

CO - ĐIỆN MỎ (trang 53-57)

GIẢI PHÁP ĐỊNH TUYẾN THÍCH NGHI NĂNG LƯỢNG TRONG MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY

ĐỖ XUÂN THIỆU, Trường Đại học Giao thông Vận tải Hà Nội

Tóm tắt: Mạng cảm biến không dây có đặc thù là có thể gửi và nhận thông tin trong các điều kiện địa hình khác nhau. Nguồn cung cấp cho các nút cảm biến ở các điều kiện khác nhau, có thể được thực hiện bằng các dạng nguồn khác nhau, như nguồn ắc quy, pin, pin mặt trời, nguồn chính lưu dòng điện xoay chiều, ... Vấn đề định tuyến trong mạng, kết nối thông tin giữa các nút và trung tâm trong các mạng như vậy cần phối hợp đồng bộ giữa các nguồn, đảm bảo độ tin cậy và kéo dài thời gian sống của mạng là rất cần thiết. Bài báo này đưa ra một giải pháp định tuyến, tính đến đặc tính năng lượng nguồn cung cấp trong các nút mạng. Bằng cách tính toán hàm giá phụ thuộc khoảng cách giữa các nút, độ dốc năng lượng và công suất phát tại nút gốc, giao thức định tuyến sẽ lựa chọn được con đường tối ưu theo hàm giá thấp nhất để truyền dữ liệu. Kết hợp việc xác định năng lượng còn lại trên mỗi nút và hàm giá, giải pháp định tuyến này sẽ đảm bảo định tuyến tối ưu theo sự nhận thức về năng lượng, đồng thời thích hợp với mạng có các nút mạng được cấp với các loại nguồn khác nhau.

1. Đặt vấn đề

Mạng cảm biến không dây được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như: giám sát kết cấu của công trình (cầu, tòa nhà...), theo dõi cuộc sống của các loài thú hoang dã, theo dõi điều kiện môi trường chuồng trại; cảnh báo cháy rừng, phát hiện rò rỉ hóa chất trong các nhà máy, giám sát các tòa nhà thông minh... Một nút cảm biến thông thường bao gồm các thành phần sau: bộ vi xử lý nhỏ và sử dụng năng lượng ít (low power processor), bộ nhớ (Memory), Radio để truyền dữ liệu không dây, nguồn điện (power source) và các bộ cảm biến (sensors) [1].

Thiết kế các giao thức định tuyến của mạng cảm biến không dây phải xem xét đến công suất và tài nguyên hạn chế của các nút mạng, đặc tính thay đổi theo thời gian của kênh truyền vô tuyến và khả năng trễ hay mất gói. Nhiều giao thức định tuyến đã được đưa ra. Dạng thứ nhất là giao thức dành cho kiến trúc mạng phẳng trong đó tất cả các nút xem như cùng cấp. Kiến trúc phẳng có nhiều lợi ích như tối thiểu phần đầu khung (overhead) để xây dựng hạ tầng mạng và có khả năng tìm ra nhiều đường liên lạc giữa các nút với sai số cho phép. Dạng thứ hai dùng trong mạng có cấu trúc tiết kiệm năng lượng, ổn định và khả

năng mở rộng. Trong dạng này, các nút mạng được sắp xếp vào các cụm (cluster), trong đó một nút có năng lượng lớn nhất đóng vai trò nút chủ (cluster head). Nút chủ có trách nhiệm phối hợp các hoạt động giữa các nút trong cụm và chuyển thông tin giữa các cụm. Việc phân hoạch này giảm được năng lượng tiêu thụ và kéo dài thời gian sống của mạng. Dạng thứ ba dùng phương pháp hướng dữ liệu (data-centric) để phân bổ yêu cầu trong mạng. Phương pháp này dựa trên thuộc tính, ở đó một nút nguồn truy vấn đến một thuộc tính của hiện tượng nào đó hơn là một nút cảm biến riêng biệt. Việc phân tán yêu cầu thực hiện bằng cách phân nhiệm vụ cho các nút cảm biến và định rõ một thuộc tính riêng biệt cho các nút. Dạng thứ tư dùng vị trí để chỉ ra một nút cảm biến. Định tuyến dựa trên vị trí rất hữu ích cho các ứng dụng mà vị trí của nút trong một vùng địa lý có thể được hỏi bởi nút nguồn. Yêu cầu như thế có thể định rõ vùng nào đó mà các hiện tượng quan tâm có thể xảy ra hay lân cận với điểm đặc biệt nào đó trong vùng hoạt động của mạng.

