

KHẢO SÁT MỘT SỐ GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN ĐA ĐƯỜNG TRONG MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY VÀ ĐỀ XUẤT XÂY DỰNG GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN ĐA ĐƯỜNG ĐỊNH HƯỚNG ĐA SỰ KIỆN TRONG MẠNG

Nguyễn Thị Thu Hằng, Nguyễn Tiến Ban, Nguyễn Chiến Trinh
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Tóm tắt: Các giao thức định tuyến đa đường thường được áp dụng trong các mạng cảm biến không dây (Wireless Sensor Network - WSN) để cải thiện hiệu năng mạng và cũng đảm bảo việc truyền thông tin cậy hơn, giúp mạng có khả năng chịu lỗi tốt hơn. Bài báo khảo sát một số giao thức định tuyến đa đường trong mạng cảm biến không dây; cho thấy những lợi ích, hoạt động của chúng; phân loại các giao thức định tuyến đa đường và đề xuất xây dựng giao thức định tuyến đa đường định hướng đa sự kiện trong mạng cảm biến không dây.

Từ khóa: định tuyến đa đường, mạng cảm biến không dây, đa sự kiện.

I. GIỚI THIỆU CHUNG

Mạng cảm biến không dây (WSN) đã và đang là lĩnh vực nghiên cứu thu hút được nhiều sự quan tâm trong những năm gần đây [1]. Những công nghệ không dây và vi cơ điện tử (MEMS) đã cho phép triển khai nhiều ứng dụng WSN trong lĩnh vực quân sự, giao thông, y tế, môi trường, sức khỏe, công nông nghiệp... và trong hệ sinh thái IoT thì cảm biến không dây là thành phần thiết yếu. Những đặc điểm riêng biệt của mạng cảm biến như số lượng cảm biến lớn; dung lượng, khả năng xử lý và năng lượng hạn chế; hình trạng mạng (topology) thường xuyên thay đổi kết hợp với những yêu cầu hiệu năng đa dạng của nhiều loại ứng dụng khác nhau đã đặt ra nhiều thách thức trong việc xây dựng các giao thức truyền thông cho mạng, đặc

biệt là giao thức định tuyến [2, 3]. Hầu hết các giao thức định tuyến trong WSN được thiết kế theo giải pháp đơn đường, khi đó nút nguồn sẽ lựa chọn một đường thỏa mãn yêu cầu hiệu năng của ứng dụng để chuyển lưu lượng về nút gốc.

Mặc dù việc tìm đơn đường có thể thực hiện đơn giản với độ phức tạp tính toán thấp và sử dụng ít tài nguyên mạng song nó lại có nhược điểm là khi mạng có sự thay đổi (nút hay liên kết bị sự cố) thì lại không đáp ứng nhanh và xét về tổng thể thì lại làm giảm thông lượng mạng tối đa có thể đạt được. Vì vậy, nhiều giao thức định tuyến đa đường đã được nghiên cứu và phát triển để khắc phục những nhược điểm trên [4].

Tuy nhiên, những đặc điểm cố hữu của mạng cảm biến (như giới hạn về năng lượng, năng lực lưu trữ và xử lý thông tin; đường truyền vô tuyến cực kỳ ngắn dễ bị phading và xuyên nhiễu...) lại đặt ra nhiều thách thức với việc thiết kế giao thức định tuyến đa đường. Thêm vào đó, với mạng cảm biến đa sự kiện thì sẽ có nhiều kiểu sự kiện có yêu cầu chất lượng truyền thông khác nhau như độ trễ, tốc độ, độ tin cậy, độ ưu tiên... [5, 6, 7]. Vậy nếu chọn định tuyến là giải pháp đáp ứng yêu cầu này thì cần có sự linh hoạt trong việc lựa chọn tiêu chí định tuyến đa đường ứng với từng loại sự kiện. Cho đến nay mới có nghiên cứu ứng dụng định tuyến đa đường để giải quyết yêu cầu về hai loại sự kiện quan trọng và không quan trọng [7], chưa có nghiên cứu về định tuyến đa đường nào giải quyết yêu cầu cho nhiều hơn hai loại sự kiện với yêu cầu truyền thông khác nhau.

Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Thu Hằng

Email: hangntt@ptit.edu.vn

Đến tòa soạn: 23/7/2016, chỉnh sửa: 30/8/2016, chấp nhận đăng: 03/9/2016.

II. ĐỊNH TUYẾN ĐA ĐƯỜNG TRONG WSN

A. Lợi ích của định tuyến đa đường trong WSN

Kỹ thuật định tuyến đa đường cho thấy tính hiệu quả trong việc cải thiện hiệu năng mạng cảm biến không dây, kỹ thuật này giúp tìm ra những con đường thay thế giữa nguồn tin và điểm thu thập thông tin để vượt qua những hạn chế của mạng cảm biến không dây WSN như giới hạn về năng lượng, năng lực lưu trữ và xử lý thông tin (Bảng I).

