

ISSUES OF ENERGY SAVING IN WIRELESS SENSOR NETWORK

Hoang Van Thuc*, Nguyen Anh Tuan

TNU - University of Information and Communication Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 10/02/2023 Revised: 11/4/2023 Published: 13/4/2023	In recent years, there have been many studies on energy in wireless sensor networks with optimal routing solutions in terms of energy saving and network quality requirements. However, previous studies only met a few requirements for quality, reliability or energy efficiency of the network, rarely addressing many of the different requirements that co-occur in the network. Therefore, there is a need for more in-depth studies in line with the rapidly developing needs of wireless sensor network applications. Starting from the above analysis, the author has studied the problem of energy in wireless sensor networks. The result of the paper is a simulation program on NS2 software about the operation of network nodes and its stored energy. Since then, the author chooses a multi-hop wireless routing method to improve and save energy in wireless sensor networks, specifically to reduce packet transmission delay time, increase reliability and ensure efficient energy use.
KEYWORDS	
Wireless sensor network (WSN)	
Power in WSN	
WSN energy saving solution	
WSN performance	
WSN network quality requirements	

NGHIÊN CỨU VẤN ĐỀ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG TRONG MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY

Hoàng Văn Thực*, Nguyễn Anh Tuấn

Trường Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông - ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 10/02/2023 Ngày hoàn thiện: 11/4/2023 Ngày đăng: 13/4/2023	Trong những năm gần đây, đã có nhiều nghiên cứu về năng lượng trong mạng cảm biến không dây với các giải pháp định tuyến tối ưu về tiết kiệm năng lượng và những yêu cầu về chất lượng mạng. Tuy nhiên, những nghiên cứu đi trước mới chỉ đáp ứng được một vài yêu cầu về chất lượng, độ tin cậy hoặc sử dụng hiệu quả năng lượng của mạng, hiếm khi giải quyết được nhiều yêu cầu khác biệt cùng xuất hiện trong mạng. Chính vì vậy, cần có thêm những nghiên cứu chuyên sâu phù hợp với nhu cầu phát triển nhanh của những ứng dụng về mạng cảm biến không dây. Xuất phát từ các phân tích trên, tác giả bài báo đã nghiên cứu vấn đề về năng lượng trong mạng cảm biến không dây. Kết quả bài báo là chương trình mô phỏng trên phần mềm NS2 về sự hoạt động của các nút mạng và năng lượng dự trữ của nó. Từ đó tác giả lựa chọn phương pháp định tuyến số liệu tập trung nhằm mục đích cải thiện và tiết kiệm năng lượng trong mạng cảm biến không dây, cụ thể là giảm được thời gian trễ truyền gói, tăng độ tin cậy và đảm bảo việc sử dụng năng lượng hiệu quả.
TỪ KHÓA	
Mạng cảm biến không dây (WSN)	
Năng lượng trong WSN	
Giải pháp tiết kiệm năng lượng WSN	
Hiệu năng WSN	
Yêu cầu chất lượng mạng WSN	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.7306>

* Corresponding author. Email: hvthuc@ictu.edu.vn

1. Giới thiệu

Mạng cảm biến không dây bao gồm các thiết bị cảm biến sử dụng các kết nối không dây để thực hiện nhiệm vụ thu thập thông tin dữ liệu phân tán với diện tích lớn trong bất kỳ điều kiện về địa hình của vùng địa lý nào đó [1], [2].