Giao thức cây thu thập dữ liệu CTP (Collection Tree Protocol) được xây dựng dựa trên phương pháp tiếp cận định tuyến phẳng, tự

tổ chức. Giao thức CTP cho phép truyền thông hiệu quả từ các nút mạng trong trường cảm biến đến một trong các nút gốc [3].

Giao thức CTP thực thi cơ chế thu thập dữ liệu tin cậy từng bước nhảy [2]. Các nút tự tổ chức thành một cấu trúc dạng cây và dữ liệu luôn được gửi về nút cha (parent) cho tới khi đến được đỉnh của cây (nút gốc). Nút gốc được gán là đỉnh của cây và tất cả các nút khác được khởi tạo là các nút lá. Các nút sẽ cập nhật vị trí của nó trong cây và quá trình này được mở rộng dần ra với điểm xuất phát ban đầu là từ nút gốc. Dữ liệu được gửi qua một cấu trúc cây đến nút gốc. Trong giao thức CTP, thước đo định tuyến được sử dụng là số lần truyền kỳ vọng-ETX (Expected Transmission). Thước đo chất lượng liên kết của một tuyến đường – rtmetric (route metric) được xác định bằng tổng ETX của tất cả các liên kết trên toàn tuyến đường đó. Vị trí của các nút trong cây được xác định bởi thước đo tuyến đường rtmetric. Nút gốc ở đỉnh cây có giá trị rtmetric = 0. Các nút lá sẽ có giá trị rtmetric càng lớn khi càng xa nút gốc. Tuyến đường có giá trị rtmetric càng lớn thì chất lượng các liên kết thuộc tuyến đường càng thấp. Tuyến đường tốt nhất là tuyến đường có rtmetric nhỏ nhất. Đây là tuyến đường có tổng số lần truyền kỳ vọng ETX đến nút gốc là nhỏ nhất và cũng là tuyến đường hiệu quả về mặt năng lượng nhất.

Giao thức CTP đã được coi là một giao thức thu thập dữ liệu đạt hiệu quả cao về mặt năng lượng tiêu thụ cũng như tỷ lệ chuyển phát thành công bản tin dữ liệu trong mạng. Các kết quả đánh giá cho thấy giao thức CTP đạt được 4 mục tiêu chính đó là: độ tin cậy cao, khả năng chống lỗi tốt, hiệu quả về năng lượng và độc lập với nhiều kiến trúc phân cứng khác nhau.

Tuy nhiên giao thức CTP hiện tại không có sự nhận thức về mức năng lượng còn lại trên các nút mạng. Giao thức CTP chỉ dựa vào thước đo định tuyến ETX để lựa chọn tuyến đường tối ưu. Thước đo định tuyến ETX không giải quyết được vấn đề năng lượng giữa các nút mạng. Bởi vậy, giao thức dễ bị mất cân bằng năng lượng. Các nút mạng thuộc tuyến đường tối ưu phải thực hiện nhiều việc truyền dẫn hơn các nút khác. Vậy nên chúng sẽ hết năng lượng nhanh hơn các nút khác và tạo ra các lỗ hổng trong mạng, làm giảm hiệu

năng của toàn bộ hệ thống mạng. Đây là một trong những thách thức quan trọng trong các mạng cảm biến không dây hoạt động bằng pin.

Vấn đề đặt ra khi thiết kế tối ưu cho giao thức định tuyến:

Thứ nhất, cần phải xác định được năng lượng còn lại trên mỗi nút cảm biến. Cách xác định năng lượng còn lại trên mỗi nút cảm biến cần thực hiện bằng phần mềm tính toán và được triển khai trên nhiều kiến trúc phân cứng khác nhau.

Thứ hai, cần phải đưa ra một thước đo năng lượng dựa trên thông tin về năng lượng còn lại trên mỗi nút cảm biến và đặc trưng của từng loại nguồn cấp thông qua những tính toán thống kê về thời gian sống của nguồn. Thước đo định tuyến phản ánh đúng các trạng thái năng lượng còn lại trên mỗi nút cảm biến, thích nghi với các loại nguồn cấp khác nhau. Thước đo định tuyến này được phát quảng bá cho các nút lân cận thông qua các bản tin điều khiển và được cập nhật thường xuyên trong bảng định tuyến của các nút lân cận.