Bảng I. Những lợi ích của định tuyến đa đường trong WSN

<p>Tin cậy và khả năng chịu lỗi</p>	<p>Ý tưởng ban đầu của việc sử dụng giải pháp định tuyến đa đường trong WSN là để thay thế đường đi của thông tin trong mạng trong trường hợp đường truyền bị lỗi (nút hoặc liên kết bị lỗi) và để việc truyền dữ liệu được tin cậy [8].</p> <p>Các tuyến đường có thể được sử dụng song hành để tăng tính tin cậy cho mạng:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Có thể truyền các bản sao của gói tin qua nhiều đường khác nhau. - Có thể sử dụng mã khóa để tăng tính tin cậy cho việc truyền tin trên mạng.
<p>Giảm nghẽn, tăng thời gian sống</p>	<p>Việc dàn trải lưu lượng trên nhiều tuyến đường để cân bằng tải sẽ làm giảm nghẽn trên một vài liên kết, đặc biệt với một vài ứng dụng cảm biến có lưu lượng lớn và tránh sự xuất hiện các nút nghẽn cổ chai, đồng thời có thể làm gia tăng thời gian sống của mạng do năng lượng cho chuyển tiếp thông tin được dàn trải trên nhiều tuyến đường.</p>
<p>Cải thiện QoS</p>	<p>Hỗ trợ chất lượng dịch vụ (QoS) thông qua các thông số như thông lượng, trễ đầu cuối, tỷ lệ truyền dữ liệu thành công là những mục tiêu quan trọng trong việc thiết kế các giao thức định tuyến đa đường cho nhiều loại mạng khác nhau.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tổng hợp thông lượng: Tách dữ liệu đi tới cùng đích trên nhiều dòng dữ liệu khác nhau trong khi mỗi dòng được định tuyến trên một tuyến đường riêng sau đó hợp lại thành thông lượng hiệu dụng. Chiến lược này rất có lợi khi mà nút có nhiều liên kết có băng thông thấp song lại yêu cầu gửi dữ liệu với tốc độ lớn hơn so với khả năng của mỗi liên kết riêng biệt. - Trễ được giảm thiểu trong định tuyến đa đường vì các tuyến dự phòng được xác định ngay trong quá trình khám phá tuyến.

B. Các hoạt động của giao thức định tuyến đa đường trong WSN

Có ba hoạt động cơ bản trong định tuyến đa đường là khám phá tuyến, phân bổ lưu lượng và duy trì tuyến [4] (Bảng II).

Bảng II. Các hoạt động trong giao thức định tuyến đa đường trong WSN

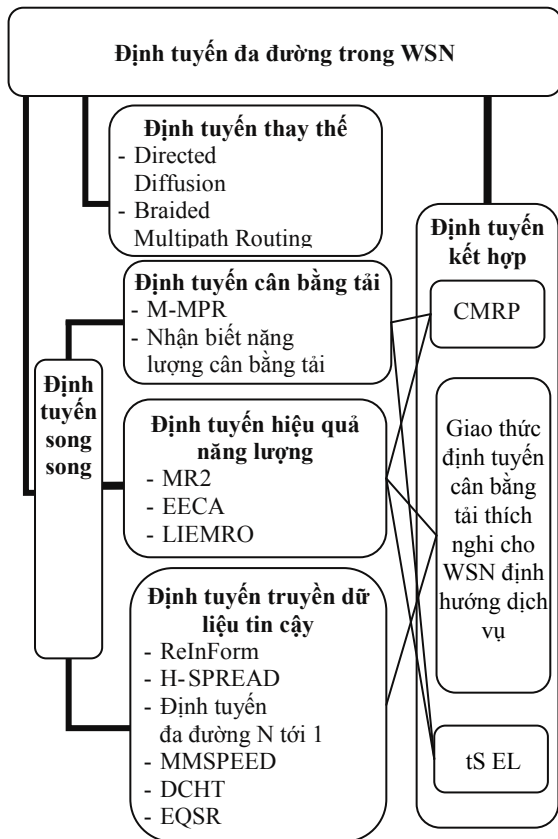
<p>Khám phá tuyến</p>	<p>Vi tuyến dữ liệu trong WSN thường được thực hiện qua kỹ thuật chuyển tiếp dữ liệu đa chặng nên chức năng chính của tiến trình khám phá tuyến là xác định tập các nút trung gian cần chọn để tạo ra một vài tuyến đường từ nút nguồn tới nút thu thập thông tin.</p> <p>Có ba loại tuyến đường hay được xét dựa trên sự giao nhau: (a) Đường không có nút giao nhau; (b) Đường không có chặng giao nhau và (c) Đường có chặng giao nhau.</p>
<p>Phân bổ lưu lượng</p>	<p>Việc phân bổ lưu lượng trong định tuyến đa đường cần được tối ưu thông qua điều khiển luồng.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Số lượng đường: Có thể sử dụng một đường và các đường khác dùng để dự phòng hoặc có thể sử dụng đa đường theo kiểu quay vòng, mỗi thời điểm chỉ có một đường truyền tin hoặc đa đường truyền tin cùng thời điểm. - Phân bổ lưu lượng: Chiến lược phân bổ lưu lượng được dùng để giải quyết cách phân bổ dữ liệu cho nhiều đường, có thể chia đều hoặc chia theo tỉ lệ nhất định.
<p>Duy trì tuyến</p>	<p>Trong định tuyến đa đường, việc khám phá tuyến đường để duy trì việc truyền dữ liệu có thể được thực hiện khi một trong các tuyến bị lỗi, khi tất cả các tuyến đều lỗi hoặc khi một số lượng nhất định tuyến bị lỗi.</p>