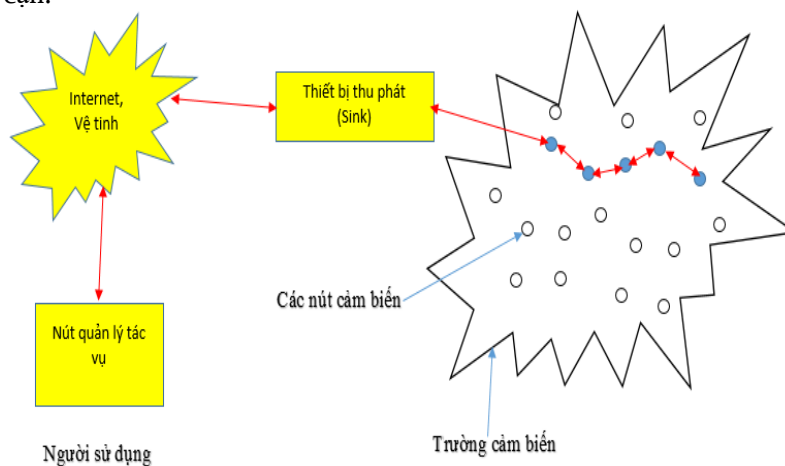
Bất kể phương pháp truy nhập môi trường truyền dẫn nào được sử dụng cho mạng cảm biến đều phải hỗ trợ các kiểu hoạt động tiết kiệm năng lượng cho nút cảm biến. Ví dụ rõ ràng nhất của việc duy trì nguồn năng lượng là tắt bộ thu phát khi nó không được yêu cầu [3], [4]. Các phương pháp tiết kiệm năng lượng sẽ cung cấp thêm năng lượng, nhưng một điểm quan trọng không được phép bỏ qua là các nút cảm biến liên lạc bằng các gói số liệu ngắn. Các gói càng ngắn thì năng lượng khởi kích càng nổi trội [5], [6]. Việc định tuyến trong mạng cảm biến được thực hiện tại lớp mạng. Các nút cảm biến được phân bố dày đặc trong một trường ở gần hoặc ở các nút liên lạc. Giao thức định tuyến số liệu tập trung phù hợp giữa nút cảm biến và nút thu nhận là cần thiết.

Trong mạng cảm biến, mỗi nút đóng vai trò là điểm khởi đầu và định tuyến số liệu. Sự trục trặc của vài nút có thể là nguyên nhân của việc thay đổi hình trạng mạng, phải định tuyến lại gói tin và phải tổ chức lại mạng [7]. Do đó, việc bảo tồn nguồn năng lượng và quản lý nguồn năng lượng là rất quan trọng. Từ các nguyên nhân này mà nhiều nhà nghiên cứu đã tập trung vào việc thiết kế các thuật toán và giao thức nhận biết, tính toán năng lượng cho mạng cảm biến [8]. Bài báo này trình bày kết quả mô phỏng mạng cảm biến không dây (WSN - Wireless Sensor Network) trên phần mềm NS2. Thông qua việc giả định các kịch bản về tăng số nút mạng để đánh giá tốc độ tiêu thụ năng lượng của các nút mạng, một số giải pháp tiết kiệm năng lượng cho mạng cảm biến không dây đã được đề xuất.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Kiến trúc mạng cảm biến không dây (Wireless Sensor Network)

Kiến trúc cơ bản của mạng cảm biến không dây được minh họa trong hình 1, bao gồm rất nhiều các nút được triển khai bên trong hoặc ở rất gần các đối tượng cần được thu thập thông tin. Vị trí các cảm biến không cần chỉ rõ, vì vậy nó cho phép triển khai ngẫu nhiên trong các vùng không thể tiếp cận.