Thứ ba, tuyến đường tối ưu được lựa chọn trong giao thức phải thỏa mãn các tiêu chí của việc định tuyến trong mạng cảm biến không dây đó là tuyến đường lựa chọn phải có tỷ lệ chuyển phát bản tin dữ liệu thành công đến nút gốc ở mức cao và đây cũng là tuyến đường hiệu quả nhất về mặt năng lượng.

Định tuyến có sự nhận thức về năng lượng [1], [4] tại các nút mạng đã là giải pháp không mới, nhưng thông thường chỉ áp dụng cho các nút có cùng một loại nguồn cung cấp. Các loại nguồn khác nhau sẽ có dung lượng nguồn khác nhau, tuổi thọ khác nhau nên nhận thức về năng lượng cần phải biết thêm về chu trình sống của nguồn.

Như vậy giải pháp định tuyến đề xuất trong bài báo này sẽ hướng tới xác định năng lượng còn lại và độ dốc năng lượng của nguồn cung cấp đảm bảo độ tin cậy, kéo dài thời gian sống và thích nghi với các loại nguồn cung cấp khác nhau cho các nút mạng.

2. Định tuyến thích nghi trên cơ sở nhận thức về năng lượng tại các nút mạng

Năng lượng là vấn đề quan trọng trong các mạng cảm biến không dây. Nếu năng lượng tiêu

thụ trên các nút cảm biến có thể ước lượng được thì các giao thức định tuyến có thể lựa chọn các tuyến đường tối ưu dựa vào thông tin năng lượng còn lại trên mỗi nút cảm biến nhằm tăng độ tin cậy truyền tin và thời gian sống của toàn mạng lên.

2.1. Thước đo chỉ số năng lượng còn lại EI

Giả sử rằng các nút ban đầu được tích trữ đầy năng lượng và chỉ số năng lượng còn lại (EI-Energy Indicator) của mỗi nút đều là 100%. Chỉ số năng lượng còn lại trên mỗi nút cảm biến tại một thời điểm bất kỳ t có thể được tính bằng công thức sau [4]:

$$EI(\%) = \frac{\text{residual_energy}}{E_0} \times 100\% \quad (1)$$

trong đó:

residual_energy: là năng lượng còn lại trên nút cảm biến. Năng lượng còn lại tại thời điểm t bất kỳ của nút cảm biến được xác định bởi công thức:

$$\text{residual_energy} = E_0 - \text{consumption_energy} \quad (2)$$

trong đó: *consumption_energy* là năng lượng tiêu thụ trên nút cảm biến tại thời điểm t . Năng lượng tiêu thụ trên nút cảm biến được xác định theo mô hình năng lượng tuyến tính.

E_0 : Là năng lượng ban đầu của nút cảm biến.

Bảng 1.1. các trạng thái năng lượng của nút cảm biến

Trạng thái năng lượng	Chỉ số EI	Mô tả	Ngưỡng chỉ số EI
0	30%-100%	Nhiều năng lượng	30%
1	10%-30%	Thiếu hụt năng lượng	10%
2	5%-10%	Thiếu nhiều năng lượng	5%
3	0-5%	Hết năng lượng	0

Bảng 1.1 minh họa các trạng thái năng lượng của nút. Bốn trạng thái thước đo năng lượng và trạng thái năng lượng còn lại ES (Energy States) được sử dụng làm thước đo định tuyến. Nút cha được lựa chọn để chuyển tiếp bản tin dữ liệu phải có trạng thái năng lượng còn lại ở mức cao (chỉ số năng lượng còn lại EI lớn hơn hoặc bằng một

ngưỡng cho trước). Trạng thái năng lượng còn lại ES của mỗi nút cần phải được gửi thường xuyên cho các nút lân cận để các nút lân cận biết và cập nhật lại trạng thái năng lượng ES trong bảng định tuyến.