III. PHÂN LOẠI GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN ĐA ĐƯỜNG

Với mạng cảm biến thu thập thông tin định kỳ thì mạng thường được phân cụm và đường đi thường

được thiết lập qua các nút chủ cụm tới trạm gốc (sink), với mạng cảm biến theo sự kiện thì đường đi bắt nguồn từ nút cảm biến qua các nút trung gian về trạm gốc. Dựa trên cơ cấu chọn đa đường và phân bố lưu lượng trong mạng có thể chia các giao thức định tuyến đa đường trong WSN thành bốn loại là định tuyến thay thế, định tuyến cân bằng tải, định tuyến hiệu quả năng lượng và định tuyến truyền dữ liệu tin cậy (Hình 1) (hiệu chỉnh từ [4, 8]). Ngoài ra, các nhà nghiên cứu còn đề xuất một số giao thức định tuyến đa đường có tính chất kết hợp của các loại định tuyến này.

A. Định tuyến thay thế



Hình 1. Phân loại giao thức định tuyến đa đường trong WSN

Tuyến thay thế được sử dụng thay cho tuyến đường chính khi gặp sự cố. Định tuyến kiểu này chỉ cho một tuyến đường hoạt động ở một thời điểm. Định tuyến thay thế giúp mạng có thể chấp nhận tuyến

lỗi và giảm tần suất định tuyến trong tiến trình phục hồi sau lỗi [4].

- *Directed Diffusion*: Cung cấp cơ cấu cho trạm gốc gửi yêu cầu về thông tin cần quan tâm theo kiểu tràn lụt tới các cảm biến để các nút trung gian thiết lập đường gửi dữ liệu cần quan tâm dọc theo tuyến về trạm gốc [9].
- *Định tuyến đa đường có giao nhau (Braided Multipath Routing)*: là giao thức định tuyến đa đường cải tiến để cung cấp tuyến đường chịu được lỗi cho mạng cảm biến không dây. Giao thức này sử dụng giải pháp tương tự như Directed Diffusion để tạo một số tuyến đường giao nhau một phần [10]
- *REAR (Định tuyến nhận thức năng lượng và tin cậy)*: Xem xét năng lượng còn lại của mỗi cảm biến khi thiết lập các đường định tuyến và hỗ trợ giao thức đa đường để truyền dữ liệu tin cậy. REAR còn cho phép mỗi nút cảm biến xác nhận việc truyền tin thành công tới nút khác bằng việc truyền gói phản hồi DATA-ACK [11].

B. Định tuyến cân bằng tải

Mục đích chính của cân bằng tải là sử dụng tài nguyên mạng sẵn có để tối thiểu nguy cơ nghẽn lưu lượng. Khi một liên kết bị quá tải và gây nghẽn, giao thức định tuyến đa đường có thể được chọn để chuyển lưu lượng qua những tuyến đường thay thế để làm giảm gánh nặng của tuyến đường bị nghẽn. Có thể thực hiện cân bằng tải qua việc dàn lưu lượng lên nhiều tuyến để làm giảm nghẽn và hiện tượng thắt nút cổ chai [8].

- *M-MPR (Định tuyến đa đường dạng lưới)*: Định tuyến đa đường không giao nhau, cải thiện hiệu quả về lưu lượng bằng cách phân tải lưu lượng lên nhiều tuyến thay vì chỉ trên một tuyến. M-MPR có hai hoạt động: (1) Phía nguồn phân tích độc lập và chuyển tiếp gói một cách lựa chọn trên nhiều tuyến khác nhau; (2) Nhân rộng dữ liệu dựa trên việc phát đồng thời các gói sao chép qua nhiều tuyến khác nhau. Khi tái thiết lập tuyến, thông tin về vị trí nút và năng lượng còn lại được trao đổi [12].
- *Giao thức định tuyến đa đường nhận thức năng lượng cân bằng tải*: Sử dụng cơ cấu định tuyến

đa đường có nhận thức năng lượng và lựa chọn tuyến cân bằng tải dựa trên mô hình truyền thông bầu cử-phản hồi. Các tuyến đa đường từ mỗi cảm biến về trạm gốc được tạo ra khi truyền tràn lụt bản tin bầu cử. Việc lựa chọn đường có thể là ngẫu nhiên hoặc dựa trên việc sử dụng năng lượng của các nút lân cận. Định tuyến đa đường xây dựng nên một cấu trúc lưới cho việc phản hồi dữ liệu, nó làm giảm nghẽn, phân phối năng lượng sử dụng đều hơn và cải thiện việc truyền tin cậy dữ liệu [13].

