Giải Pháp Tiết Kiệm Điện Năng Tiêu Thụ Qua Mạng Cảm Biến Không Dây

Tran Cong Hung, Phan Thi The

Tóm tắt – Mạng cảm biến không dây có thể có từ chục đến ngàn nút mạng để giám sát vùng địa lý, cũng như được ứng dụng trong nhiều nghiên cứu về bảo mật, quan sát thay đổi về khí hậu, theo dõi sức khỏe. Những nút mạng có vai trò xử lý, lưu trữ và gửi thông tin đến các nút mạng khác và để truyền dữ liệu giữa các nút mạng cảm biến cần phải có nguồn năng lượng pin. Nếu không có đủ nguồn năng lượng pin, nút mạng cảm biến không thể thực hiện vai trò của nó được. Vì thế việc tiết kiệm nguồn năng lượng pin trong mạng cảm biến không dây là yêu cầu cần thiết. Yều cầu của thuật toán định tuyến hiệu quả là phải tiết kiệm năng lượng tiêu thụ tại mỗi nút mạng và kéo dài thời gian thời gian hoạt động. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu cách tìm cục chủ tối ưu và cách sử dụng thuật toán Dijkstra để định tuyến đến cục chủ, rồi đến trạm gốc là ngắn nhất.

*Những từ khóa: Cluster Head, Dijkstra, Leach WSN*

1. GiỚI THIỆU

Mạng cảm biến không dây gồm nhiều nút cảm biến, cụm (nhóm) nút cảm biến gồm một số nút cảm biến kết nối lại. Mỗi nhóm cảm biến có một nút cảm biến chủ gọi là cụm chủ. Cụm chủ sẽ do những nút cảm biến khác chọn ra hoặc người thiết kế mạng sẽ chỉ định lại nút cảm biến nào đảm nhiệm vai trò cụm chủ. Cụm chủ không cố định và có thể thay đổi. Đã có nhiều thuật toán định tuyến được áp dụng trong mạng cảm biến không dây nhằm mục địch đảm bảo truyền dữ liệu hiệu quả và tăng khả năng mở rộng. Để tiết kiệm năng lượng trong khi định tuyến người ta tận dụng nguyên tắc hoạt động của gom nhóm các nút cảm biến với nhau. Trong kiến trúc phân cấp, nút có nhiều năng lượng (cụm chủ) dùng để xử lý và gửi thông tin trong khi những nút có năng lượng ít dùng để cảm biến. Mốt số giao thức định tuyến trong nhóm này là LEACH (Heinzelman 2000) [1,2], PEGASIS (Linsey 2002) [3], TEEN [4] (Manjeshwar 2001) và APTEEN [5] (Manjeshwar 2001). Hầu hết giao thức định tuyến hiệu quả trong những năm gần đây được dùng cho mạng hỗn tạp đều sử dụng kỹ thuật phân nhóm.

Để tiết kiệm năng lượng tiêu thụ và duy trì thời gian hoạt động lâu hơn trong mạng cảm biến không dây (WSN), thuật toán Dijkstra đã chứng minh khả năng định tuyến với chi phí thấp nhất cũng như khả ngăn triển khai mạng cảm biến cân bằng. Ý tưởng cơ bản của thuật toán Dijkstra là dựa trên khoảng cách để tìm đường đi với chi phí thấp nhất, vì thế chúng tôi đề nghị sử dụng Dijkstra trong mô hình mạng cảm biến để định tuyến đến cụm chủ hiệu quả về mặt tiêu thụ điện năng. Trong bài báo cáo này, chúng tôi nghiên cứu kỹ thuật phân nhóm cụm chủ, sau đó áp dụng thuật toán Dijkstra trong việc định tuyến để giảm điện năng tiêu thụ.

Bài báo cáo được tổ chức thành những phần như sau. Phần 1 là giới thiệu. Phần 2 là nghiên cứu liên quan, giới thiệu giao thức Leach cho mạng cảm biến không dây, trình bày nghiên cứu kỹ thuật gôm nhóm để tiết kiệm năng lượng. Phần 3 là mô phỏng cho kỹ thuật đề xuất. Cuối cùng là phần 4, trình bày kết luận và nghiên cứu trong tương lai.

1. NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Tiết kiệm năng lượng trong mạng cảm biến không dây là yếu tố cực kỳ quan trọng. Trong giao thức LEACH cơ bản, xác suất định tuyến hiệu quả tương ứng với số lượng cụm chủ trong mạng. Nguyên tắc thiết kế trong LEACH là nút mạng có đặt bất kỳ vị trí nào, khả năng tự cấu hình, có thể hình thành cụm nút mạng phù hợp, tự quyết định khi nào truyền dữ liệu và ít tốn năng lượng hoạt động. Giao thức LEACH có nhiều vòng khác nhau, mỗi vòng có 2 giai đoạn: giai đoạn cấu hình và giai đoạn ổn định. Truyền dữ liệu giữa các cụm chủ xảy ra trong giai đoạn ổn định, còn trong giai đoạn cấu hình diễn ra quá trình hình thành cụm nút và chọn cụm chủ thích hợp. Cụm chủ đóng vai trò tổng hợp dữ liệu trước khi gửi dữ liệu đến trạm gốc. Những nút cảm biến tạo thành một nhóm/cụm với nhau và chọn ra cụm chủ cho mỗi cụm. Những nút còn lại trong cùng một nhóm/cụm sẽ hạn chế hoạt động để tiết kiệm điện năng bằng cách chỉ chuyển dữ liệu đến cụm chủ.

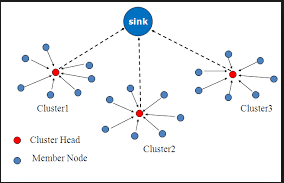


Fig 1. Clustering in LEACH [1]

LEACH luân phiên chọn từng nút trong nhóm làm cụm chủ để năng lượng được phân bố cho tất cả các nút mạng cảm biến trong cùng một cụm. Hơn thế nữa, LEACH sẽ tổng hợp dữ liệu tại các cụm chủ để giảm lượng dữ liệu truyền đến trạm gốc nhằm tiết kiệm năng lượng truyền và băng thông mạng. Tuy nhiên cách chọn lựa cụm chủ bất kỳ trong LEACH có nhiều giới hạn. Bất lợi lớn nhất trong việc chọn lựa là nút có nhiều năng lượng và nút có ít năng lượng đều có xác suất trở thành cụm chủ là như nhau.

Cụm chủ cũng có khả năng cảm biến như nút bình thường. Hơn nữa, cụm chủ cũng nhận dữ liệu từ những nút cảm biến còn lại trong cùng một nhóm, và tổng hợp dữ liệu, truyền dữ liệu đến trạm gốc vì thế nút cụm chủ sẽ tiêu thụ năng lượng nhiều hơn nút mạng bình thường. Nếu những nút có ít năng lượng trở thành cụm chủ, nó sẽ cần nhiều năng lượng để hoạt động và kết quả là những nút này sẽ nhanh chóng hết năng lượng và ngừng hoạt động.

Chúng tôi đề xuất chiến lược tổ chức lại mạng cảm biến. Đầu tiên, chúng tôi chọn nút thích hợp làm cụm chủ, sau đó sẽ định tuyến dùng thuật toán Dijkstra trong mô hình tiêu thụ điện năng để tìm đường đi đến trạm gốc với điện năng tiêu thụ là ngắn nhất. Cuối cùng, trọng số đường đi sẽ thay đổi tự động dựa trên mô hình năng lượng.

1. Cách chọn lựa cụm chủ (Cluster head)



Cách phân chia nhóm và chọn lựa đúng cụm chủ cho mỗi nhóm cũng ảnh hưởng toàn bộ hiệu suất của cả mạng. Cách phân nhóm dựa trên tính toán từ vị trí nút mạng đến đường biên phân chia vùng. Thuật toán Dynamic division Geographical Adaptive Fidelity (DGAF) hỗ trợ tìm nút chủ dựa trên vị trí của nó, vì thế vị trí gần chính giữa là phù hợp nhất bởi vì ít năng lượng tiêu hao hơn so với những cụm chủ nằm ở gần đường viền. Ta phân chia mạng thành dạng hình lưới để dễ dàng tính toán vị trí, thuật toán gồm 2 bước:

Bước 1: Thuật toán chia toàn bộ mạng thành khung lưới ảo như hình bên dưới, mỗi lưới ô vuông có chiều dài cạnh là r, thuật toán tính vị trí của từng nút mạng và khoảng cách đến vị trí chính giữa.