2.2. Thước đo năng lượng thích nghi

Sườn dốc năng lượng thích nghi được đánh giá bằng hàm giá trong ma trận năng lượng giữa các nút [1]. Hàm giá của mỗi liên kết giữa hai nút tỷ lệ thuận với khoảng cách D_{ij} , tỷ lệ nghịch với độ dốc năng lượng trong một chu trình sống của nguồn:

$$C_{ij} = D_{ij} + \alpha \frac{1}{S_0} + \beta \frac{1}{P_{in}} \quad (3)$$

trong đó, P_{in} là công suất phát tín hiệu tại nguồn (nút gốc) và:

$$S_0 = \frac{E_0}{t_m} \quad (4)$$

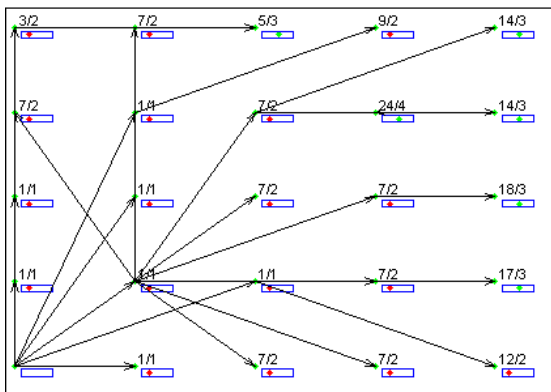
với: E_0 là năng lượng nguồn ban đầu (năng lượng đầy) và t_m là thời gian sống của nguồn. Các giá trị α và β được chọn để có thể thực hiện được giao thức. Hàm giá ngoài phụ thuộc vào công suất phát tại nút gốc, khoảng cách giữa hai nút định tuyến còn phụ thuộc vào độ dốc năng lượng của một chu trình sống của nguồn cung cấp. Với các nguồn cấp khác nhau, sườn dốc năng lượng khác nhau sẽ có hàm giá khác nhau. Như vậy, định tuyến trên cơ sở hàm giá sẽ thích nghi với từng loại nguồn trong mạng.

Định tuyến thích nghi năng lượng, trên cơ sở định tuyến theo cây thu thập số liệu CTP, có sự nhận thức về năng lượng và bổ sung thêm tham số thích nghi năng lượng, mang thông tin về dạng nguồn cung cấp khác nhau.

3. Mô phỏng định tuyến

Mô phỏng định tuyến nhận thức theo năng lượng được thực hiện bằng phần mềm Prowler trong môi trường Matlab. Trong mô phỏng, lớp MAC được tách ra bằng cách truyền trực tiếp các gói từ lớp truyền của một nút tới lớp truyền của các nút lân cận. Từ đó có thể đánh giá được những thuận lợi của một phương pháp định tuyến một cách độc lập trong lớp MAC. Tuy nhiên, đánh giá đầy đủ giao thức cũng cần phải có thực hiện thực tế của lớp MAC. Mô phỏng thực hiện với các nút sử dụng một số loại nguồn có dung lượng và tuổi thọ khác nhau.

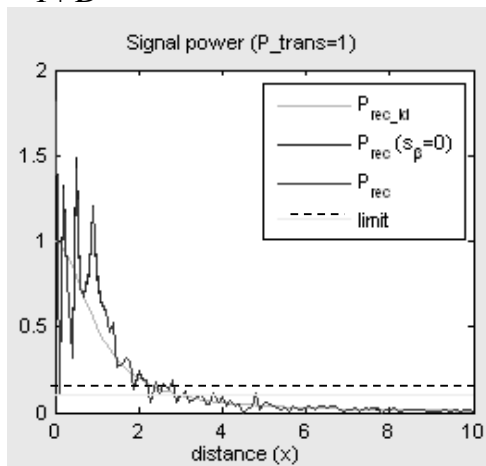
Thông tin được phát đi từ một nút, nút nào nhận được đầu tiên sẽ là các nút cha chuyển tiếp các gói tin tới tất cả các nút còn lại. Mỗi nút con hiển thị chỉ số của nút cha và chặng hop (nút cha /hop): các LED màu đỏ cho các hop 1,..2, màu xanh 3,..5 (hình 1). Theo kết quả mô phỏng với số nút mạng 5x5 đặt theo ma trận, xuất phát từ nút gốc, nút cha nút số 1. Các nút cha tiếp theo có năng lượng còn lại lớn nhất và hàm giá thấp nhất nút số 7 có tọa độ (4,2)... định tuyến theo các nhánh tiếp tạo thành dạng cây.