C. Định tuyến hiệu quả năng lượng

Một trong những mục tiêu của giao thức định tuyến hiệu quả năng lượng là lựa chọn đường tốt nhất để tổng năng lượng tiêu thụ của mạng được giảm thiểu. Định tuyến năng lượng tối thiểu có nhược điểm là các nút sẽ tiêu thụ năng lượng rất khác nhau, những nút trên tuyến đường năng lượng tối thiểu sẽ nhanh chóng cạn kiệt năng lượng trong khi các nút khác thì không mất năng lượng là mấy và điều này sẽ dẫn đến việc một số nút bị chết sớm. Một mục tiêu khác của định tuyến hiệu quả năng lượng là để tối đa thời gian sống (là khoảng thời gian từ khi hệ thống bắt đầu hoạt động đến khi một nút hết năng lượng hoặc đến khi một số lượng nút nhất định bị hết năng lượng hoặc đến khi mạng bị chia cắt - một phần mạng không truyền được dữ liệu về điểm thu). Định tuyến hiệu quả năng lượng rất coi trọng việc nhận thức năng lượng để tránh những nút có năng lượng còn lại thấp và tìm ra những nút có năng lượng cao hơn để chuyển tiếp thông tin hiệu quả [4].

- *MR2 (Định tuyến tối đa vô tuyến đa đường không giao nhau)*: Mục tiêu chính của giao thức định tuyến này là cung cấp băng thông cần thiết cho những ứng dụng đa phương tiện qua các tuyến đường không nhiễu (tách biệt vô tuyến) trong khi vẫn kéo dài thời gian sống của mạng. Để đạt được cả hai mục tiêu này, chỉ một tuyến đường được tạo ra cho một phiên truyền thông cụ thể, các đường bổ sung chỉ được hình thành khi có yêu cầu, cụ thể là trong trường hợp nghẽn hoặc thiếu băng thông. Khi một đường đã được chọn thì toàn bộ các nút gây nhiễu sẽ buộc phải ở trạng thái thụ động

(nút đó sẽ không tham gia vào tiến trình chọn đường và có thể chuyển sang trạng thái ngủ hoặc rỗi), như vậy nó sẽ không gây nhiễu cho đường định tuyến đã chọn và tiết kiệm được năng lượng cho mạng [14].

- *EECA (Giải thuật định tuyến hiệu quả năng lượng và đa đường không giao nhau có nhận biết va chạm)*: Sử dụng đặc tính quảng bá tự nhiên của truyền thông không dây để tránh va chạm giữa hai tuyến mà không phải thêm tiêu đề. Thêm vào đó, giao thức này giới hạn việc gửi tràn lụt bản tin trong quá trình khám phá tuyến và điều chỉnh công suất phát của nút với sự hỗ trợ của thông tin về vị trí [15].
- *LIEMRO (Giao thức định tuyến đa đường hiệu quả năng lượng có xen nhiễu thấp)*: Được thiết kế để cải thiện tỷ lệ truyền gói, thời gian sống và trễ thông qua việc khám phá nhiều đường không giao nhau, tối thiểu hóa xen nhiễu giữa nút nguồn và trạm gốc. Ngoài ra LIEMRO còn có giải thuật cân bằng tải để phân phối lưu lượng nút nguồn lên nhiều đường dựa trên chất lượng tương quan của mỗi đường. Các đường mở thêm chỉ được thiết lập nếu nó không làm giảm tỉ lệ nhận dữ liệu ở trạm gốc [16].

D. Định tuyến truyền dữ liệu tin cậy

Các tuyến đường có thể được dùng đồng thời để gửi nhiều bản sao dữ liệu trên các tuyến đường khác nhau nhằm cải thiện độ tin cậy, miễn là còn một trong nhiều đường không bị lỗi thì đích sẽ vẫn nhận được dữ liệu. Để tăng tỉ lệ truyền dữ liệu thành công, dữ liệu sao chép được truyền đi và tới đích trên nhiều đường khác nhau [4].

- *ReInForm (Chuyển tiếp thông tin tin cậy sử dụng đa đường)*: Trong cơ cấu này, nhiều bản sao của cùng một gói được truyền trên các tuyến lựa chọn ngẫu nhiên. Giả sử là gói được định hướng tới trạm gốc và mỗi nút đều biết khoảng cách tới trạm gốc cũng như khoảng cách của tất cả các nút lân cận. Việc nhân gói có thể thực hiện ở nút nguồn hoặc cũng có thể thực hiện ở các nút trung gian. Một nút trung gian có hai lựa chọn: Số lượng bản sao được tạo ra và những nút tiếp theo nào sẽ được chọn

để chuyển tiếp gói tin về trạm gốc. Thường thì ưu tiên chọn gần trạm gốc hơn, nếu không thì việc chọn sẽ là ngẫu nhiên. Việc này giúp phân tải qua nhiều nút và tránh việc nút trên tuyến “tốt” hơn sẽ nhanh chóng bị cạn kiệt năng lượng [17].