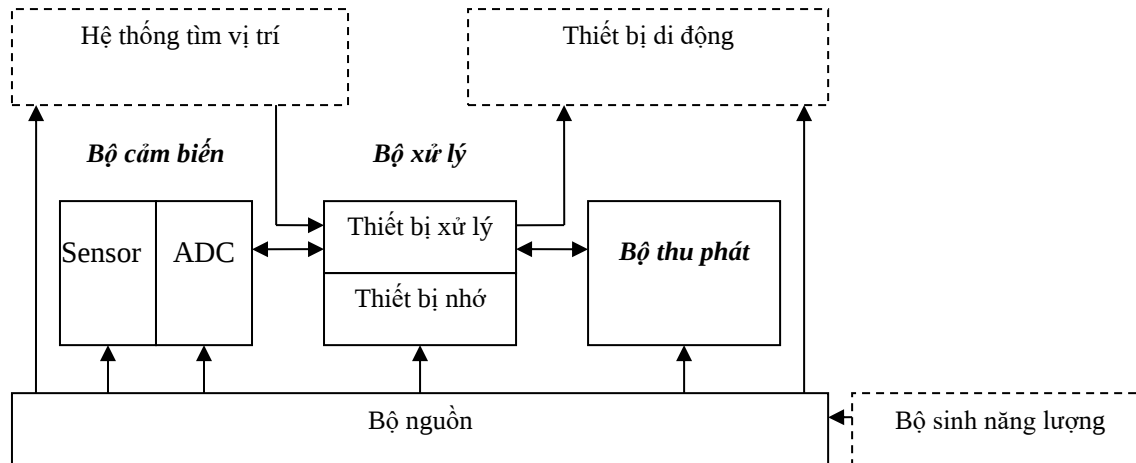


Hình 1. Kiến trúc của mạng cảm biến không dây (WSN)

Những đặc trưng cơ bản của mạng này là khả năng tự tổ chức mạng và chế độ làm việc của các nút cảm biến. Với số lượng lớn các nút cảm biến được triển khai gần nhau mang lại hiệu quả truyền tín hiệu tốt hơn so với truyền khoảng cách xa [5].

Một trường cảm biến sẽ bao gồm các nút cảm biến. Mỗi nút cảm biến được phân bố trong mạng có nhiệm vụ thu thập, tìm đường đi cho số liệu về bộ thu nhận để chuyển tới người dùng và

định tuyến các bản tin mạng theo yêu cầu đến các nút cảm biến. Dữ liệu được tìm đường về phía bộ thu nhận theo cấu trúc đa liên kết không có trạm thu phát gốc. Bộ thu nhận có thể liên lạc trực tiếp với người dùng hoặc gián tiếp thông qua mạng Internet [5]. Mỗi nút cảm biến bao gồm các bộ cơ bản là: cảm biến, xử lý, thu phát và nguồn điện. Các thành phần trong một nút cảm biến được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Các thành phần của nút cảm biến

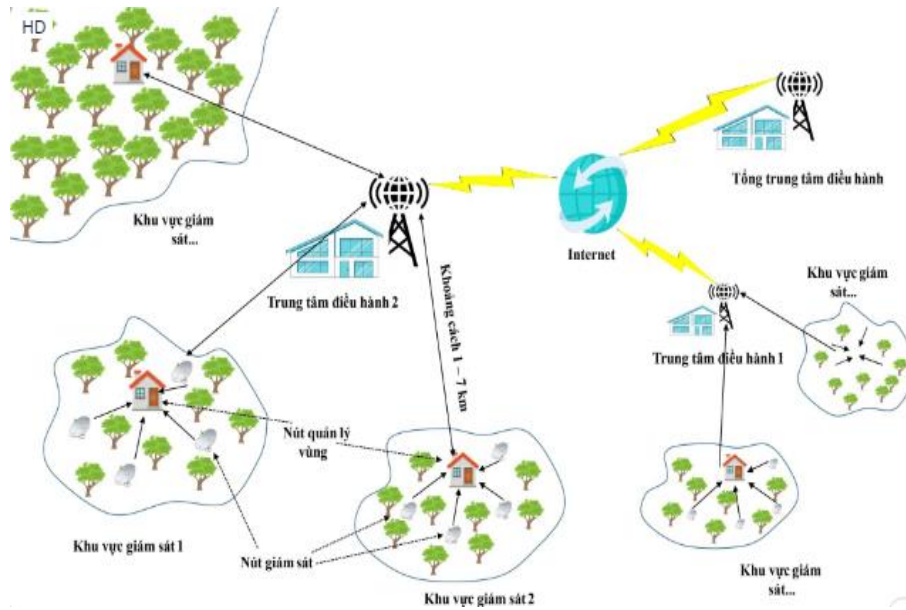
Bộ cảm biến thường gồm hai đơn vị thành phần là đầu đo cảm biến và bộ chuyển đổi tương tự/số. Đa số các kỹ thuật định tuyến trong mạng cảm biến yêu cầu phải có sự nhận biết về vị trí với độ chính xác cao. Vì vậy, các nút cảm biến thường phải có hệ thống định vị dẫn đường để di chuyển các nút cảm biến theo yêu cầu và đảm bảo các nhiệm vụ được phân công trong mạng [5].

