JST: Engineering and Technology for Sustainable Development
Volume 31, Issue 2, April 2021, 029-034

Ứng dụng giải thuật di truyền cho tối ưu lịch trình mạng cảm biến không dây theo thời gian

Application of Genetic Algorithm in Time-Based Wireless Sensor Network Schedule Optimization

Hà Văn Phương[1,2*], Đào Trung Kiên[1], Phạm Thị Ngọc Yến[1], Lê Minh Hoàng[1]
[1]Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam
[2]Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam
[*]Email: Havanphuong@haui.edu.vn

Tóm tắt

Trong những năm gần đây, mạng cảm biến không dây ngày càng được đặt biệt quan tâm, nghiên cứu và ứng dụng mạnh mẽ trong nhiều lĩnh vực. Một vấn đề của mạng cảm biến là sự hạn chế về tài nguyên và năng lượng hoạt động nên đã hạn chế rất nhiều tiềm năng ứng dụng của nó. Tối ưu hóa mạng cảm biến là một lớp bài toán rất đa dạng và phong phú, trong đó lập lịch cho mạng cảm biến góp phần quan trọng giúp tiết kiệm năng lượng và tăng thời gian hoạt động của mạng trong các ứng dụng thực tiễn. Tuy nhiên, việc tối ưu hóa lập lịch cho mạng cảm biến là một bài toán rất phức tạp với nhiều ràng buộc, khó để giải quyết bằng phương pháp giải tích. Bài báo này đề cập đến một phương pháp sử dụng thuật toán di truyền (GA) để tìm ra giải pháp tối ưu lịch trình mạng. Việc tính toán giá trị hàm mục tiêu, đánh giá và lựa chọn dựa trên khả năng thích nghi kết hợp các phép toán lai ghép và đột biến nhằm tiến hóa các cá thể trong quần thể qua các thế hệ theo hướng tối ưu. Nghiên cứu đã đưa ra được mô hình bài toán tối ưu lịch trình theo thuật toán di truyền và thực hiện được một số mô phỏng cho lịch trình tối ưu mạng cảm biến và dung lượng pin của các nút với lịch trình tối ưu.

Từ khóa: Mạng cảm biến, tối ưu hóa lịch trình, thuật toán di truyền, tiết kiệm năng lượng.

Abstract

In recent years, wireless sensor networks (WSN) have been particularly interested, studied and applied very strongly. A sensor network is generally limited in resources and energy, which greatly restrict its applicability. Sensor network optimization in practice is a very diverse with a wide range of applications, whereas sensor network scheduling is important in lowering energy consumption and maximizing network lifetime. However, optimization of sensor network schedule is a very complex problem with many constraints that is not trivial to solve by analytical methods. This paper discusses a heuristical approach using a genetic algorithm to find an optimal solution for network scheduling. The evaluation of fitness function, as well as selection with crossover and mutation operations help to evolve individuals in the population through generations in an optimal direction. The modeling of a genetic algorithm for the schedule optimization is presented, and simulation results with the optained optimal schedule are given.

Keywords: Sensor network, schedule optimization, genetic algorithm, energy efficiency.

1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây, mạng cảm biến không dây được quan tâm, nghiên cứu và ứng dụng rất mạnh mẽ trong nhiều lĩnh vực như giám sát môi trường [1], sức khoẻ, kiểm soát sản xuất công nghiệp, nông nghiệp, năng lượng [2], giao thông, an ninh, quân sự và trong các ứng dụng dân dụng. Nhờ những ưu điểm như không cần dây cấp nguồn và dây tín hiệu, tính mềm dẻo linh hoạt, khả năng tùy biến cao, dễ triển khai trên diện rộng và trong các môi trường phức tạp, mang lại hiệu quả cao về kinh tế nên mạng cảm biến không dây ngày càng được ứng dụng rộng rãi. Tuy nhiên, một vấn đề lớn được quan tâm đối với mạng cảm biến không dây là năng lượng cung cấp cho các nút cảm biến rất hạn chế nên cần phải có các giải pháp nhằm tiết kiệm năng lượng, kéo dài tuổi thọ và nâng cao hiệu năng mạng.

