

Giải thuật tham lam giải bài toán tối ưu đặt tâm trong mạng cảm biến không dây

Lê Khắc Tuấn, Nguyễn Hải Nam

Tóm tắt—Mạng cảm biến không dây là hệ thống bao gồm một trạm cơ sở và nhiều nút mạng cảm biến, trong đó các cảm biến được đặt rải rác trên toàn khu vực cần lấy mẫu, thu thập thông tin và gửi về trạm cơ sở được đặt ở nơi dễ theo dõi. Tuy nhiên thời gian sống của hệ thống này thường bất ổn định, do quá trình truyền gửi tin tốn chi phí rất lớn so sánh với nguồn năng lượng tích trữ có hạn của các nút mạng. Bài nghiên cứu này tập trung tối ưu hóa vị trí trạm cơ sở nhằm kéo dài tối đa thời gian sống của mạng. Hai giải thuật tham lam kết hợp (integrated greedy method – IGM) và giải thuật loang heuristic tham lam kết hợp (heuristic integrated greedy method – HIGM) được đề xuất để tính toán ra vị trí tối ưu của trạm cơ sở trên 30 bộ dữ liệu ngẫu nhiên được sử dụng trong các nghiên cứu liên quan. Kết quả thực nghiệm cho thấy hai phương pháp đề xuất tốt hơn các phương pháp hiện tại trên hầu hết các bộ dữ liệu hoặc tốt tương đương trên số ít các bộ còn lại.

Từ khóa-- Mạng cảm biến không dây, tối ưu hóa đặt tâm, thời gian sống của mạng, giải thuật tham lam, wireless sensor network.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, mạng cảm biến không dây (wireless sensor network – WSN) ngày càng được áp dụng rộng rãi nhằm đáp ứng nhu cầu thu thập thông tin ở nhiều dạng và trên nhiều loại địa hình khác nhau.

Mạng cảm biến không dây bao gồm hai thành phần chính là một tập các nút cảm biến (thu thập thông tin về nhiệt độ, rung động địa chấn, vân vân) và một trạm cơ sở. Trong khi trạm cơ sở được đặt tại các phòng thí nghiệm hoặc phòng điều khiển để thuận tiện cho việc theo dõi và xử lý biến cố phát sinh; các nút cảm biến thường được bố trí rải rác trên toàn khu vực cần lấy mẫu. Mỗi chu kỳ, các nút mạng cần gửi dữ liệu trực tiếp hoặc gián tiếp (thông qua các nút trung gian) về trạm cơ sở. Trên thực tế, mạng cảm biến không dây thường có thời gian sống không ổn định do nút cảm biến hoạt động dựa vào nguồn năng lượng hạn chế (pin) và quá trình truyền nhận dữ liệu tốn nhiều năng lượng.

Công trình này được thực hiện dưới sự hướng dẫn của PGS.TS Huỳnh Thị Thanh Bình.

Lê Khắc Tuấn, sinh viên lớp Công nghệ thông tin 4, khóa 55, Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (điện thoại: 0918-059-763, e-mail: ktuanlamson@gmail.com).

Nguyễn Hải Nam, sinh viên lớp ICT, khóa 56, Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (điện thoại: 0968-400-690, e-mail: hainamnguyen@yahoo.com).

© Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

Đã có nhiều tác giả nghiên cứu và đề xuất thuật giải bài toán này trong thời gian gần đây, tuy nhiên kết quả thời gian sống đạt được vẫn chưa tối ưu. Trong đề tài nghiên cứu này, nhóm tác giả quan tâm đến việc giải quyết bài toán tối ưu hóa vị trí đặt tâm trong mạng cảm biến không dây, qua đó kéo dài tối đa thời gian sống của mạng. Xuất phát từ phương pháp tham lam, nhóm đã đề xuất hai giải thuật cải tiến heuristic là IGM và HIGM để giải quyết bài toán này.

Hai giải thuật đề xuất đã được thử nghiệm trên các bộ dữ liệu ngẫu nhiên sử dụng trong các nghiên cứu liên quan và so sánh độ tốt với các phương pháp đặt tâm hiện tại. Kết quả cho thấy thời gian sống đạt được tương ứng với hai giải thuật đề xuất tốt hơn trên hầu hết các bộ dữ liệu hoặc ngang bằng trên số ít các bộ còn lại.

Phần tiếp theo của bài báo được tổ chức như sau. Phần 2 và phần 3 lần lượt trình bày về các nghiên cứu liên quan và mô hình bài toán áp dụng trong bài báo. Hai giải thuật đề xuất IGM và HIGM được trình bày chi tiết ở phần 4. Phần 5 trình bày kết quả thực nghiệm của giải thuật đề xuất và so sánh với các phương pháp hiện tại. Phần cuối cùng trình bày hướng nghiên cứu và các phép tối ưu trong tương lai.

2. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Đã có rất nhiều nhà nghiên cứu đề xuất phương pháp kéo dài thời gian sống của mạng theo nhiều hướng khác nhau. Trong [1], Qunfeng Dong trình bày sự khác nhau giữa việc trực tiếp tối ưu hóa thời gian sống của mạng WSN với tối thiểu hóa năng lượng sử dụng trong mạng nhằm kéo dài thời gian sống một cách gián tiếp.

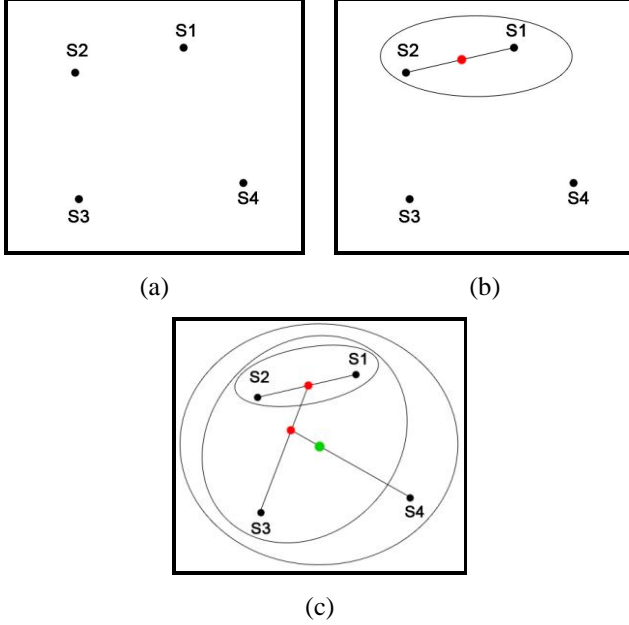
Đi theo hướng tối ưu gián tiếp, Shelbi F. và đồng nghiệp đã đề xuất phương pháp giới hạn khoảng cách truyền gói tin ở một khoảng giá trị tối ưu trong [2], qua đó giảm thiểu được 15% đến 40% tổng năng lượng hao phí trong mạng WSN.

Năm 2004, tác giả của [3] đã đề xuất một mô hình tuyến tính ràng buộc tham số để xác định vị trí đặt các nút và lịch truyền tin trong mạng, các yếu tố được nhóm tác giả chứng minh là ảnh hưởng đáng kể đến thời gian sống của các mô hình mạng WSN phổ biến.

Trong [12], Cheng và đồng nghiệp đã mô hình hóa mạng cảm biến không dây thành một trạm cơ sở ký hiệu là s_0 và một tập nút mạng S gồm N nút cảm biến, mỗi nút có năng lượng ban đầu là E_i và sinh dữ liệu ở tốc độ r_i . Sau đó nhóm tác giả đã đề xuất các phương trình ràng buộc tuyến tính nhằm thỏa mãn mục tiêu là tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ, trong đó năng lượng gửi gói tin được tính theo công thức $E_t = E_{elec} + \varepsilon_{FS} d^2$ dựa theo điện năng Eelec, khoảng cách d và hằng số chất lượng đường truyền ε_{FS} .

Mô hình này sau đó đã được áp dụng trong các nghiên cứu liên quan.

Cũng sử dụng mô hình bài toán tương tự nhưng đơn giản hóa bằng cách đặt tham số môi trường ε_{FS} bằng 1, nhóm tác giả của [15] đã đề xuất 4 phương pháp tìm tâm của mạng WSN lần lượt là phương pháp trọng tâm, tổng khoảng cách nhỏ nhất, tổng khoảng cách bình phương nhỏ nhất và phương pháp tham lam. Kết quả thực nghiệm cho thấy phương pháp tham lam cho kết quả tốt nhất.



Hình 1. Giải thuật tham lam.

Như vậy, có nhiều hướng giải quyết bài toán tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ trong mạng WSN. Các nghiên cứu gần đây bao gồm mô hình bài toán được đề xuất trong [12] và 4 giải thuật tìm tâm trình bày trong [15]. Trong bài nghiên cứu này, nhóm tập trung tối ưu hóa việc đặt tâm trong mạng WSN dựa trên các giải thuật đề xuất và mô hình bài toán được sử dụng trong [15], qua đó kéo dài tối đa thời gian sống của mạng.

3. MÔ HÌNH HÓA BÀI TOÁN

Bài nghiên cứu này sử dụng mô hình bài toán giống như trong [15], thực tế xuất phát từ mô hình ở [12] được đơn giản hóa công thức tính năng lượng gửi gói tin.

Ký hiệu V là tập các nút mạng cảm biến với kích thước N ($V = \{s_1...s_N\}$), và trạm cơ sở được ký hiệu bằng s_0 . L đại diện cho tập các liên kết $L(i,j)$ giữa hai nút mạng i và j cách nhau một khoảng d_{ij} . Khi đó, một mạng WSN được mô hình hóa dưới dạng một đồ thị vô hướng $G = (V, L)$. Mỗi nút mạng có năng lượng ban đầu là E_i và sinh ra dữ liệu ở tốc độ r_i . Trong mỗi chu kỳ, lưu lượng dữ liệu truyền qua liên kết $L(i,j)$ là q_{ij} . Gọi T là thời gian sống của mạng WSN. T được tính từ khi mạng bắt đầu hoạt động cho đến khi nút mạng đầu tiên hết năng lượng.