- *Định tuyến đa đường N tới 1 (N-to-1)*: Giao thức này tìm đồng thời các đường không giao nhau giữa nút nguồn và trạm gốc trong tiến trình khám phá tuyến, đa đường sử dụng để phân phối lưu lượng và cải thiện tính tin cậy, an toàn của dữ liệu truyền đi bằng cách đi qua cây định tuyến. Tuy nhiên, giao thức định tuyến này không tính đến mức năng lượng của nút trong pha tạo tuyến đường [18].
- *H-SPREAD phát triển từ giao thức N-to-1*, việc truyền phân tán dữ liệu đầu cuối kết hợp với chia sẻ bí mật làm tăng tính tin cậy của dữ liệu. Kết quả là hiệu năng tin cậy của giao thức này cho phép duy trì tỷ lệ gửi tin khá tốt khi đường truyền hoặc nút gặp lỗi [19].
- *MMSPEED (Giao thức định tuyến đa đường đa tốc độ đảm bảo QoS trong mạng cảm biến không dây)*: Việc đảm bảo QoS ở đây là đảm bảo thời gian và độ tin cậy. Nhiều mức độ QoS được cung cấp trên miền thời gian bằng việc đảm bảo việc truyền gói ở nhiều tốc độ. Đối với vấn đề tin cậy, nhiều yêu cầu tin cậy khác nhau được đảm bảo bằng việc chuyển tiếp đa đường theo xác suất. Cơ cấu đảm bảo QoS này được thực hiện theo cách cục bộ mà không cần thông tin tổng thể về mạng bằng cách chuyển tiếp thêm các gói mạng thông tin địa lý cục bộ bù đắp cho sự thiếu chính xác của quyết định cục bộ khi gói đi tới đích. Bằng cách này MMSPEED có thể đảm bảo yêu cầu đầu cuối một cách cục bộ, cần thiết cho các mạng cảm biến động cỡ lớn cần có khả năng thích nghi và mở rộng [20].
- *DCHT*: Giao thức định tuyến thông lượng cao, giới hạn trễ cho truyền đa đường. Giao thức này được áp dụng cho truyền dòng video mã hóa đa mức trên đa đường qua mạng cảm biến không dây. Các đường không giao nhau có thể đạt được thông lượng cao, trễ yêu cầu và đáp

ứng được yêu cầu chất lượng dịch vụ [21].

- *EQSR (Giao thức định tuyến đa đường nhận thức chất lượng dịch vụ và hiệu quả năng lượng)*: tối đa thời gian sống bằng việc cân bằng năng lượng tiêu thụ trên nhiều nút, sử dụng khái niệm phân biệt dịch vụ để cho phép lưu lượng lớn, quan trọng tới trạm gốc trong thời hạn chấp nhận, giảm trễ đầu cuối thông qua việc trải lưu lượng lên nhiều đường và tăng thông lượng qua việc đưa thêm dữ liệu dư thừa. EQSR sử dụng mức năng lượng còn lại, kích thước bộ đệm nút và SNR (tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu) để dự đoán chặng tốt nhất trong pha tìm đa đường. Ngoài ra, EQSR còn xét tính tin cậy, thời gian và năng lượng để lựa chọn nút lân cận tối ưu cho chuyển tiếp dữ liệu. Để chuyển tiếp dữ liệu tin cậy, giao thức này xem xét chuyển tiếp trên đa đường với chất lượng liên kết tối ưu [22].

F. Định tuyến kết hợp

Một số giao thức định tuyến được đề xuất dựa trên sự kết hợp của các loại định tuyến trên.

- *CMRP là giao thức định tuyến đa đường cho mạng cảm biến phân cụm*, giao thức này tái phân cụm khi có nút chạm ngưỡng năng lượng cho trước, những nút có năng lượng dưới ngưỡng sẽ không được làm nút chuyển tiếp hoặc nút chủ cụm, điều này giúp mạng sử dụng năng lượng hiệu quả và cân bằng tải giữa các nút [23].
- *Giao thức định tuyến cân bằng tải thích nghi cho mạng cảm biến không dây định hướng dịch vụ*: sử dụng giải thuật cân bằng tải thích nghi, tránh nghẽn và truyền dữ liệu tin cậy bằng cách tách các gói tin gửi lên các đường định tuyến khác nhau theo tỉ lệ chiếm dụng đường [24].
- *tS EL là giao thức định tuyến đa đường cân bằng tải*, an toàn và hiệu quả năng lượng. Giao thức này cho phép điều chỉnh công suất truyền tin và sử dụng các tuyến đường không có nút giao nhau và san tải hiệu quả trên đó. Giao thức này còn sử dụng khóa công cộng RSA và giải thuật băm MD5 để gia tăng tính an toàn cho mạng [25].

IV. NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT XÂY DỰNG GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN ĐA ĐƯỜNG ĐỊNH HƯỚNG ĐA SỰ KIỆN (MULTIEVENT-DRIVEN MULTIPATH ROUTING –MEMPR) CHO MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY

A. Cơ sở lý thuyết và thực tế

Cho tới nay đã có khá nhiều nghiên cứu cải thiện hiệu năng mạng cảm biến đa sự kiện. Các nghiên cứu thường tập trung vào việc tăng hiệu quả sử dụng năng lượng và kéo dài thời gian sống, khá nhiều nghiên cứu đã sử dụng kỹ thuật nén dữ liệu [26], phân cụm trong mạng [27], tránh nghẽn (có thể can thiệp ở lớp vận chuyển), kỹ thuật cân bằng tải [28], định tuyến đa chặng, đa đường (đã khảo sát ở trên), MAC hợp tác ... Tuy nhiên đối với kỹ thuật định tuyến đa đường cho mạng đa sự kiện thì mới có nghiên cứu của nhóm Sutagundar [7] là giao thức định tuyến đa đường trong đó trạm gốc (sink) tìm đường đi dựa vào trọng số đường đi thông qua các tham số hiệu quả liên kết, thông số năng lượng và khoảng cách chặng; chọn đơn đường có trọng số đường đi cao nhất với sự kiện không nghiêm trọng và chọn đa đường với sự kiện quan trọng cần truyền thông tin cậy.