2.2. Năng lượng trong mạng cảm biến không dây

Nút cảm biến trong mạng cảm biến không dây là một thiết bị điện rất nhỏ nên chỉ được trang bị nguồn năng lượng hạn chế ($< 0,5 \text{ Ah}$, $1,2 \text{ V}$). Trong hầu hết các ứng dụng, việc tiếp thêm năng lượng là không thực hiện được. Cho nên, thời gian tồn tại của nút cảm biến phụ thuộc chủ yếu vào tuổi thọ của nguồn năng lượng.

Hình 3 mô tả cấu trúc liên kết các nút cảm biến nhằm tối ưu năng lượng cho mạng WSN. Một mạng cảm biến không dây bao gồm một tập các cảm biến được triển khai trong một khu vực mục tiêu nhằm mục đích thu thập các thông tin từ môi trường. Các thông tin này được chuyển đến nút trung tâm gọi bằng sóng vô tuyến. Từ đó dữ liệu được phân tích, xử lý bởi người sử dụng để đưa ra các quyết định cho hệ thống [6].

Trong mạng cảm biến, mỗi nút đóng vai trò là điểm khởi đầu số liệu và định tuyến số liệu. Sự trục trặc của vài nút có thể là nguyên nhân của việc thay đổi hình trạng mạng, phải định tuyến lại gói tin và tổ chức lại mạng. Do đó, việc duy trì nguồn năng lượng và quản lý nguồn năng lượng là rất quan trọng. Do các nguyên nhân này mà nhiều nhà nghiên cứu đã tập trung vào việc thiết kế các thuật toán và giao thức nhận biết, tính toán năng lượng cho mạng cảm biến. Hiệu quả năng lượng là một vấn đề vô cùng quan trọng vì nó ảnh hưởng trực tiếp tới tuổi thọ của mạng. Các giao thức riêng cho từng ứng dụng được thiết kế để có được sự cân bằng thích hợp giữa các vấn đề về độ trễ và thông lượng với hiệu quả năng lượng cao [7].

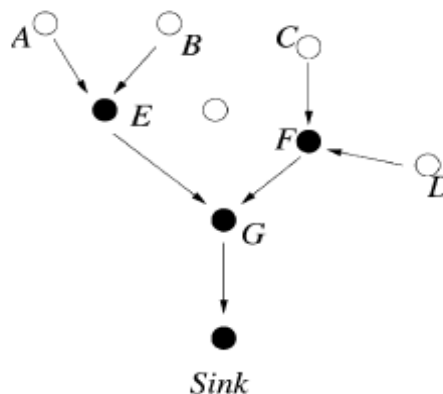


Hình 3. Cấu trúc liên kết các nút cảm biến nhằm tối ưu năng lượng

2.3. Giải pháp tiết kiệm năng lượng cho mạng cảm biến không dây

Một vấn đề quan trọng trong các giải pháp tiết kiệm năng lượng cho mạng cảm biến không dây là định tuyến dựa trên việc tập trung số liệu với mục đích phân nhiệm vụ tới các nút cảm biến. Có hai phương pháp được sử dụng để phổ biến yêu cầu là: nút thu nhận phổ biến nội dung được quan tâm tới các nút cảm biến cần thiết và các nút cảm biến phát quảng bá một quảng cáo cho số liệu có sẵn và đợi một yêu cầu từ các nút thu nhận có nhu cầu về các số liệu này.

Tập hợp số liệu là một kỹ thuật được sử dụng để giải quyết những vấn đề trùng lặp và chồng chéo trong định tuyến số liệu tập trung. Đây là một giải pháp tối ưu và tiết kiệm năng lượng cho mạng cảm biến không dây [7]. Trong kỹ thuật này, một mạng cảm biến được mô tả với cấu trúc cây phát đa điểm đảo ngược (reverse multicast tree) như trong hình 4.