Như vậy, bài toán đặt tâm của mạng WSN được mô hình như sau:

Đầu vào:

- Tổng số nút mạng N
- Vị trí của N nút mạng tạo ngẫu nhiên $V = \{s_1...s_N\}$

Đầu ra:

- Vị trí đặt trạm cơ sở tối ưu

Mục tiêu:

- Tối đa thời gian sống T của mạng

Ràng buộc:

$$\sum_{j=1}^N q_{ji} + QT = \sum_{j=0}^N q_{ij} : \forall i \in [1...N] \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^N q_{ij} d_{ij}^2 + q_{i0} [(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2] \leq E_i : \forall i \in [1...N] \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N q_{i0} = Q_0 \quad (3)$$

$$q_{ij} \geq 0 : \forall i, j \in [0...N] \quad (4)$$

x_0, y_0, T : các biến số

4. GIẢI THUẬT ĐỀ XUẤT

Qua thực nghiệm, nhóm nghiên cứu nhận thấy giá trị thời gian sống trong [15] vẫn chưa tối ưu. Vì vậy, nhóm đề xuất giải thuật tham lam kết hợp - IGM (Integrated Greedy Method) với ý tưởng kết hợp các phương pháp trình bày trong [15], thừa kế điểm tốt của các giải thuật riêng lẻ để cải thiện chất lượng kết quả. Sau đó, nhóm áp dụng phương pháp loang heuristic lên bộ k trạm cơ sở tính bởi IGM, gọi là giải thuật HIGM (Heuristic Integrated Greedy Method), để loang dần về phía kết quả tối ưu trong miền tọa độ hai chiều.

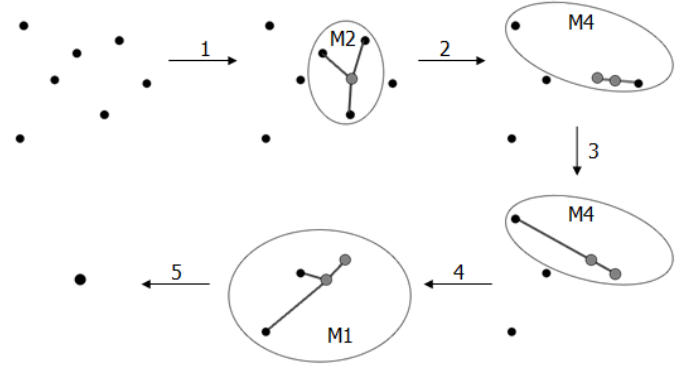
4.1. Giải thuật IGM

Giải thuật IGM áp dụng phương pháp “chia để trị” trên tập các nút mạng ban đầu bằng cách ghép từng tập nút mạng con thành một nút mới trong tập cha ban đầu. Quá trình sẽ được lặp lại cho đến khi chỉ còn lại 1 nút. Vị trí trạm cơ sở cuối cùng được đánh giá thông qua một công cụ tuyến tính hỗ trợ trong thư viện Gusek; công cụ này sẽ trả về giá trị $tval$ đại diện cho thời gian sống của mạng ($tval$ càng lớn thì càng tốt). Để loại trừ tính bất ổn của giải thuật IGM gây ra do sử dụng các tham số ngẫu nhiên, nhóm sẽ thực hiện nhiều lần giải thuật IGM và chọn ra kết quả tốt nhất. Số lần chạy được chọn theo thực nghiệm và ghi trong bảng tham số ở phần 5.

Trước tiên, ta định nghĩa đại lượng trọng số của một tập các nút mạng bằng số lượng các nút mạng chứa bên trong tập đó (nút mạng riêng lẻ là một tập chứa chính nút đó). Từ tập 30 nút ban đầu, một tập con của các nút mạng được hình thành, thỏa mãn điều kiện các nút có trọng số thấp được ưu tiên và kích thước của tập con không vượt quá 20% tổng số nút mạng, nhằm đảm bảo tính tổng quát của giải thuật. Sau đó, một trong 4 phương pháp trình bày ở tài liệu [15] được áp dụng để tìm tâm đại diện cho tập con đang xét. Để tối ưu hóa kết quả, nhóm đã điều chỉnh theo

thực nghiệm tỉ lệ sử dụng 4 phương pháp của bài [15] sao cho phương pháp tham lam (hiện tại là phương pháp tốt nhất) xuất hiện với tỉ lệ áp đảo, trong khi các phương pháp còn lại ít xuất hiện hơn và đóng vai trò gây đột biến trong giải thuật. Bằng cách đó, tâm đại diện cho tập con vừa tạo sẽ tốt tương đương hoặc tốt hơn so với kết quả của phương pháp tham lam. Tâm vừa tạo có trọng số bằng kích thước của tập con đã xét, sau đó được nạp lại vào tập cha. Quá trình này được lặp đi lặp lại cho đến khi chỉ còn một nút còn lại, nút này chính là trạm cơ sở của mạng WSN.