Giả sử tọa độ nút Xi là (Xx, Xy) có bán kính sóng radio cảm biến là Rx, tọa độ nút Y là (Yx,Yy), khoảng cách giữa 2 nút Xi và Yi là d(Xi,R) =

Bước 2: Chọn cụm chủ dựa trên yếu tố chi phí. Cụm chủ là nút có chi phí Cost (công thức tính chi phí như bên dưới) nhỏ nhất trong toàn mạng lưới, cụm chủ kết nối với nút còn lại để truyền dữ liệu. Công thức tính chi phí:

Cost (i) =

Trong đó:

- Ei: năng lượng còn lại của nút i

- dik: : khoảng cách từ nút i đến điểm vị trí trung tâm

B. Tìm khoảng cách tối ưu giữa các cụm chủ

Để tối ưu hóa việc tiêu thụ năng lượng và kéo dài thời gian hoạt động của mạng cảm biến không dây, thuật toán Dijkstra hỗ trợ tìm đường đi với chi phí ngắn nhất và triển khai toàn mạng như cấu trúc cân bằng. Dijkstra sẽ tìm đường đi với chi phí tối thiểu dựa trên khoảng cách trong khi đó chúng tôi đề xuất dùng Dijkstra trong mô hình năng lượng để tìm đường đi tối ưu cho các cụm chủ.

Với thuật toán này, chúng tôi truyền phát quảng bá đến một nhóm cụm chủ. Sau đó, chúng tôi sẽ chọn đường đi từ nút cần truyền dữ liệu thông qua các cụm chủ trước khi đến trạm gốc, không được đi qua những nút mạng bình thường. Chúng tôi sẽ sử dụng thuật toán Dijkstra để tìm đường đi với chi phí thấp nhất. Thuật toán gồm 2 bước.

Bước 1: mỗi cụm chủ tự quyết định năng lượng cần thiết để truyền dữ liệu đến trạm gốc. Mỗi cụm chủ sẽ truyền thông tin cài đặt với lượng năng lượng thiết lập sơ bộ gồm năng lượng hiện có của mình, năng lượng cần thiết để truyền dữ liệu trực tiếp đến trạm gốc. Bất kỳ cụm chủ nào nhận thông tin cài đặt này thì được xem như cụm chủ láng giềng của nó bởi vì cụm chủ láng giềng nằm trong khoảng cách mà cụm chủ có thể truyền đến trong một mức năng lượng định sẵn. Một cụm chủ có thể tính được khoảng cách đến những cụm chủ láng giềng dựa trên mức năng lượng nhận thông tin cài đặt. Tất cả cụm chủ sẽ ghi nhận thông tin gửi đến cụm chủ láng giềng.

Mã giả:

Lặp tất cả N cụm chủ i: 1, 2,…, N

Tại cụm chủ CHi

Tìm tất cả cụm chủ láng giềng của CHi, rồi tính toán khoảng cách, năng lượng để truyền đến cụm chủ láng giềng (chi phí về năng lượng truyền dữ liệu). Rồi lưu trữ trong bảng dữ liệu.

Bước 2:

Khởi tạo bảng chi phí năng lượng cho tất cả cụm chủ. Giá trị được lưu trong bảng chi phí là lượng năng lượng truyền dữ liệu giữa cụm chủ CHi đến cụm chủ khác CH (k) hoặc trạm gốc. Mỗi cụm chủ CHi cũng sẽ ghi nhận năng lượng tổng cộng cho tất cả đường truyền có thể có đến trạm gốc. Đường truyền dữ liệu ngắn nhất hoặc là truyền trực tiếp đến trạm gốc hoặc thông qua những cụm chủ láng giềng để đến trạm gốc. Thuật toán Dijkstra sẽ chọn đường truyền trực tiếp hoặc gián tiếp đến trạm gốc với tổng năng lượng truyền là ít nhất.