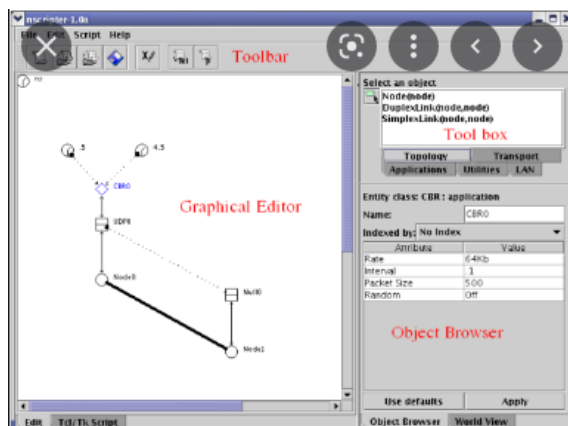
Hình 4. Ví dụ về tập hợp số liệu trong định tuyến số liệu tập trung

3. Mô phỏng thực nghiệm và đánh giá

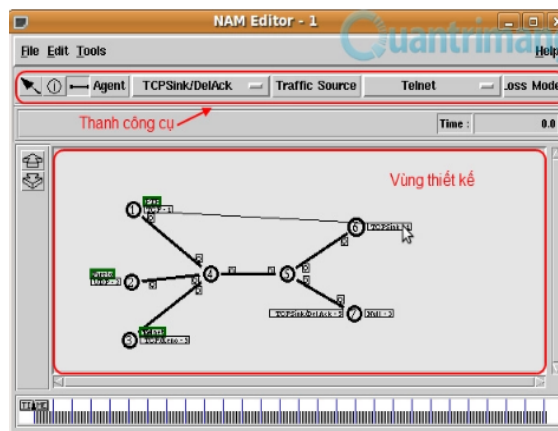
3.1. Phần mềm mô phỏng NS2

Hình 5 là giao diện phần mềm NS2 mô phỏng mạng cảm biến không dây WSN trong thực tế, dựa trên bài toán xây dựng mô hình hóa các hệ thống thông tin. Bên cạnh đó, phần mềm này

cũng cho phép người sử dụng có thể đưa thêm các phần tử mới thiết kế bổ sung vào thư viện ứng dụng [8].