Nghiên cứu, phát triển và ứng dụng mạng cảm biến trong thực tế có rất nhiều mục tiêu. Nhiều bài toán tối ưu hóa cho mạng cảm biến cần thực hiện như tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ, tối ưu hóa vùng phủ sóng, tối ưu hóa kết nối mạng, tối đa hóa thời gian hoạt động của mạng, v.v… Các tiêu chí trong mỗi mục tiêu tối ưu hóa cũng được xác định khác nhau, ví dụ trong tối đa hóa thời gian hoạt động thì tiêu chí về thời gian hoạt động cũng được xác định khác nhau, có thể mạng được coi là hoạt động khi chỉ cần một vài nút còn hoạt động, hoặc khi phạm vi bao phủ của nó trên một ngưỡng cho trước, hoặc bao phủ được những khu vực quy định [3]. Thực tế, mạng cảm biến thường không đồng nhất, các cảm biến đa dạng về chủng loại, số lượng nút cảm biến lớn, không gian triển khai mạng rộng, địa hình và môi trường phức tạp, nên lập lịch hoạt động cho mạng cảm biến là một

ISSN: 2734-9381
https://doi.org/10.51316/jst.149.etsd.2021.31.2.5
Received: February 02, 2021; accepted: April 05, 2021

giải pháp được sử dụng phổ biến trong việc thực hiện các mục tiêu tối ưu hóa cho mạng. Lập lịch tối ưu cho mạng cảm biến phụ thuộc vào mục tiêu cần tối ưu hóa và các ràng buộc của mạng. Đây là bài toán tối ưu hóa tổ hợp đa mục tiêu với nhiều ràng buộc phức tạp rất khó để giải quyết bằng các thuật toán tối ưu xác định hay phương pháp tích phân. Bài báo này đề cập tới cách tiếp cận vấn đề này bằng cách sử dụng thuật toán di truyền (GA) như một cơ chế tìm kiếm chung cho giải pháp tối ưu tổng thể cho mạng cảm biến.

2. Bài toán tối ưu lịch trình cho mạng cảm biến

Do tính chất đa dạng và phức tạp về yêu cầu của các bài toán ứng dụng mạng cảm biến, nên bài toán tối ưu lịch cho mạng cảm biến cũng rất đa dạng và phức tạp. Các cơ chế lập lịch có thể cùng mục tiêu tối ưu nhưng các điều kiện ràng buộc khác nhau thì cơ chế lập lịch cũng khác nhau. Nhìn chung, các mục tiêu tối ưu hóa trong mạng cảm biến thường đi cùng với hai vấn đề chính là tổng hợp dữ liệu và tiết kiệm năng lượng cho mạng. Vì vậy, việc lập lịch tối ưu cho mạng sẽ dựa trên sự kết hợp giữa cơ chế hoạt động tại mỗi nút cảm biến với các trạng thái hoạt động như ngủ, đo lường, truyền thông và cơ chế hoạt động chung của toàn mạng để thực hiện mục tiêu tối ưu hóa bài toán cụ thể. Tuy nhiên, trong khi tất cả các chiến lược đều có một mục tiêu thiết kế chung để tối đa hóa tuổi thọ mạng, thì các cơ chế để thực hiện vấn đề này cũng đa dạng như các kỹ thuật được sử dụng trong triển khai mạng cảm biến do các giả định khác nhau được xem xét trong bối cảnh của các ứng dụng khác nhau [4]. Do đó, các cơ chế có thể được phân loại theo nhiều cách: tĩnh và động, tập trung và phân tán, hợp tác dựa trên giao tiếp và ít giao tiếp, phân cấp và không phân cấp, v.v.

