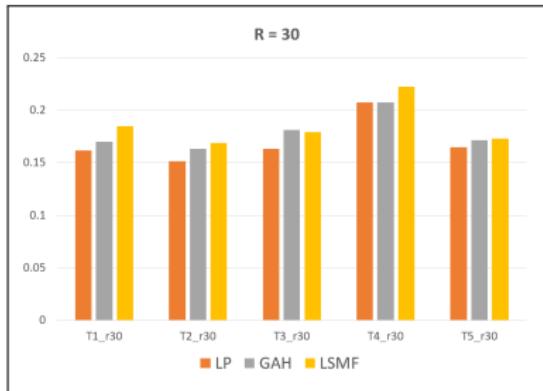
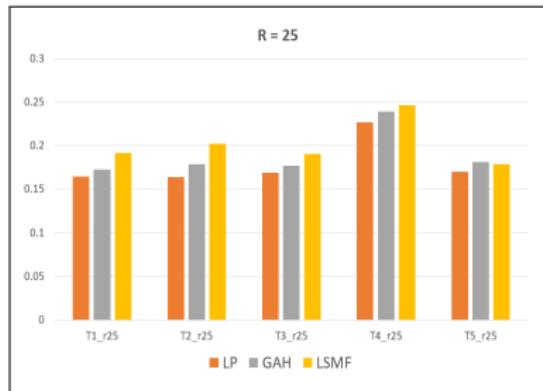
- Cài đặt giải bài toán bằng mô hình quy hoạch nguyên nới lỏng.
- Chạy mỗi bộ dữ liệu 20 lần.
- $\alpha = 0.5$

Môi trường thực nghiệm

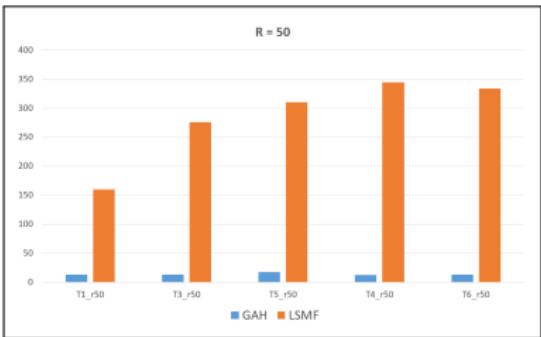
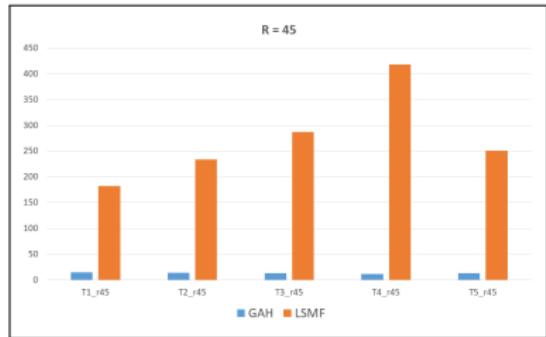
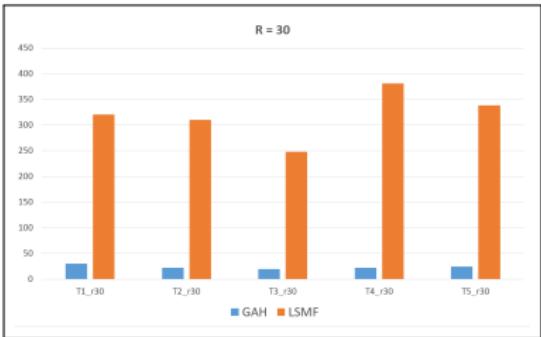
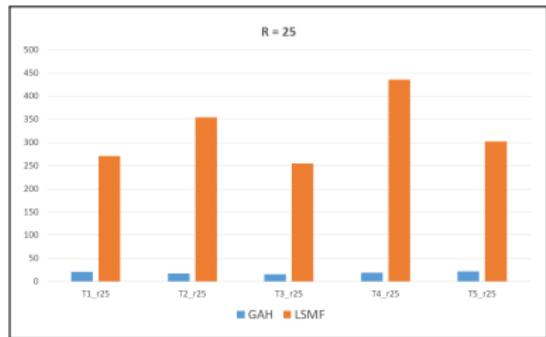
Thông số phần cứng:

- Bộ vi xử lý: Intel core i7-2640M 2.8GHz
- RAM: 4GB

So sánh kết quả



So sánh thời gian



Nội dung trình bày

- 1 Tổng quan về mạng cảm biến không dây
- 2 Bài toán tối ưu tuổi thọ trong mạng cảm biến không dây ngầm
- 3 Các giải thuật đề xuất giải bài toán tối ưu tuổi thọ mạng cảm biến không dây
 - Giải thuật di truyền
 - Phương pháp tìm kiếm cục bộ
- 4 Kết quả thực nghiệm
- 5 Kết luận

Kết luận

- Tìm hiểu bài toán tối ưu tuổi thọ mạng cảm biến không dây
- Đề xuất giải thuật di truyền và phương pháp tìm kiếm cục bộ giải bài toán tối ưu thời gian sống mạng cảm biến không dây ngầm.
- Tiến hành cài đặt các giải thuật đề xuất.
- Thực nghiệm, so sánh, đánh giá kết quả.

Thank you!