Thuật toán sẽ ưu tiên chọn truyền trực tiếp đến trạm gốc nếu nó nhận thấy rằng có nhiều đường truyền gián tiếp và trực tiếp có tổng năng lượng truyền đều cùng ít nhất để tránh lãng phí năng lượng và ảnh hưởng băng thông của đường truyền mạng. Nếu nhiều đường truyền gián tiếp có cùng tổng cộng năng lượng truyền ít như nhau, thuật toán sẽ chọn bất kỳ một đường truyền gián tiếp nào đó.

Giai đoạn ổn định sẽ tiếp tục quá trình này cho đến khi nào không còn năng lượng để gửi đến bất kì cụm chủ nào.

Mã giả:

Lặp tất cả N cụm chủ i: 1,2,…,N

Tại cụm chủ CHi

Khởi tạo bảng TEC để lưu trữ năng lượng tổng cộng từ CHi đến tất cả cụm chủ láng giềng hoặc trạm gốc

Lặp tất cả cụm chủ láng giềng của CHi

Nếu tổng năng lượng từ CHi đến nút láng giềng là ít nhất, thì gửi thông tin đến nút láng giềng đó và trạm gốc.

Giải thuật này mang lại tính hiệu quả khi truyền dữ liệu trong mạng vô tuyến không dây về mặt tiêu thụ điện năng. Tính hiệu quả cũng thể hiện trực tiếp khi khoảng cách của nút láng giềng xác định trước. Nếu khoảng cách cần truyền càng lớn thì cần nhiều cụm chủ láng giềng trung gian cũng như cần tiêu thụ nhiều năng lượng hơn.

Để cung cấp thêm thông tin chi tiết cho thuật giải Dijkstra, chúng tôi đã thực thi thuật toán này tại mỗi cụm chủ để tìm đường đi đến cụm chủ đích với năng lượng tiêu hao là ít nhất. Thước đo khoảng cách Euclidian được dùng để tính toán khoảng cách giữa hai cụm chủ. Tại thời điểm khởi tạo thuật toán, một lượng lớn năng lượng bị tiêu hao dùng để tính toán bảng định hướng. Tuy nhiên việc tính toán trước bảng định hướng và dùng lại về sau đã chứng minh tính hiệu quả của tiệt kiệm năng lượng trong khi tìm đường.

1. MÔ PHỎNG



Hình 4. Bảng so sánh tiêu thụ năng lượng của giải thuật LEACH và giải thuật mới

Hình 4 là kết quả so sánh điện năng tiêu thụ trung bình giữa thuật toán LEACH và thuật toán đề nghị. Qua đó cho thấy rằng, thuật toán của chúng tôi hiệu quả hơn LEACH, điện năng tiêu thụ giảm 21% và thời gian hoạt động của cụm chủ đầu tiên dài gấp 5 lần thuật toán LEACH.

1. KẾT LUẬN VÀ NGHIÊN CỨU TRONG TƯƠNG LAI

Trong bài báo cáo này, chúng tôi tìm hiểu về thuật toán định tuyến tối ưu điện năng trong khi truyền dữ liệu dựa bằng giải thuật Dijkstra và cách chọn cụm chủ thích hợp. Thuật toán tìm đường đi tối ưu giữa cụm chủ và láng giềng với năng lượng tiêu thụ trong khi truyền là thấp nhất. Thuật toán mới có cách hoạt động giống như kỹ thuật gom nhóm đồng thời xem xét yếu tố khoảng cách đến trạm gốc, đến cụm chủ khác và năng lượng hoạt động của mỗi nút mạng.

Chúng tôi cố gắng tìm cách giúp tiết kiệm năng lượng tiêu thụ giữa các nút cảm biến trong mạng cảm biến không dây.

Trong thời gian tới chúng tôi sẽ tiếp tục tìm hiểu thuật toán định tuyến để tiết kiệm năng lượng tiêu thụ giữa các nút mạng trong mạng cảm biến không dây.