Mã giả của giải thuật IGM được trình bày ở dưới, trong đó SSN là tập 30 nút mạng cảm biến ban đầu được sắp xếp theo chiều trọng số tăng dần, *take_out* là số lượng nút mạng được lấy vào một tập con, *ratio* là tỉ lệ chọn giải thuật và *MAX_LOOP* là số lần lặp lại phương pháp IGM. Dựa trên thực nghiệm, nhóm nhận thấy tỉ lệ chọn phương pháp (*ratio*) tối ưu là 10:10:10:70, tương ứng với 4 phương pháp thành phần của giải thuật IGM.



Hình 2. Giải thuật IGM.

4.2. Giải thuật HIGM

Nhằm tối ưu kết quả về phía cận trên, nhóm nghiên cứu giải thuật HIGM cải tiến từ giải thuật IGM bằng cách áp dụng phương pháp loang heuristic trên miền không gian hai chiều.

Trong phương pháp HIGM, mỗi trạm cơ sở chứa thông tin về tọa độ, giá trị *tval* tính theo bộ test topo mạng tương ứng và khoảng cách loang *r*. Giải thuật bắt đầu với một tập *k* trạm cơ sở được tạo ra bằng cách áp dụng giải thuật IGM *k* lần trên bộ dữ liệu cơ sở gồm 30 nút mạng; gọi tập này là *S*. Phương pháp tìm kiếm loang heuristic được thực hiện trên tập trạm cơ sở *S* nhằm tìm kiếm vị trí mới tốt nhất trong vị trí xung quanh của các trạm được xét. Trong mỗi giai đoạn, giải thuật sẽ xem xét 8 trạm cơ sở lân cận nằm trên lưới vuông xung quanh trạm tốt nhất trong tập *S*. Độ tốt của các trạm này (đại diện bởi giá trị *tval*) so với trạm tốt nhất sẽ thay đổi khoảng cách lan của chính các trạm đó, qua đó định hướng loang về phía khu vực tối ưu nhất. Quá trình này tiếp tục cho tới khi một số điều kiện dừng được thỏa mãn như khoảng cách loang đủ nhỏ, hoặc quá *MAX_ITER* lần không tìm được trạm lân cận tốt hơn giá trị tốt nhất hiện tại. Trạm cuối cùng được trả về là trạm có thời gian sống lâu nhất trong các trạm đã xét. Kết quả của giải thuật HIGM được đảm bảo luôn ngang bằng hoặc tốt hơn kết quả cho bởi giải thuật IGM (được đại diện bởi *k* trạm cơ sở trong tập *S* ban đầu).

Mã giả của giải thuật HIGM được trình bày ở dưới, trong đó giá trị *tval* được ký hiệu bằng *t*, còn *r* chỉ khoảng cách loang tính từ một trạm cơ sở. Giải thuật này bắt đầu với hai tập *SBS* – đại diện cho tập *S* chứa *k* trạm cơ sở được tính từ giải thuật IGM, và tập *SBS_Selected* chứa các trạm đã được xét.

Giải thuật 1: Intergrated Greedy Method

Đầu vào: Tập các nút mạng *S*

Đầu ra: Tâm đại diện của trạm cơ sở (*x*, *y*)

begin

1. **for** *i* = 1 to *MAX_LOOP*
2. **while** *size_of_subset* > 1
3. *take_out* = rand()
4. **if** (*take_out* < *threshold*)
5. **switch** (*ratio*)
6. **case** 0% – 10%: (*x*, *y*) = CentroidMethod()
7. **break**
8. **case** 10% – 20%: (*x*, *y*) = STDMethod()
9. **break**
10. **case** 20% – 30%: (*x*, *y*) = STSDMethod()
11. **break**
12. **case** 30% – 100%: (*x*, *y*) = GreendyMethods()
13. **break**
14. **end switch**
15. **end if**
16. add (*x*, *y*) into *S*
17. **end while**
18. **if** SSN.getFirst is better than bestNode
19. then bestNode = SSN.getFirst
20. **end for**
21. **return** (*x*, *y*)

end

Hình 2 mô tả hoạt động của phương pháp IGM, trong đó chấm đen là nút mạng riêng lẻ (có trọng số bằng 1) còn chấm xám là các nút mạng đại diện cho một hoặc nhiều tập nút mạng con và có trọng số lớn hơn 1. M1, M2, M3, M4 lần lượt là bốn phương pháp tìm tâm trình bày trong [15] được sử dụng lại trong giải thuật IGM. Giải thuật kết thúc khi chỉ còn lại một nút mạng duy nhất, được biểu thị bằng chấm đen lớn.