Hình 5. Giao diện phần mềm mô phỏng mạng NS2

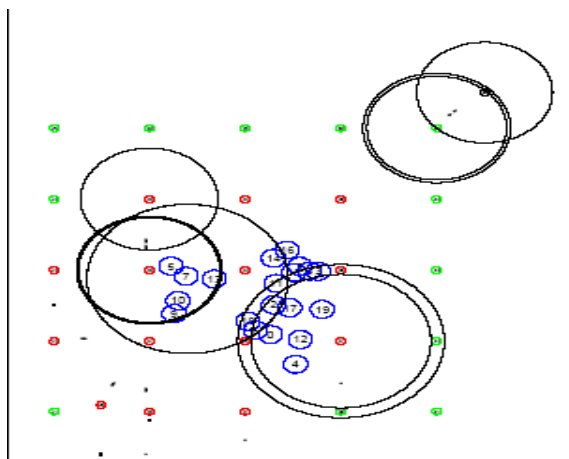


Hình 6. Giao diện khi thiết lập các tham số trên các thanh công cụ của mạng

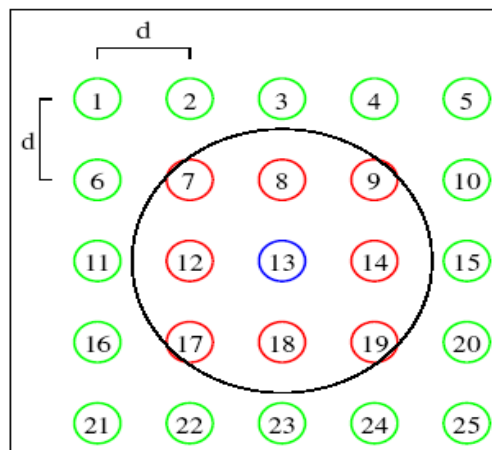
Với giao diện được thể hiện trên hình 6, công cụ này sẽ giúp thiết lập các hệ thống mạng và kiểm soát các thông số ở bên trong, chẳng hạn như: cần cấu hình thông lượng từ nút A đến nút B trong mạng là bao nhiêu Mbps. Kết quả mô phỏng trực quan trên phần mềm NS2 sẽ giúp người dùng lựa chọn giao thức để truyền tin hiệu quả và số gói tin rơi đạt cực tiểu. Từ đó, người dùng có thể đo lường, đánh giá và đưa ra giải pháp tiết kiệm năng lượng cho các hệ thống mạng [9].

3.2. Bài toán thực nghiệm

Hình 7 thể hiện mỗi nút cảm biến được định cấu hình với một khối năng lượng xác định. Tác giả đưa ra bài toán thực nghiệm triển khai trường cảm biến với 25 nút mạng. Mỗi khi nút cảm biến thực hiện một hành động như nhận một tín hiệu cảm biến, thu hoặc phát các gói tin vô tuyến, xử lý tín hiệu, nguồn năng lượng dự trữ của nút đó sẽ bị khấu trừ theo công suất được định nghĩa trước cho từng thành phần. Khi nút cảm biến không có hoạt động nào, năng lượng sẽ được khấu trừ theo công suất rỗi (Idle power).



Hình 7. Hình ảnh mô tả mạng cảm biến



Hình 8. Kịch bản triển khai trường cảm biến trong mô phỏng

Kịch bản triển khai trường cảm biến minh họa trên Hình 8 được thực hiện với các mạng cảm biến được triển khai theo hình lưới vuông, trong bản đồ hình vuông. Khoảng cách giữa các nút

cảm biến là d , khoảng cách vô tuyến $\approx d\sqrt{2}$ để một nút có khả năng phát cho 8 nút lân cận. Khoảng ảnh hưởng của nút Phenomenom (hiện tượng mục tiêu) là $\approx d\sqrt{2}$ [10].

3.3. Mô phỏng nhận xét và đánh giá

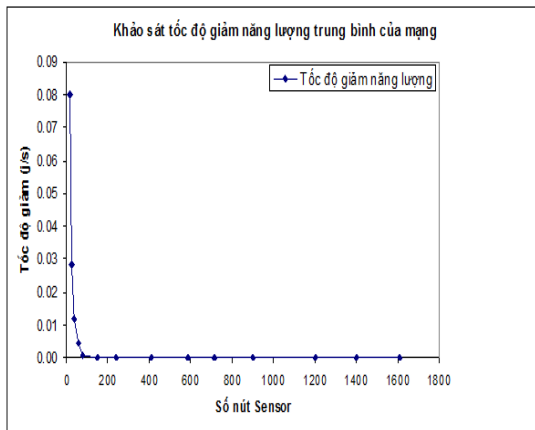
Phân tích kết quả về sự tổn hao năng lượng: Ta xét một mạng cảm biến gồm 25 nút được bố trí đều trong một diện tích có kích thước $451 \times 451 (m^2)$. Khi đó mật độ mạng là 60 nút/ $1km^2$.

Số liệu ở bảng 1 cho thấy, khi xét từng nút trong quá trình gửi nhận một gói tin, ví dụ như ở nút một, để có thể nhận được gói tin thì nút một phải có năng lượng là 0,019285 J. Ta có thể hiểu như pin của điện thoại phải ở mức nào đó thì nó mới chạy và nhận được tín hiệu từ nhà mạng. Để có thể gửi được gói tin đi thì nó phải được cung cấp một năng lượng là 0,046183 J. Trong quá trình gửi nhận có thể bị mất gói, nên nó bị mất một năng lượng là 0,003525 J. Năng lượng cảm biến giống như năng lượng mà nó cần cung cấp. Ta có thể hiểu như điện thoại lúc ở chế độ không hoạt động, nó vẫn cần tín hiệu từ nhà mạng với năng lượng là 0,09376 J.