Hình 1. Kết quả mô phỏng định tuyến cấu trúc cây thích nghi năng lượng

Mô hình truyền radio xác định độ lớn của tín hiệu từ một nút tới tất cả các điểm thu của hệ thống. Độ lớn của tín hiệu cùng với độ nhạy của điểm thu sẽ quyết định điều kiện nhận các gói tin hiệu. Độ lớn tín hiệu phát theo công suất P_t và công suất nơi nhận P_r , xác định theo hàm truyền đánh giá sự suy giảm tín hiệu theo khoảng cách D và nhiễu ngẫu nhiên (theo công thức Pister-Hack) [2].

$$P_r = P_t \frac{1}{1+D^\nu} + \text{rand}[0..-40]\text{dBm} \quad (5)$$



Hình 2. Các tham số kênh radio

Đồ thị hình 2 hiển thị các tham số kênh radio (radio channel) với công suất phát tín hiệu (Signal power) chuẩn hóa ($P_{\text{trans}}=1$), cho biết các mức công suất nhận theo khoảng cách truyền trong môi trường lý tưởng $P_{\text{rec_id}}$ [1], [2]:

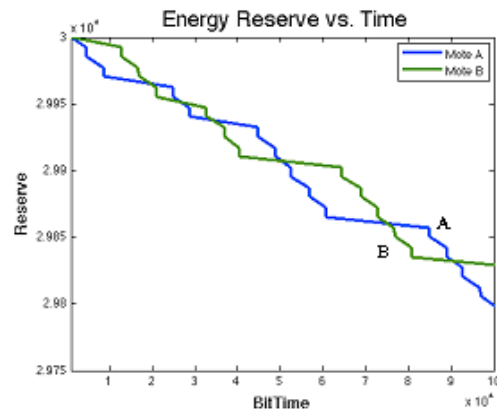
$$P_{\text{rec_id}} = P_{\text{trans}} * f(x) \text{ với } f(x) = 1/(1+x.^2) \quad (6)$$

và khi có Fading P_{rec} :

$$P_{\text{rec}} = P_{\text{rec_id}} * (1 + \alpha(x)) * (1 + \beta(t)) \quad (7)$$

trong đó α , β là các biên ngẫu nhiên phân bố chuẩn $N(0,s)$.

Các công suất tín hiệu này được chuẩn hóa và tính toán mặc định trong phần mềm Prowler.

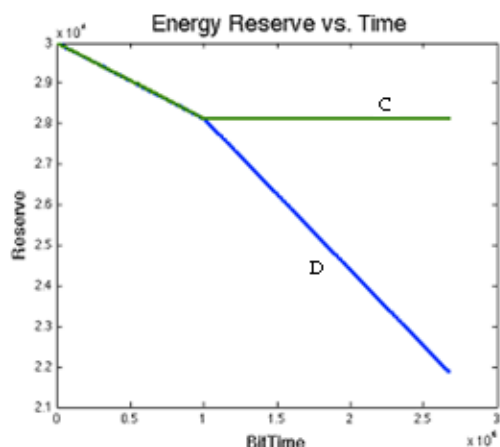


Hình 3. Năng lượng còn lại theo thời gian của hai nút A và B

Chỉ số năng lượng còn lại và mức tiêu thụ năng lượng sẽ quyết định tuyến đường riêng cho giao thức. Trong giao thức định tuyến, năng lượng còn lại (energy reserve) của các nút sẽ xác định tuyến thông thường và tuyến tối ưu phụ cho các nút, cả hai sẽ được lựa chọn trong các đường dẫn tốt trong lớp định tuyến [1]. Hình 3 biểu diễn năng lượng còn lại theo thời gian của hai nút A và B được lựa chọn, trong đó nút A trong đường dẫn thông thường và nút B là nút trong đường dẫn tối ưu phụ.

Quá trình định tuyến cũng sẽ loại bỏ ngay lập tức các nút đơn lẻ có tiêu hao năng lượng lớn [1]. Trên hình 4, nút D tiêu hao năng lượng nhanh sẽ bị loại bỏ. Mô hình định tuyến sẽ được cập nhật thông tin liên tục 10s một.