Với ứng dụng mạng cảm biến cảnh báo cháy rừng sẽ có nhiều yêu cầu truyền thông khác nhau của 5 cấp độ cảnh báo [29]. Bảng III mô tả các cấp độ cảnh báo để có thể thấy rõ yêu cầu từ ứng dụng đối với mạng cảm biến.

- Cấp 1 và cấp 2: Nguy cơ cháy rừng còn thấp, khả năng cháy rừng nhỏ nên tần suất gửi thông tin về sự kiện này cũng sẽ ít hơn. Thông tin truyền về không quá cấp thiết, ngưỡng cảnh báo nhỏ nên không yêu cầu cao về tính đáp ứng và độ chính xác.
- Cấp 3 và 4: Có nguy cơ xảy ra cháy rừng, tần suất gửi thông tin về sự kiện này cao hơn hai cấp trên và cần có yêu cầu cao hơn về tính đáp ứng cũng như độ chính xác.
- Cấp 5: Cấp cảnh báo cao nhất, có nguy cơ xảy ra cháy lớn và lan nhanh, vì thế tần suất gửi thông tin về nhiều, cần đáp ứng nhanh và chính xác.

Bảng III. Các cấp độ cảnh báo cháy rừng

Cấp độ	Tên cấp độ	Mô tả	Tần suất đo
1	Thấp	Ít có khả năng cháy rừng	10 phút/lần
2	Trung bình	Có khả năng cháy rừng	
3	Cao	Có khả năng dễ dàng cháy rừng	5 phút/lần
4	Nguy hiểm	Rất dễ xảy ra cháy rừng lớn	
5	Cấp cực kỳ nguy hiểm	Nguy cơ cháy lớn, tốc độ lan rất nhanh	1 phút/lần

B. Đề xuất xây dựng giao thức định tuyến đa đường định hướng đa sự kiện cho mạng cảm biến cảnh báo cháy rừng

Với thực tế về mạng cảm biến cảnh báo cháy rừng và dựa trên những phân tích về các giao thức định tuyến đa đường cho WSN, nhóm nghiên cứu đề xuất xây dựng giao thức định tuyến đa đường linh hoạt hướng theo đa sự kiện cho mạng cảm biến không dây. Mục tiêu cụ thể là xây dựng giao thức định tuyến đa đường thích nghi có tính đến mức độ quan trọng của sự kiện trong mạng cảm biến, bên cạnh đó làm tăng hiệu quả truyền thông, giảm thời gian đáp ứng với sự kiện quan trọng và kéo dài thời gian sống cho mạng (Bảng IV tổng hợp đặc điểm và yêu cầu của giao thức định tuyến đề xuất).

Với 5 cấp cảnh báo ở trên, nhóm tác giả đề xuất xây dựng cơ chế định tuyến định hướng sự kiện (event-driven) cho mạng cảm biến sử dụng 3 kiểu sự kiện trong mạng với yêu cầu truyền thông khác nhau. Để tiết kiệm năng lượng cho mạng định hướng sự kiện, cơ chế tìm đường chỉ được kích hoạt khi có sự kiện (kích hoạt tại nút nguồn) và chỉ những nút lân cận đủ năng lượng cho việc chuyển tiếp gói tin cho sự kiện, gần trạm gốc hơn mới được xét làm nút chuyển tiếp trong quá trình tìm đường. Ngoài ra, ứng với tính chất khác biệt của mỗi sự kiện, cách thức tìm đường và chuyển tiếp dữ liệu cũng được thiết kế riêng cho từng sự kiện như sau:

- Sự kiện loại 1: tương ứng với cấp cảnh báo 1 và 2. Lựa chọn định tuyến đơn đường vì sự kiện này không yêu cầu cao về tính đáp ứng và độ chính xác. Không sử dụng cơ chế ưu tiên cho loại sự kiện này.

- Sự kiện loại 2: tương ứng với cấp cảnh báo 3 và 4. Lựa chọn định tuyến đa đường vì sự kiện này có yêu cầu cao hơn về tính đáp ứng và độ chính xác. Tìm hai đường thay vì gửi tràn lụt để giảm bớt bộ nhớ tại các nút. Sự kiện này có độ ưu tiên trung bình giữa hai sự kiện loại 1 và 3. Việc chuyển tiếp lưu lượng được chia trên hai đường để tăng tính tin cậy và không quá tiêu hao năng lượng so với việc sao chép gói.
- Sự kiện loại 3: tương ứng với cấp cảnh báo 5 - cấp cảnh báo cao nhất. Lựa chọn định tuyến đa đường vì sự kiện này có yêu cầu cao về tính đáp ứng và độ chính xác. Tìm hai đường để giảm bớt bộ nhớ tại các nút. Sự kiện này có độ ưu tiên cao nhất nên cần can thiệp vào việc xử lý ưu tiên tìm đường và chuyển tiếp ưu tiên gói tin tại các nút trung gian. Để tăng cường hơn nữa tính tin cậy, các gói tin thông báo sự kiện này sẽ được sao chép và gửi đồng thời trên hai đường.