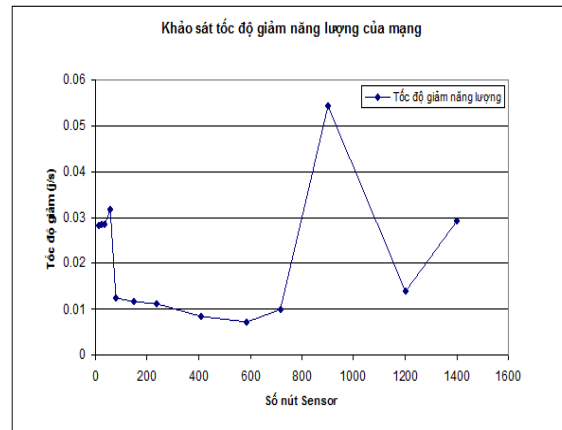
Bảng 1. Suy hao năng lượng của các nút cảm biến

Số thứ tự nút	Năng lượng nhận dữ liệu (J)	Năng lượng gói dữ liệu (J)	Tổn hao năng lượng do mất gói (J)	Năng lượng cảm biến (J)	Tổng năng lượng tiêu tốn (J)
1	0,01928	0,04618	0,00352	0,09376	0,162753
2	0,06529	0,03340	0,01526	0,11296	0,226932
3	0,05691	0,05568	0,00243	0,11332	0,22836
4	0,16071	0,02309	0,00467	0,02629	0,214777
5	0,13955	0,02305	0,00042	0,01962	0,182643
6	0,03842	0,04676	0,00132	0,10874	0,195263
7	0,10908	0,04050	0,01825	0,07451	0,242369
8	0,13055	0,02126	0,01053	0,07139	0,23374
9	0,07487	0,02798	0,01391	0,11759	0,234376
10	0,15393	0,02398	0,00571	0,03833	0,222461
11	0,04748	0,03308	0,00040	0,15226	0,233239
12	0,13762	0,03485	0,02282	0,04941	0,244715
13	0,074405	0,037263	0,005593	0,119159	0,23642
14	0,189775	0,028786	0,010324	0,017346	0,246231
15	0,164631	0,01053	0,006003	0,041165	0,222329
16	0,217707	0,00711	0,005957	0	0,230774
17	0,201076	0,031669	0,010278	0,015522	0,258545
18	0,133041	0,020647	0,010764	0,033383	0,197835
19	0,215369	0,01945	0,016523	0,008967	0,260309
20	0,220979	0,02205	0,00547	0,000409	0,248908
21	0,193351	0,022085	0	0	0,215436
22	0,163264	0,003814	0,076103	0	0,243181
23	0,21931	0,028433	0,002297	0,002453	0,252493
24	0,146921	0,020228	0,002425	0,021554	0,191128
25	0,040937	0,003478	0,002703	0	0,047118

Ghi chú: Tổng năng lượng tiêu tốn = Năng lượng nhận dữ liệu + Năng lượng gửi dữ liệu + Tổn hao năng lượng do mất gói + Năng lượng cảm biến.



Hình 9. Đồ thị tốc độ giảm năng lượng trung bình của mạng



Hình 10. Đồ thị thể hiện tốc độ giảm năng lượng

Trên Hình 9 và Hình 10, ta nhận thấy rằng khi càng tăng số nút thì công suất truyền giữa các nút càng giảm, năng lượng tiêu tốn trung bình càng giảm, tốc độ giảm năng lượng trung bình của mạng bằng năng lượng tiêu tốn trung bình/10 (xét trong 10s). Vì vậy, với một mạng cố định, năng lượng cho việc nhận dữ liệu chiếm tỉ lệ lớn nhất, tiếp đến là năng lượng cho việc cảm biến dữ liệu và năng lượng cho việc gửi dữ liệu chiếm tỉ lệ thấp nhất.