Các đồ thị hiển thị trên hình 3 và hình 4 biểu diễn năng lượng còn lại theo thời gian của các nút cảm biến với mục đích lựa chọn đường dẫn tối ưu phụ (hình 3) và loại bỏ các nút có năng lượng suy giảm nhanh (hình 4) là giải pháp chung cho tất cả các giao thức định tuyến có nhận thức về năng lượng [1].



Hình 4. Nút có tiêu hao năng lượng lớn bị loại bỏ

Bằng cách xác định năng lượng nguồn cấp ở các thời điểm định tuyến trên các nút mạng thông qua chỉ số năng lượng còn lại và hàm giá thích nghi nguồn năng lượng, giải pháp định tuyến mới đã lựa chọn được sơ đồ định tuyến tối ưu dạng cây qua kết quả mô phỏng hình 1.

4. Kết luận

Giao thức định tuyến thích nghi năng lượng có nhận thức về năng lượng, trong đó có lựa chọn tuyến đường theo sườn dốc năng lượng nguồn cấp đảm bảo sự cân bằng năng lượng, đồng bộ giữa các loại nguồn khác nhau. Như vậy, với việc kết hợp nhận thức về năng lượng còn lại trên mỗi nút và độ dốc năng lượng của nguồn cấp, mạng cảm không dây sẽ lựa chọn được tuyến đường dẫn tối ưu về năng lượng, nâng cao được độ tin cậy và kéo dài được thời gian sống của mạng. Giao thức định tuyến thích nghi năng lượng có thể được ứng dụng cho các mạng diện rộng, trong

đó có thể kết hợp nhiều loại nguồn cung cấp. Giao thức này được triển khai phát triển ứng dụng cho mạng cảm biến không dây trong hệ thống giám sát điều khiển môi trường chăn nuôi [5] cho đề tài mã số 01C-07/04-2013-2, trang trại của Hợp tác xã với nhiều hộ có điều kiện kinh tế khác nhau, sử dụng thiết bị mạng với một số loại nguồn có dung lượng và tuổi thọ khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Anna Ha'c, Wireless Sensor Network Designs, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, USA, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [2]. A. V. Sutagundar*, S. S. Manvi**, Kirankumar. B. Balavalad*. Energy Efficient Multipath Routing Protocol for WMSN's. International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 2, No. 3, June, 2010 1793-8163
- [3]. Dixit Sharma. Evaluating and improving collection tree protocol in mobile wireless sensor network. University of Ontario Institute of Technology (UOIT)Oshawa, Ontario, Canada, July, 2011.
- [4]. Ming Liu, Jiannong Cao, Guihai Chen and Xiaomin Wang, An Energy-Aware Routing Protocol in Wireless Sensor, Sensors 2009, 9, 445-462.
- [5]. Đỗ Xuân Thiệu, Ngô Hoàng Huy, Nguyễn Trịnh Nguyên, Nguyễn Đức Hải, Nguyễn Tu Trung. Xây dựng mô hình trang trại chăn nuôi gia súc thông minh dựa trên kiến trúc hướng dịch vụ và mạng cảm biến không dây. Hội nghị KH&CN toàn quốc lần thứ VII, FAIR, nghiên cứu cơ bản và ứng dụng công nghệ thông tin. ISBN: 978-609-913-300-8, trang 765-774, tháng 06/ 2014.

ABSTRACT

Adaptive Energy Routing Solution in Wireless Sensor Network

Do Xuan Thieu, University of Transport and Communications

Wireless sensor networks have characteristics that can send and receive information in different terrain conditions. Power supply for sensor nodes in different conditions, can be performed by different types of sources, such as battery power, batteries, solar cells, power alternating current rectifiers,... The issue of network routing, connection information between nodes and hub for such networks need coordination between resources, ensuring reliability and extending the lifetime of the network is essential. This paper gives a routing solution, taking into account the characteristics of the energy supply network nodes. By calculating the cost function depends gap between the nodes, energy supply-slope and energy generation capacity at the root node, routing protocol selects the optimal path according to the lowest cost function for data transmission. Combining the determination of the energy reserve on each node and cost function, routing solution will ensure optimal routing according to energy awareness, and appropriate to the network with network nodes are provided with the different energy supply types of sources.