Giải thuật 2: Heuristic Intergrated Greedy Method

Đầu vào: Tập các nút mạng *S*

Đầu ra: Tâm đại diện của trạm cơ sở (*x*, *y*)

begin

1. *SBS_Selected* = \emptyset
2. **for** *i* = 1 to *MAX_ITER*
3. *bestBase* = $\arg \max_{x_r} \{X \mid X \in SBS \cup SBS_Selected\}$
4. *base* = $\arg \max_{x_r} \{X \mid X \in SBS\}$
5. *SBS* = *SBS* \ {*base*}
6. *SBS_Selected* = *SBS_Selected* \cup {*base*}
7. createBasesNeighbourhood(*base*)

```

8.   if  $\exists$  neighbour | neighbour.t > bestBase.t
9.       then iter=0
10.  end for
11.  result = arg max  $_{x_r} \{X | X \in SBS$ 
        or  $X \in SBS\_Selected \}$ 
12.  return result
end

```

Để thấy, hai tập *SBS* và *SBS_Selected* được duy trì đồng thời và xuyên suốt giải thuật HIGM. Trong mỗi vòng lặp, *bestBase* được chọn là nút tốt nhất trong cả hai tập trạm cơ sở trên, còn *base* là trạm tốt nhất tính riêng trong tập *SBS*. Sau khi xác định được trạm *base*, nó sẽ được lấy ra khỏi *SBS* và đưa vào *SBS_Selected*. Tám trạm lân cận của *base* trên lưới vuông 3x3 kích thước $2r$ xung quanh trạm *base* được đánh giá chất lượng dựa trên giá trị *tval*. Khoảng cách loang của từng trạm lân cận của *base* sẽ thay đổi dựa trên độ tốt của trạm đó so với *base* và *bestBase* theo giải thuật chi tiết trình bày ở phần mã giả của hàm *createBaseNeighbours*. Sau cùng, các trạm lân cận có tọa độ không trùng lặp với các trạm đã xét sẽ được đưa lại vào tập *SBS* để tiếp tục quá trình loang về sau. Giải thuật sẽ kết thúc sau *MAX_ITER* lần không tìm được trạm tốt hơn *base*, hoặc khi khoảng cách loang nhỏ hơn *Epsilon* như thể hiện trong mã giả dưới đây.

Hàm: createBasesNeighbourhood()

Đầu vào: Tọa độ của một trạm cơ sở

Chức năng: Thêm 8 trạm lân cận của trạm đầu vào và thay đổi giá trị *r* cho phù hợp

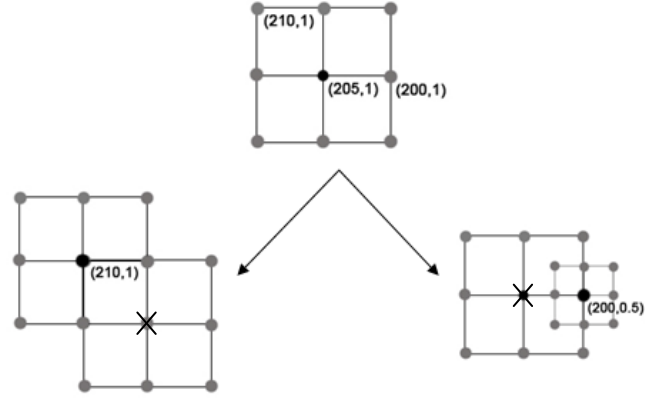
```

begin
1.  for h = 1 to SZH
2.      createBaseNeighbourhood(base, HX[h], HY[h])
3.      newBase.X = base.X + hx* base.R
4.      newBase.Y = base.Y + hy* base.R
5.      newBase.T
        = ILP_Programing(newBase.X,newBase.Y)
6.  if newBase.T > base.T
7.      then newBase.R = base.R
8.      else newBase.R = base.R/2
9.  if newBase  $\subset$  SBS or newBase  $\subset$  SBS_Selected
10.  then return
11.  if newBase.r < Epsilon
12.  then return
13.  SBS = SBS  $\cup$  {newBase}
end

```

Như được mô tả trong mã giả, nếu trạm lân cận tốt hơn trạm *base* thì khoảng cách loang ứng với nó được giữ nguyên; ngược

lại, khoảng cách loang của trạm giảm đi một nửa nếu nó không tốt bằng trạm *base*. Kỹ thuật này ngoài nhằm mục đích giúp loang sâu vào khu vực tối ưu thay vì loang rộng trên toàn khu vực, còn giúp giảm thiểu tỉ lệ trùng lặp tọa độ các trạm lân cận về sau. Bằng cách giảm dần khoảng cách loang, phương pháp này cũng giảm thiểu độ sai số của kết quả cuối cùng (tối giá trị *Epsilon*), hay nói cách khác, nâng cao độ tối ưu của kết quả.



Hình 3. Giải thuật HIGM.

Hình 3 mô tả một giai đoạn của giải thuật HIGM, trong đó chấm xám là trạm thuộc tập *SBS*, chấm đen là trạm mới được lấy ra khỏi tập *SBS* và đang được xét, chấm bị gạch là trạm đã xét và được đưa vào *SBS_Selected*, còn các tham số được thể hiện dưới dạng (*tval*, *r*). Cụ thể, ta xét trạm *base* có giá trị *tval* bằng 205 và khoảng cách loang *r* bằng 1. Để thấy, trạm lân cận ở góc trên trái của lưới tốt hơn *base* nên có *r* giữ nguyên là 1, còn trạm giữa bên phải không tốt bằng trạm *base* nên có *r* giảm còn một nửa (bằng $\frac{1}{2}$).

5. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Trong phần thực nghiệm, nhóm nghiên cứu sử dụng bộ 30 test ký hiệu là TPK với $k = 1 \dots 30$. Mỗi bộ test bao gồm 30 dòng, mỗi dòng chứa hai số thực là tọa độ hai chiều của một nút mạng.

5.1. Cài đặt thực nghiệm

Các tham số thực nghiệm được cài đặt như trong bảng sau:

Parameter	Value
The network size	100m x 100m
Number of sensor nodes – <i>l</i>	30
Initial energy of each node – <i>E</i>	1 J
Repetition time <i>k</i> in IGM	500 times
<i>k</i> times repeating IGM as the initializing step in HIGM	10 times
<i>MAX_ITER</i> in HIGM	50
<i>SZH</i> in HIGM	8
<i>Epsilon</i>	10^{-3}
Energy model	$E_{elec} = 50 * 10^{-9}$ J $\epsilon_{fs} = 10 * 10^{-12}$ J/bit/m ² $\epsilon_{mp} = 0.0013 * 10^{-12}$ J/bit/m ⁴

5.2. Kết quả thực nghiệm

Bảng 2 mô tả độ tốt của các trạm cơ sở tương ứng với phương pháp IGM và HIGM trong tương quan với kết quả thu được với bốn phương pháp trình bày trong bài [15] khi áp dụng trên bộ 30 test được sinh ngẫu nhiên. Sáu phương pháp lần lượt là phương pháp trọng tâm, phương pháp tổng khoảng cách nhỏ nhất, phương pháp tổng khoảng cách bình phương nhỏ nhất, phương pháp tham lam, phương pháp IGM và phương pháp HIGM lần lượt trả về các kết quả ghi trong sáu cột của bảng 2 theo thứ tự tương ứng.

Bảng 2. Kết quả trạm cơ sở được tính bởi sáu phương pháp: phương pháp trọng tâm, tổng khoảng cách nhỏ nhất, tổng khoảng cách bình phương nhỏ nhất, phương pháp tham lam, phương pháp IGM và phương pháp HIGM – tương ứng với sáu cột BS1, BS2, BS3, BS4, BS-IGM và BS-HIGM trên 30 bộ test.

Ins.	BS1 (x-y)	BS2 (x-y)	BS3 (x-y)	BS4 (x-y)	BS-IGM (x-y)	BS-HIGM (x-y)
TP1	55.2-39.9	54-37	55-40	53.1-50.5	58.4-40.9	57.2-41.8
TP2	39.9-55.3	36-60	40-55	40.6-54.8	29.0-58.0	26.8-55.5
TP3	55.3-42.6	55-41	55-43	52.6-53.0	58.5-42.1	58.4-42.2
TP4	42.6-56.2	40-62	43-56	42.1-55.1	44.0-61.0	53.4-60.9
TP5	56.2-42.3	57-39	56-42	52.1-53.4	60.8-43.9	62.1-43.4
TP6	42.3-56.4	39-61	42-56	41.8-55.0	43.0-70.0	40.9-65.3
TP7	56.4-42.9	58-40	56-43	53.3-54.6	61.9-44.0	61.5-43.7
TP8	42.9-56.8	39-63	43-57	44.7-53.6	36.5-50.1	35.9-50.6
TP9	56.8-41.3	59-36	57-41	54.1-53.7	62.9-41.6	63.0-41.5
TP10	41.3-58.4	36-64	41-58	45.9-54.5	36.0-49.0	34.8-49.9
TP11	58.4-42.0	62-38	58-42	54.5-53.5	56.7-46.9	55.0-39.0
TP12	42.0-58.7	36-64	42-59	46.1-54.9	35.4-51.4	34.1-50.1
TP13	58.7-39.9	61-36	59-40	57.4-43.3	58.9-40.1	55.8-39.9
TP14	39.9-59.9	36-65	40-60	46.1-48.9	32.8-52.0	33.4-50.3
TP15	59.9-38.3	62-35	60-38	58.1-41.9	56.7-40.2	48.1-35.5
TP16	38.3-59.9	36-64	38-60	38.5-54.2	29.0-52.0	31.8-50.7
TP17	59.9-38.5	62-35	60-39	58.1-42.3	60.7-38.6	51.9-37.5
TP18	38.5-61.2	35-66	39-61	38.9-55.0	33.8-50.7	31.7-50.8
TP19	61.2-40.5	64-37	61-41	52.1-40.2	59.2-41.4	54.1-40.4
TP20	40.5-59.6	36-64	41-60	47.0-58.4	33.0-52.0	33.7-50.1
TP21	59.6-40.3	62-37	60-40	57.6-43.4	54.6-39.5	53.8-38.5
TP22	40.3-58.2	36-64	40-58	47.0-57.7	37.0-50.3	34.3-49.1
TP23	58.2-39.0	60-34	58-39	56.8-43.1	55.3-39.8	55.3-39.4
TP24	39.0-55.9	35-63	39-56	45.9-56.3	41.0-49.0	40.4-49.0
TP25	55.9-39.4	58-35	56-39	53.9-44.3	55.0-38.0	54.8-38.1
TP26	39.4-54.6	36-59	39-55	46.2-55.0	45.7-51.2	45.8-51.6
TP27	54.6-41.5	56-38	55-42	53.6-45.5	56.0-40.0	55.3-39.4
TP28	41.5-53.2	39-55	42-53	47.3-54.0	47.2-51.3	47.1-51.8
TP29	53.2-39.4	54-35	53-39	53.9-45.6	52.1-41.8	52.4-38.8
TP30	39.4-50.5	37-51	39-51	45.9-52.6	45.0-49.7	44.9-51.5