4. Kết luận

Bài báo nghiên cứu năng lượng trong mạng cảm biến không dây WSN. Qua việc mô phỏng thực nghiệm, ta có thể thấy rằng việc tăng số nút mạng vẫn đảm bảo được các tiêu chuẩn chất lượng mạng. Mật độ nút cảm biến trong mạng cũng ảnh hưởng rất nhiều tới việc tiêu thụ năng lượng của các nút mạng. Mật độ càng cao thì tốc độ năng lượng của các nút cảm biến càng giảm. Điều này được giải thích là do công suất phát của các nút cảm biến giảm. Do đó khi thiết kế mạng, chúng ta phải hết sức chú ý tới mật độ nút mạng. Khi mật độ mạng được giữ cố định thì số nút cảm biến lại là yếu tố ảnh hưởng tới tốc độ tiêu thụ năng lượng của các nút cảm biến.

Bài báo đã góp phần giải quyết vấn đề về cải thiện và tiết kiệm năng lượng trong mạng cảm biến không dây bằng phương pháp định tuyến số liệu tập trung cho các nút mạng. Điều này đã mang lại nhiều lợi ích thiết thực cho cuộc sống và cho khoa học. Trong tương lai, mạng cảm biến hoàn toàn có thể được áp dụng ở nước ta, do đó việc nghiên cứu tìm hiểu các vấn đề liên quan tới mạng cảm biến là hết sức cần thiết. Hướng nghiên cứu tiếp theo của bài báo sẽ tập trung vào các giải pháp để cải thiện và tiết kiệm hơn nữa năng lượng cho mạng cảm biến không dây với các giao thức định tuyến nhận thức năng lượng, tận dụng nguồn năng lượng trong tự nhiên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] V. Akbarzadeh, C. Gagné, M. Parizeau, M. Argany, and M. A. Mostafavi, "Probabilistic sensing model for sensor placement optimization based on line-of-sight coverage," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 62, pp. 293-303, 2013.
- [2] A. Anwar, J. Kim, L. Lavagno, and M. Lazarescu, "Energy Optimization at the MAC Layer for a Forest Fire Monitoring Wireless Sensor Network," in *IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA10)*, Bilbao, Italy, September 2010, pp. 1 – 4.
- [3] M. Ali, T. Suleman, and Z. Uzmi, "MMAC: A Mobility-Adaptive, Collision-Free MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," in *The 24th IEEE Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC05)*, Phoenix, AZ, April 2005, pp. 401- 407.
- [4] C. Enz, A. El-Hoiydi, J. D. Decotignie, and V. Peiris, "WiseNET: An Ultralow-Power Wireless Sensor Network Solution," *Computer*, vol. 37, no. 8, pp. 62-70, 2004.

-
- [5] D. C. Hoang, R. Kumar, and S. K. Panda, "Fuzzy C-means clustering protocol for wireless sensor networks," *The IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, Italy, 2010, pp. 225-235.
 - [6] C. F. Huang and Y. C. Tseng, "A survey of solutions to the coverage problems in wireless sensor networks," *Journal of Internet Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 1-8, 2005.
 - [7] E. S. Kaur and E. R. Gupta, "Deploying an optimized LEACH-C protocol for wireless sensor network," *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, vol. 5, no.7, pp. 25-30, 2015.
 - [8] E. Egbogah and A. Fapojuwo, "A Survey of System Architecture Requirements for Health CareBased Wireless Sensor Networks," *Sensors*, vol. 11, no. 5, pp. 4875-4898, 2011.
 - [9] S. Chatterjea, L. van Hoesel, and P. Havinga, "AI-LMAC: An Adaptive, Information-Centric and lightweight MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," In *The Second International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP04)*, Melbourne, Australia, December 2004, pp. 381 – 388.
 - [10] I. Demirkol, C. Ersoy, and F. Alagoz, "MAC Protocols for Wireless Sensor Networks A Survey," *IEEE Communications Magazine*, vol. 44, no. 4, pp. 115-121, 2006.