Ví dụ, với cơ chế lập lịch trong mạng không phân cấp, các nút cảm biến có vai trò mạng như nhau. Các nút cảm biến sẽ tự quảng bá thông tin bản thân như vị trí, mức năng lượng, thời gian đã làm việc liên tục cũng như thăm dò, giao tiếp với các nút lân cận để đưa ra các yêu cầu đối với các nút lân cận hoặc quyết định hành động của bản thân như tiếp tục ngủ để tiết kiệm năng lượng hay thức dậy làm việc để đảm bảo chức năng, nhiệm vụ và mục tiêu của mạng. Hiện có nhiều cơ chế lập lịch trong mạng không phân cấp được các nghiên cứu đề xuất và áp dụng, như cơ chế lập lịch tối đa hóa về tuổi thọ mạng cảm biến với các vấn đề hạn chế về thời lượng của pin và phạm vi cảm nhận [5]; lập lịch theo cơ chế vùng phủ sóng được hỗ trợ, dựa trên việc mỗi nút trong mạng tự động và định kỳ đưa ra quyết định bật hay tắt bằng cách sử dụng thông tin phủ sóng của các nút lân cận, một nút quyết định tắt nó khi phát hiện ra rằng các nút lân cận có thể giúp nó giám sát toàn bộ khu vực hoạt động của nó [6]. Bên cạnh đó, cơ chế lập lịch cho mạng cảm biến phân cấp cũng tương tự như cơ chế lập lịch không phân cấp, có nhiều cơ chế lập lịch khác nhau đã được các nhóm nghiên cứu đề xuất và phát triển, chẳng hạn như các cơ chế lập lịch trong mạng phân cấp dựa trên cụm. Các nút cảm biến trong mạng được tổ chức thành các cụm, trong đó có trưởng cụm đóng vai trò liên lạc với các cảm biến trong cụm của nó rồi sau đó liên lạc với các trưởng cụm khác và trạm gốc, còn các nút trong cụm có thể hoạt động hoặc ngủ tùy thuộc vào tính cần thiết cụ thể tại một thời điểm. Như vậy, các trưởng cụm sẽ có nhiều trách nhiệm hơn và tiêu tốn nhiều năng lượng hơn, dẫn đến các cụm trưởng sẽ có thể hết năng lượng và ngừng hoạt động trước nhất ảnh hưởng chung toàn mạng. Để tránh tình trạng này, các thuật toán lập lịch sẽ chia hoạt động của mạng thành các chu kỳ, mỗi chu kỳ sẽ lựa chọn ngẫu nhiên trưởng cụm [7], như vậy tất các các cảm biến đều có xác suất trở thành trưởng cụm ở chu kỳ tiếp theo. Hơn nữa, số lượng trưởng cụm cũng phải được xem xét trong vấn đề phân cụm, nếu số lượng trưởng cụm nhiều quá mức cần thiết trong mạng thì cũng gây lãng phí năng lượng của mạng vì vậy trong thuật toán thiết lập lịch hoạt động cho mạng cần phải xem xét việc xác định số lượng cụm trưởng cần thiết. Lập lịch có thể dựa trên việc giám sát năng lượng trong từng cụm bởi cụm trưởng [8], các nút trong cụm sẽ được trưởng cụm giám sát và điều khiển việc ngủ và thức tùy thuộc theo mức năng lượng tương đối của nó trong cụm ví dụ mức năng lượng càng ít thì được ngủ càng nhiều, trưởng cụm giám sát cũng được lựa chọn lại ở mỗi đầu chu kỳ hoạt động của mạng.

Như vậy, bài toán tối ưu hóa lập lịch cho mạng cảm biến có bản chất thời gian biểu là rời rạc, việc tìm kiếm giải pháp tối ưu bằng phương pháp phân tích là không phù hợp. Bài báo này hướng tới cách tiếp cận vấn đề này bằng cách sử dụng các thuật toán di truyền (GA) [8], đưa ra cơ chế tìm kiếm chung cho giải pháp tối ưu hóa mạng cảm biến.