Dữ liệu thực nghiệm cho thấy hai phương pháp IGM và HIGM cho kết quả trạm cơ sở khá gần nhau trên hầu hết các trường hợp, và cũng tương đối gần với kết quả cho bởi phương pháp tham lam. Nhìn chung, vị trí trạm cơ sở tính bởi sáu phương pháp có khác biệt đáng kể, thể hiện tính đa dạng trong cách tiếp cận của bài toán tối ưu đặt tâm trong mạng WSN.

Bảng 3 thể hiện kết quả tval đại diện cho thời gian sống của mạng ứng với vị trí trạm cơ sở liệt kê trong bảng 2. Kết quả này được tính thông qua công cụ giải tuyến tính hỗ trợ bởi thư viện Gusek. Các kết quả tốt nhất được tô màu xanh để dễ theo dõi.

Bảng 3. Thời gian sống của mạng WSN ứng với trạm cơ sở BS1, BS2, BS3, BS4, BS-IGM và BS-HIGM được tính bởi sáu phương pháp: phương pháp trọng tâm, tổng khoảng cách nhỏ nhất, tổng khoảng cách bình phương nhỏ nhất, phương pháp tham lam, phương pháp IGM và phương pháp HIGM.

Ins.	BS1	BS2	BS3	BS4	BS-IGM	BS-HIGM
TP1	870	811	867	890	930	930
TP2	809	652	820	836	935	943
TP3	867	845	866	865	915	916
TP4	838	885	837	829	889	904
TP5	878	839	869	877	980	984
TP6	822	832	815	805	881	884
TP7	931	926	925	906	991	991
TP8	739	706	738	746	783	785
TP9	941	910	948	907	1026	1026
TP10	736	700	736	738	824	831
TP11	1044	1041	1044	971	1044	1044
TP12	777	722	777	791	841	868
TP13	1171	1160	1171	1171	1171	1171
TP14	762	739	762	797	868	899
TP15	907	907	907	907	907	907
TP16	762	739	761	812	932	960
TP17	907	907	907	907	907	907
TP18	746	726	747	793	914	956
TP19	893	870	894	907	907	907
TP20	751	695	750	786	854	882
TP21	1020	935	1003	1130	1202	1202
TP22	744	682	745	794	863	878
TP23	1056	943	1065	1124	1186	1190
TP24	695	587	694	746	809	810
TP25	1115	997	1116	1010	1128	1129
TP26	843	741	838	893	921	924
TP27	1040	1048	1038	977	1066	1068
TP28	838	799	845	862	885	886
TP29	988	962	988	952	988	988
TP30	817	789	810	861	878	886

Đễ dàng nhận thấy rằng kết quả cho bởi hai phương pháp đề xuất tốt hơn rất nhiều so với bốn phương pháp trình bày trong [15] trên hầu hết các bộ dữ liệu, hoặc tốt tương đương trên một số ít các bộ còn lại. Cụ thể, HIGM cho kết quả tốt nhất trên toàn bộ 30 bộ test, còn IGM là giải thuật tốt thứ nhì với 10/30 bộ test đạt kết quả tốt nhất. Trong khi đó, số lượng kết quả tốt của bốn phương pháp trọng tâm, tổng khoảng cách nhỏ nhất, tổng bình phương khoảng cách nhỏ nhất và phương pháp tham lam lần lượt chỉ là 5, 2, 5 và 4 trên tổng số 30 bộ dữ liệu test.

Dữ liệu thực nghiệm cho thấy HIGM là giải thuật tốt nhất hiện tại khi trả về trạm cơ sở cho phép kéo dài tối đa thời gian sống của mạng WSN trên toàn bộ 30 bộ dữ liệu test. Mặc dù chỉ xếp thứ hai về độ tốt của kết quả, phương pháp IGM lại đơn giản hơn HIGM nhiều về độ phức tạp của giải thuật, do đó đòi hỏi ít thời gian triển khai hơn trong khi trả về kết quả tốt gần tương đương với giải thuật tốt nhất là HIGM với độ sai khác không đáng kể (nhỏ hơn 1% với một số bộ test). Việc hiểu được các đặc điểm này sẽ giúp lựa chọn phương pháp phù hợp nhằm phát huy được ưu điểm của giải thuật khi dùng cho các mục đích và hoàn cảnh nhất định.

6. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN TRONG TƯƠNG LAI

Bài nghiên cứu này định hướng kéo dài tối đa thời gian sống của mạng cảm biến không dây bằng cách tối ưu hóa bài toán đặt tâm trong mạng. Nhóm tác giả đã đề xuất hai giải thuật tên là giải thuật tham lam kết hợp (IGM) và giải thuật loang heuristic tham lam kết hợp (HIGM) nhằm chỉ định vị trí tối ưu của trạm cơ sở trong mạng dựa vào topo của mạng. Hai phương pháp đề xuất được kiểm nghiệm trên 30 bộ dữ liệu khởi tạo ngẫu nhiên, và kết quả được đánh giá thông qua công cụ tính toán tuyến tính được hỗ trợ bởi thư viện Gusek. Kết quả thực nghiệm cho thấy hai phương pháp IGM và HIGM cho thời gian sống tốt hơn rất nhiều so với các phương pháp hiện tại. Để phát triển hơn nữa bài toán đặt tâm, nhóm nghiên cứu dự kiến sẽ giải quyết bài toán đặt nhiều tâm và tối ưu hóa lịch truyền trong mạng.

7. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Qunfeng Dong: Maximizing System Lifetime in Wireless Sensor Networks. In: Information Processing in Sensor Networks, pp. 13–19 (2005).
- [2] Shebli F., CNRS, Dayoub I., M'foubat A.O., Rivenq A., Rouvaen J.M.: Minimizing Energy Consumption within Wireless Sensors Networks Using Optimal Transmission Range between Nodes. In: Signal Processing and Communications, IEEE International Conference, pp. 105–108 (2007).
- [3] Peng Cheng, Chen-Nee Chuah, Xin Liu: Energy-aware Node Placement in Wireless Sensor Networks. In: Global Telecommunications Conference, vol. 5, pp. 3210–3214 (2004).
- [4] Najmeh Kamyabpour, Doan B. Hoang: Modeling Overall Energy Consumption in Wireless Sensor Networks. arXiv preprint arXiv:1112.5800 (2011).
- [5] Majid I. Khan, Wilfried N. Gansterer, Guenter Haring: Static vs. Mobile Sink: The Influence of Basic Parameters on Energy Efficiency in Wireless Sensor Networks. In: Computer Communications, vol. 36, issue 9, pp. 965–978 (2013).
- [6] Lourthu Hepziba Mercy M., Balamurugan K., Vijayaraj M.: Maximization of Lifetime and Reducing Power Consumption in Wireless

- Sensor Network Using Protocol. In: International Journal of Soft Computing and Engineering, vol. 2, issue 6 (2013).
- [7] Ioannis Ch. Paschalidis, Ruomin Wu: Robust Maximum Lifetime Routing and Energy Allocation in Wireless Sensor Networks. In: International Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 2012, Article ID 523787, 14 pages (2012).
- [8] J. H. Chang, L. Tassiulas: Maximum Lifetime Routing in Wireless Sensor Networks. In: IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 12, no. 4, pp. 609–619 (2004).
- [9] A. Giridhar, P. R. Kumar: Maximizing the Functional Lifetime of Sensor Networks. In Proceedings of the 4th International Symposium on Information Processing in Sensor Networks (IPSN '05), pp. 5–12 (2005).
- [10] H. Nama, N. Mandayam: Sensor Networks over Information Fields: Optimal Energy and Node Distributions. In Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC '05), vol. 3, pp. 1842–1847 (2005).
- [11] Hoai An Le Thi, Quang Thuan Nguyen, Khoa Tran Phan, Tao Pham Dinh: DC Programming and DCA Based Cross-layer, Optimization in Multi-hop TDMA Networks. In: The 5th Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, LNCS 7803, pp. 398–408, Malaysia (2013).
- [12] Zhao Cheng, Mark Perillo, Wendi B. Heinzelman: General Network Lifetime and Cost Models for Evaluating Sensor Network Deployment Strategies. In: IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 7, no. 4, pp. 484–497 (2008).
- [13] Yibui Li, Gaoxi Xiao, Gurpreet Singh, Rashmi Gupta: Algorithms for Finding Best Location of Cluster Heads for Minimizing Energy Consumption in Wireless Sensor Networks. In: Wireless Network, vol. 19, issue 7, pp. 1755–1768 (2013).
- [14] Yi Shi and Y. Thomas Hou: Optimal Base Station Placement in Wireless Sensor Networks. In: ACM. Trans. Sensor Netw. 5, 4, Article 32 (November 2009).
- [15] Nguyen Thanh Tung, Dinh Ha Ly, Huynh Thi Thanh Binh: Maximizing the Lifetime of Wireless Sensor Networks with the base station location. In: International Conference, ICTCC 2014, DOI 10.1007/978-3-319-15392-6_11, vol. 144, pp. 108–116 (November 2014).