Bảng IV. Yêu cầu cho việc xây dựng giao thức định tuyến đa đường định hướng đa sự kiện tương ứng với các cấp độ cảnh báo cháy rừng

Yêu cầu cho việc xây dựng giao thức định tuyến đa đường định hướng đa sự kiện			
Mã kiểu sự kiện	Yêu cầu ứng dụng	Phương thức định tuyến dựa trên sự kiện	Tần suất gửi gói
1	Độ ưu tiên thấp nhất (không ưu tiên).	Đơn đường. Không được ưu tiên trong quá trình định tuyến và chuyển dữ liệu ở nút trung gian so với sự kiện loại 2, 3.	10 phút/lần
2	Độ ưu tiên vừa phải, cần tin cậy	Hai đường, truyền san tải trên hai đường để tăng tính tin cậy. Ưu tiên trong định tuyến và xử lý gói tin tại nút trung gian hơn sự kiện loại 1.	5 phút/lần
3	Độ ưu tiên cao nhất, cần tin cậy và nhanh	Hai đường, truyền bản sao trên hai đường để tăng tính tin cậy. Ưu tiên mức cao nhất trong định tuyến và xử lý gói tin tại nút trung gian.	1 phút/lần

V. KẾT LUẬN

Định tuyến đa đường là một trong những giải pháp hiệu quả để nâng cao chất lượng mạng, cung cấp tính an toàn cho việc truyền tin và cải thiện dung lượng của mạng cảm biến khi lưu lượng tăng cao. Nhiều giao thức định tuyến đa đường đã được nghiên cứu cho mạng cảm biến không dây và tiếp tục được cải tiến để không những sử dụng năng lượng hiệu quả mà còn đảm bảo chất lượng dịch vụ cho những yêu cầu ứng dụng mới, đặc biệt là với ứng dụng cần nhiều tiêu chí chất lượng khác nhau. Bài báo cho cái nhìn tổng quan về định tuyến đa đường trong mạng cảm biến không dây và đề xuất giao thức định tuyến linh hoạt phù hợp với các sự kiện trong mạng cảm biến.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci. A Survey on Sensor Networks. IEEE Commun. Mag., vol. 40, no. 8, pp. 102-114, 2002.
- [2] J.N. Al-Karaki, A.E. Kamal. Routing techniques in wireless sensor networks: a survey. IEEE Wireless Communications (Volume:11 , Issue: 6), pp. 6 - 28, Dec. 2004.
- [3] N.A. Pantazis, S.A. Nikolidakis, D.D. Vergados. Energy-Efficient Routing Protocols in Wireless Sensor Networks: A Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials (Volume:15 , Issue: 2), pp. 551 – 591, 2013.
- [4] R. Marjan, D. Behnam, A.B. Kamalrulnizam, L. Malrey. Multipath Routing in Wireless Sensor Networks: A Survey and Research Challenges, Sensors ISSN 1424-8220, 2012, 12, pp. 650-685.
- [5] B.H. Faisal, C. Yalcin, A.S. Ghalib. A Multievent Congestion Control Protocol for Wireless Sensor Networks. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Volume 2008, Article ID 803271, pp.1-12.
- [6] A.S. Ghalib, B. Muslim, B.A. Özgür. Multi-Event Adaptive Clustering (MEAC) Protocol for Heterogeneous Wireless Sensor Networks. Proc. The IFIP Fifth Annual Mediterranean Ad