3. Thuật toán di truyền cho bài toán tối ưu lịch trình mạng cảm biến

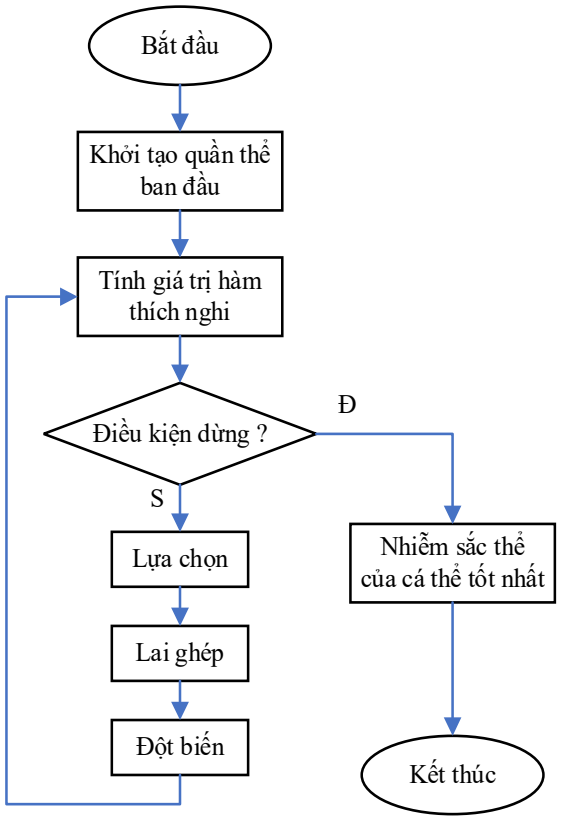
3.1. Tổng quan thuật toán di truyền

Theo học thuyết Charles Darwin về tiến hóa của các loài, trong tự nhiên, một quần thể bao gồm các cá thể sinh sống và cạnh tranh nhau về nguồn tài nguyên sống như thức ăn, nơi ở và các cá thể còn cạnh tranh nhau trong vấn đề sinh sản và duy trì nòi giống. Những cá thể có năng lực cao sẽ có khả năng sống sót cao và có số lượng con cái lớn hơn, các cá thể yếu hơn sẽ có ít con cái thậm chí không có con. Các thế hệ sau sẽ được thừa hưởng, kết hợp và phát triển những đặc điểm tốt từ bố mẹ nên con cái sẽ có năng lực cao hơn bố mẹ rất nhiều. Đây chính là cách mà các loài tiến hóa để thích nghi với môi trường sống.

Thuật toán di truyền bắt chước tự nhiên với các nguyên lý tiến hóa như di truyền, chọn lọc tự nhiên, lai ghép và đột biến để tìm ra giải pháp tối ưu tổng thể cho một vấn đề, đặc biệt trong các bài toán liên quan đến vấn đề tìm kiếm hoặc tối ưu hóa. GA hoạt động với một tập hợp các cá thể, mỗi cá thể đại diện một giải pháp khả thi cho vấn đề nhất định và có một giá trị tùy thuộc vào mức độ giải quyết vấn đề đó.

Những cá thể có tính phù hợp cao sẽ được lựa chọn và lai với nhau để tạo ra thế mới có năng lực tốt hơn bố mẹ. GA thường được ứng dụng cho những bài tối ưu như: lập kế hoạch [10], vận tải [11], tìm đường [12], chương trình trò chơi, điều khiển thích nghi,... Do những ưu điểm vượt trội, thuật toán di truyền ngày càng được phát triển và ứng dụng mạnh mẽ trong thực tế. GA đã được sử dụng trong tối ưu hóa cho mạng cảm biến, một bài toán rất phổ biến và quan trọng là tối ưu cơ chế lập lịch thực hiện các mục tiêu tối ưu hóa trong mạng cảm biến.

Việc thực hiện một thuật toán di truyền điển hình có thể được biểu diễn bằng lưu đồ được mô tả trong Hình 1. Khi khởi tạo, một quần thể tạo được tạo ngẫu nhiên. Sự ngẫu nhiên hóa này có thể hoàn toàn đồng nhất hoặc đôi khi dựa trên một cá thể hạt giống được người dùng cung cấp như một đầu vào của thuật toán.



Hình 1. Lưu đồ thuật toán di truyền.

Từ Hình 1, có thể thấy giải thuật di truyền bao gồm các bước cơ bản sau:

- *Bắt đầu:* nhận các tham số cho thuật toán.
- *Khởi tạo:* sinh ngẫu nhiên một quần thể gồm *n* cá thể.
- *Thích nghi:* tính toán giá trị hàm thích nghi cho từ cá thể trong toàn quần thể.
- *Đánh giá:* kiểm tra điều kiện kết thúc giải thuật.
- *Tạo quần thể mới:* nếu điều kiện chấm dứt không được thỏa mãn, quá trình sẽ tiếp tục bằng cách tạo ra thế hệ mới theo hướng chất lượng của nó được cải thiện so với thế hệ bố mẹ. Bước này còn được gọi là sinh sản và đạt được bằng cách thực hiện ba phép toán: lựa chọn, lai ghép và đột biến trên quần thể hiện tại.
  - Lựa chọn hai cá thể bố mẹ từ quần thể cũ theo độ thích nghi của chúng, cá thể có độ thích nghi càng cao thì càng có nhiều khả năng được chọn.
  - Lai ghép hai cá thể bố mẹ để tạo ra một cá thể mới với một xác suất lai ghép được chọn.
  - Đột biến nhằm mục đích biến đổi ngẫu nhiên một phần gen của cá thể mới với một xác suất đột biến được chọn.
- *Kết thúc*: nếu điều kiện dừng được thỏa mãn thì thuật toán kết thúc và trả về lời giải tốt nhất trong quần thể hiện tại.

Tuy nhiên, thứ tự của các bước trên này có thể khác nhau hoặc thậm chí chúng có thể được kết hợp theo các cách khác nhau trong một số biến thể của thuật toán để có sự linh hoạt hơn trong việc triển khai.

3.2. Tối ưu lịch trình mạng cảm biến với thuật toán di truyền

Với các bài toán tối ưu hóa, điều quan trọng nhất là hàm mục tiêu, có thể được biểu diễn chung bằng một hàm toán học nhiều biến ánh xạ các phần tử từ miền đầu vào *X* thành số thực:

$$f(x): \mathbf{X} \to \mathrm{R} \tag{1}$$

trong đó $\mathbf{x} \in \mathbf{X}$ là vectơ biến. Thông thường, $\mathbf{X}$ là tập con của các phần tử trong R^n thỏa mãn các ràng buộc. Đối với bài toán cực tiểu, một nghiệm $\mathbf{x}_0$ là một phần tử mà $f(\mathbf{x}_0) \le f(\mathbf{x})$ với mọi $\mathbf{x} \in \mathbf{X}$.

Đối với bài toán tối ưu lịch mạng cảm biến, gốc lõi vấn đề là lập lịch tối ưu cho từng nút mạng với các ràng buộc liên quan để được lịch trình tối ưu cho toàn mạng. Mỗi nút cảm biến sẽ hoạt động ở các chế độ khác nhau như ngủ, chờ, đo lường, truyền thông,… Trong bài toán này, tập hợp các chế độ của nút *i* được biểu thị là M^i. Khi đó, một lịch trình của nút *i* được xác định bởi một chuỗi:

$$S^i \triangleq m^i_j \,|_{j=1..s}\,, \tag{2}$$

trong đó *s* là độ dài của chuỗi hay số lần thay đổi trạng thái của nút, $m^i_j \in M^i$ là chế độ được sử dụng ở trạng thái thứ *j* của nút *i*. Lịch trình của toàn mạng $\hat{S}$ sẽ là sự kết hợp của các lịch trình của mọi nút trong mạng gồm *n* nút. Chú ý rằng các các nút có cùng thời gian bắt đầu là $t_0 = 0$ và cùng thời điểm kết thúc cho một lịch trình là *T*.

$$\hat{S} = \{S^i\}\,|_{i=1..n} \tag{3}$$

Trong nghiên cứu này, nhiễm sắc thể mã hóa lịch trình mạng $\hat{S}$ được định nghĩa như sau:

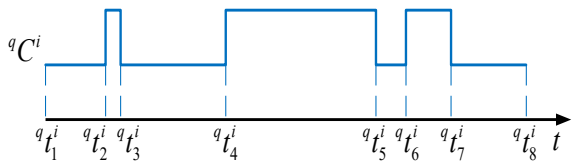
$$C = [m_1^1, m_2^1, \ldots, m_s^1, \; m_1^2, m_2^2, \ldots, m_s^2, \; \ldots \; m_1^n, m_2^n, \ldots, m_s^n]. \quad (4)$$

Số gen của mỗi nút là s và của toàn mạng là $(n \times s)$. Giả sử quần thể có p cá thể, khi đó ${}^qC|_{q=1..p}$ biểu thị lịch trình của cá thể q trong quần thể lịch trình mạng, và ${}^qC^i$, như thể hiện trên Hình 2, là biểu thị đoạn gen trong ${}^qC$ tương ứng lịch trình của nút i trong lịch trình mạng q. Tương tự, tất cả các biến phụ thuộc cá thể khác cũng tuân theo quy ước ký hiệu này, ví dụ, ${}^q m_j^i$ là trạng thái j của nút i của cá thể q. Lịch trình của nút i được biểu diễn như sau:

$${}^qC^i = [{}^q m_1^i, {}^q m_2^i, \ldots, {}^q m_s^i]. \quad (5)$$

Theo đó, lịch trình của mạng gồm n nút ${}^qC$ sẽ được biểu diễn như sau:

$${}^qC = [{}^qC^1, {}^qC^2, \ldots, {}^qC^n]. \quad (6)$$



Hình 2. Biểu diễn lịch trình hoạt động của một nút.

4. Kịch bản và kết quả mô phỏng

Trong khuôn khổ bài báo này, một kịch bản thử nghiệm thuật toán di truyền cho lớp bài toán tối ưu lịch trình mạng với mục tiêu cụ thể là tối đa hóa số giá trị đo thông số môi trường, với ràng buộc là tuổi thọ của nút và đảm bảo thời gian giữa hai lần đo liên tiếp không lớn hơn $\Delta\tau$ cho trước. Đối với mỗi nút cảm biến, cần phải biết trước các thông số về năng lượng tiêu thụ của nút như dung lượng lớn nhất của pin, tốc độ sạc pin, năng lượng tiêu thụ của từng chế độ làm việc. Thực tế, các nút cảm biến có thể có nhiều chế độ làm việc như ngủ, chờ, đo lường và truyền thông,… Tuy nhiên, trong bài toán này ràng buộc là tối đa tuổi thọ mạng nên vấn đề năng lượng tiêu thụ được đặc biệt quan tâm. Vì vậy trong kịch bản này, để đơn giản, mỗi nút sẽ được xem xét với 2 chế độ là chế độ là ngủ M- tiêu thụ năng lượng ở mức thấp và chế độ hoạt động M+ tiêu thụ năng lượng ở mức cao. Như vậy $M^i = \{M\text{-}, M\text{+}\}$. Giả sử thời gian toàn lịch trình được chia thành các khoảng bằng nhau và mỗi khoảng là τ, khi đó $\tau \times s = T$.

Kịch bản thử nghiệm với mạng gồm 3 nút cảm biến. Để đơn giản, giả sử rằng các nút có cấu hình tương tự nhau và chỉ có sự khác biệt về dung lượng tối đa của pin. Nhóm đã phát triển và thực nghiệm 3 nút cảm biến đo nhiệt độ và độ ẩm không khí trong quá trình nghiên cứu [13], và các tham số cơ bản của các nút trong mạng thực nghiệm được đưa ra như trong Bảng 1. Các mô phỏng được thực hiện bằng nền tảng mô phỏng đã được nhóm nghiên cứu phát triển và giới thiệu cụ thể hơn trong [14].

Bảng 1. Tham số các nút mạng của kịch bản

Tham số	Nút 1	Nút 2	Nút 3
Dung lượng pin tối đa (mAh)	3500	5250	7000
Tốc độ sạc pin (W)	0.8	0.8	0.8
Mức tiêu thụ ở chế độ ngủ (W)	0.05	0.05	0.05
Mức tiêu thụ năng lượng trung bình ở chế độ chờ (W)	0.17	0.17	0.17
Mức tiêu thụ năng lượng trung bình ở chế độ đo lường (W)	0.22	0.22	0.22
Mức tiêu thụ trung bình ở một lần truyền thông (W)	13.27	13.27	13.27
$\Delta\tau$ (phút)	5	5	5
T (ngày)	3	3	3

Ngoài ra, trong kịch bản mô phỏng, vị trí, tọa độ của nút trong không gian cũng cần được quan tâm và xác định cụ thể vì nó liên quan đến vấn đề thu năng lượng. Để tối đa hoá số lần đo thực hiện được của mạng, đồng thời đảm bảo các yếu tố về năng lượng và thời gian hoạt động, hàm mục tiêu được sử dụng là một hàm gồm 4 thành phần:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4, \quad (7)$$

trong đó, Φ_1 là thành phần tương ứng với số lần đo cần tối đa hoá, Φ_2 là thành phần giúp hạn chế các khoảng thời gian dài mà không có phép đo nào được thực hiện, Φ_3 để hạn chế việc các nút bị hết pin trước khi kết thúc kịch bản chạy, và Φ_4 để hạn chế việc mức pin cuối chu kỳ mô phỏng nhỏ hơn khi bắt đầu. Cụ thể,

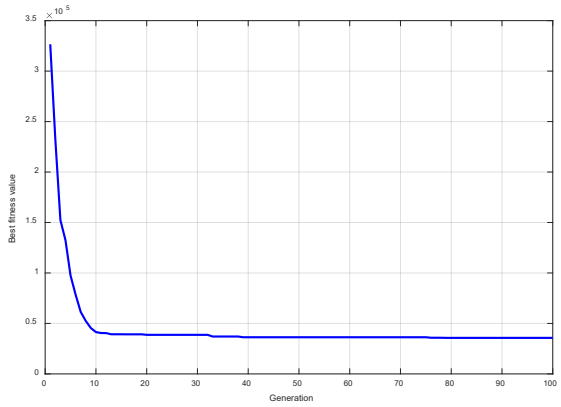
$$\Phi_1 = -k_\eta \eta, \quad (8)$$

$$\Phi_2 = \sum_{i=1}^{\eta} k_{\tau 1} \Delta\tau_i + k_{\tau 2} \Delta\tau_i^2, \quad (9)$$

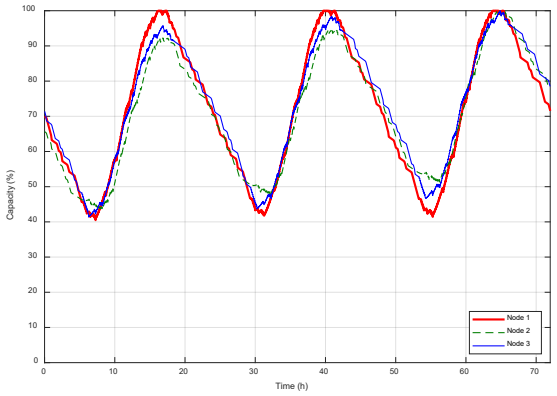
$$\Phi_3 = k_{T1}\left(T - \tilde{T}\right) + k_{T2}\left(T - \tilde{T}\right)^2, \quad (10)$$

$$\Phi_4 = \begin{cases} k_{L1}\left(L_e - L_s\right) + k_{L2}\left(L_e - L_s\right)^2 & \text{if } L_e < L_s, \\ 0 \text{ if } L_e \geq L_s, \end{cases} \quad (11)$$

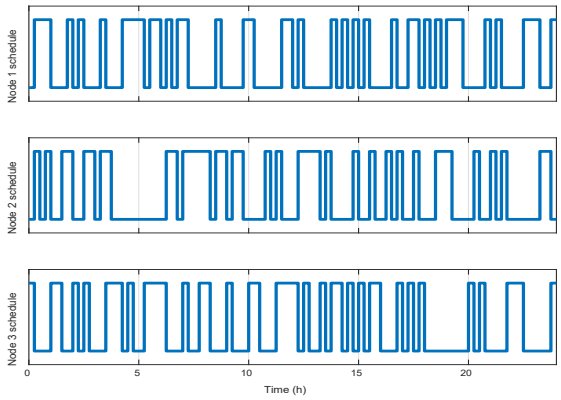
trong đó η là số lần đo thực hiện được; $\Delta\tau_i$ là thời gian giữa hai lần đo liên tiếp; $\tilde{T}$ là thời điểm nút bị hết pin, hoặc bằng T nếu không hết; L_s và L_e là các mức pin khi bắt đầu và kết thúc chu kỳ; và k_η, $k_{\tau 1}$, $k_{\tau 2}$, k_{T1}, k_{T2}, k_{L1}, k_{L2} là các hệ số với giá trị hằng. Các hàm bậc hai sử dụng cho Φ_{2-4} nhằm giúp thuật toán



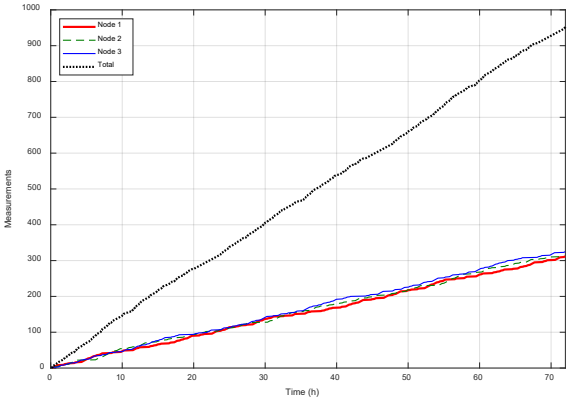
Hình 3. Giá trị thích nghi tốt nhất sau 100 thế hệ.



Hình 4. Dung lượng pin các nút với lịch trình tối ưu.



Hình 5. Lịch trình mạng tối ưu.



Hình 6. Số phép đo thực hiện được theo thời gian.

hội tụ nhanh hơn. Giá trị các tham số chính của thuật toán GA được cho trong Bảng 2.

Bảng 2. Tham số của giải thuật di truyền

Tham số	Giá trị
Kích thước quần thể	100
Tỉ lệ lựa chọn	20%
Tỉ lệ lai	50%
Tỉ lệ đột biến	40%

Với các tham số đã định cho các nút của mạng và GA thực thi sau 100 thế hệ, kết quả nhận được giá trị thích nghi tốt nhất là $3{,}57 \times 10^4$. Quá trình hội tụ được chỉ ra trên Hình 3, thể hiện giá trị hàm mục tiêu của cá thể tốt nhất trong từng thế hệ. Lịch trình mạng tối ưu cuối cùng được hiển thị trong Hình 5.

Theo lịch trình tối ưu thu được, phạm vi thời gian hoạt động trong một ngày cho ba nút riêng lẻ là 39,6%, 38,5% và 40,5%, nhưng sự kết hợp của chúng tạo ra mức độ bao phủ 91,7% thời gian trong ngày. Phần trăm dung lượng pin của các nút khi được mô phỏng với lịch trình này được đưa ra trong Hình 4 và số phép đo đã thực hiện của từng nút và toàn mạng được đưa ra trong Hình 6. Khi kết thúc mô phỏng, các nút thực hiện các phép đo 312, 315 và 325 riêng lẻ, với tổng cộng là 952.

5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã thực hiện tìm hiểu, phân tích và xác định việc tối ưu hóa lịch trình làm việc cho mạng cảm biến là bài toán rất quan trọng liên quan đến vấn đề năng lượng, tuổi thọ và hiệu năng mạng. Theo hướng tiếp cận ứng dụng thuật toán di truyền cho bài toán tối ưu hóa lịch trình mạng cảm biến. Nghiên cứu đưa ra mô hình hóa toán học bài toán tối ưu lịch trình theo thuật toán di truyền. Kết quả chạy mô phỏng với kịch bản thử nghiệm cho thấy giải thuật di truyền rất hiệu quả trong việc tìm ra giải pháp tối ưu lịch trình mạng cảm biến.

Tài liệu tham khảo

[1] Srivastava N. (2010) Challenges of next-generation wireless sensor networks and its impact on society. Journal of Telecommunications, pp. 128-133

[2] Guinard, A., McGibney, A., & Pesch, D. (2009, November) A wireless sensor network design tool to support building energy management. In Proceedings of the First ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Buildings (pp. 25-30). ACM.

[3] Ma, J., Lou, W., Wu, Y., Li, X. Y., & Chen, G. (2009, April). Energy efficient TDMA sleep scheduling in wireless sensor networks. In IEEE INFOCOM 2009 (pp. 630-638). IEEE.

[4] L. Wang, and X. Yang. “A survey of energy-efficient scheduling mechanisms in sensor networks,” Mobile Networks and Applications, vol. 11, no. 5, pp. 723-740, 2006.

[5] Berman, P., Calinescu, G., Shah, C., & Zelikovsly, A. (2005). Efficient energy management in sensor networks. In Y. Xiao & Y. Pan (Eds.), Ad hoc and sensor networks. Nova Science.

[6] Tian, D., & Georganas, N. D. (2002). A coverage-preserving node scheduling scheme for large wireless sensor networks. In Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications (WSNA ’02) (pp. 32–41), Atlanta, Georgia.

[7] Heinzelman, W. R., Chandrakasan, A., & Balakrishnan, H. (2000, January). Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks. In Proceedings of the 33rd annual Hawaii international conference on system sciences (pp. 10-pp). IEEE.

[8] He, T., Krishnamurthy, S., Stankovic, J. A., Abdelzaher, T., Luo, L., Stoleru, R. et al. (2004). Energy-efficient surveillance system using wireless sensor networks. In Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys ’04) (pp. 270–283), Boston, Massachusetts.

[9] J. H. Holland, Adaptation in Natural and Artificial Systems, The University of Michigan Press, Michigan, 1975.

[10] Lee, S. C., Tseng, H. E., Chang, C. C., & Huang, Y. M. (2019). Applying Interactive Genetic Algorithms to Disassembly Sequence Planning. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 1-17.

[11] Liu, T. K., Lin, S. S., & Hsueh, P. W. (2019). Optimal design for transport and logistics of steel mill by-product based on double-layer genetic algorithms. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 1461348419872368.

[12] Al-Furhud, M. A., & Ahmed, Z. H. (2020). Genetic Algorithms for the Multiple Travelling Salesman Problem. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 11(7), 553-560.

[13] Nguyễn, T. H., Lê, M. H., Đào, T. K., Hà, V. P., & Phạm, T. N. Y. (2020). Thiết kế, chế tạo nút cảm biến có khả năng tùy biến phục vụ nghiên cứu, phát triển nền tảng mô phỏng mạng cảm biến. Tạp chí Khoa học và công nghệ, 56(4), 26-30.

[14] Ha, V.P., Dao, T.K., Le, M.H., Nguyen, T.H., and Nguyen, V.T. 2020. Design and implementation of an energy simulation platform for wireless sensor networks. 2020 IEEE International Conference on Multimedia Analysis and Pattern Recognition (MAPR). Hanoi, Vietnam, Oct.