- Hoc Networking Workshop (Med-Hoc-Net 2006), pp. 30-37.
- [7] A.V. Sutagundar, S.S. Manvi. Location aware event driven multipath routing in Wireless Sensor Networks: Agent based approach. Egyptian Informatics Journal, Volume 14, Issue 1, March 2013, pp. 55–65.
- [8] M. Mohamad, T. Maryam. Multipath Routing protocols in Wireless Sensor Networks: A Survey and Analysis. International Journal of Future Generation Communication and Networking, Vol.6, No.6, 2013, pp. 181-192.
- [9] C. Intanagonwivat, R. Govindan, D. Estrin. Directed diffusion for wireless sensor networking. IEEE/ACM Transactions on Networking (Volume:11, Issue: 1), pp 2 – 16, Feb 2003.
- [10] G. Deepak, G. Ramesh, S. Scott, E. Deborah. Highly Resilient, Energy Efficient Multipath Routing in Wireless Sensor Networks. Mobi HOC2001, Long Beach, CA, USA, pp. 251-254.
- [11]. H. Hassanein, J. Luo. Reliable Energy Aware Routing In Wireless Sensor Networks, Second IEEE Workshop on Dependability and Security in Sensor Networks and Systems , 24-28 April 2006 , pp. 54 – 64.
- [12] D. Swades, Q. Chunming, W. Hongyi. Meshed multipath routing with selective forwarding: an efficient strategy in wireless sensor networks, Computer Networks 43 (2003), pp. 481-497.
- [13] H. Xiaoyan, G. Mario, W. Hanbiao, L. Clare. Load Balanced, Energy-Aware Communications for Mars Sensor Networks, Aerospace Conference Proceedings, 2002. IEEE, Volume: 3, Pages: 3-1109 - 3-1115 vol.3
- [14] M. Moufida. Maximally Radio-Disjoint Multipath Routing for Wireless Multimedia Sensor Networks, WmuNeP'08, October 27, 2008, Vancouver, BC, Canada.
- [15] W. Zijian, B. Eyuphan, K.S. Boleslaw. Energy Efficient Collision Aware Multipath Routing for Wireless Sensor Networks, Proc. International Conference on Communication, ICC09, Dresden Germany, June 14-18, 2009, pp. 1-5.
- [16] R. Marjan, D. Behnam, Shukor Abd Razak, Kamalrulnizam Abu Bakar, LIEMRO: A Low-Interference Energy-Efficient Multipath Routing Protocol for Improving QoS in Event-Based Wireless Sensor Networks, Fourth International Conference on Sensor Technologies and Applications (SENSORCOMM), 2010, pp. 551-557.
- [17] B. Deb, S. Bhatnagar, B. Nath. ReInForM: reliable information forwarding using multiple paths in sensor networks, IEEE International Conference on Local Computer Networks, 2003, pp. 406 – 415.
- [18] L. Wenjing. An efficient N-to-1 multipath routing protocol in wireless sensor networks, IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems Conference, 2005, pp. 665– 672.
- [19] L. Wenjing, K. Younggoo. H-SPREAD: a hybrid multipath scheme for secure and reliable data collection in wireless sensor networks, IEEE Transactions on Vehicular Technology 2006, Volume: 55, Issue: 4, pp. 1320 – 1330.
- [20] E. Felemban, L. Chang-Gun, E. Ekici. MMSPEED: multipath Multi-SPEED protocol for QoS guarantee of reliability and. Timeliness in wireless sensor networks , IEEE Transactions on Mobile Computing, 2006, Volume: 5, Issue: 6, pp. 738 – 754.
- [21] L. Shuang, N. Raghu, L. Cong, L. Alvin. Efficient Multi-Path Protocol for Wireless Sensor Networks, International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), Vol. 2, No. 1, pp. 110-130, Feb. 2010.
- [22] Y. Bashir, B. Jalel. An energy efficient and QoS aware multipath routing protocol for wireless sensor networks, 2009 IEEE 34th Conference on Local Computer Networks, pp. 93 – 100.
- [23] S. Suraj, K.J. Sanjay. Cluster based Multipath Routing Protocol for Wireless Sensor Networks, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 45, No. 2, April 2015, pp. 15-20.
- [24] L. Shancang, Z. Shanshan, W. Xinheng, Z. Kewang, L. Ling. Adaptive and Secure Load-Balancing Routing Protocol for Service-Oriented Wireless Sensor Networks, IEEE

Systems Journal 2014, Volume:8, Issue: 3, pp. 858 – 867.

- [25] M. Yuvaraju, K.S.S. Rani. Secure energy efficient load balancing multipath routing protocol with power management for wireless sensor networks, 2014 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT), 10-11 July 2014, pp. 331 – 335.
- [26] Nguyễn Thị Thu Hằng, Các giải pháp nén dữ liệu thực tế trong mạng cảm biến không dây, Tạp chí CNTT&TT ISSN:1859-3550, Kỳ 1, tháng 1, tr44-50, 2013.
- [27] Nguyễn Thị Thu Hằng, Phan Lễ Hải, Các kỹ thuật cân bằng tải trong mạng cảm biến không dây, Tạp chí CNTT&TT ISSN:1859-3550, Kỳ 1, tháng 3, tr17-22, 2014.
- [28] Nguyễn Thị Thu Hằng, Các giải thuật phân cụm cho mạng cảm biến không dây không đồng nhất, Tạp chí CNTT&TT ISSN:1859-3550, Kỳ 1, tháng 10, tr13-20, 2014.
- [29] Trần Văn Hùng, Võ Quang Minh và Võ Thị Gương, Xây dựng phương pháp cảnh báo cháy rừng ở khu vực vườn quốc gia U Minh Hạ, Cà Mau, dưới sự hỗ trợ của hệ thống thông tin địa lý (GIS), Tạp chí Khoa học 2010:14, tr97-106 Trường Đại học Cần Thơ.

A SURVEY ON MULTIPATH ROUTING PROTOCOLS AND PROPOSAL OF A MULTIPATH ROUTING PROTOCOL FOR MULTIEVENT WITH DIFFERENT COMMUNICATION REQUIREMENTS IN WSN

Abstract: Multipath routing protocols in wireless sensor networks (WSN) improve network performance, provide reliable communication and also fault-tolerance. This paper investigates various multipath routing protocols in WSN; shows their

benefits, elements and classifications; and proposes a multipath routing protocol for multievents with different communication requirements in WSN.

Keyword: Multipath routing, wireless sensor networks, multievents.



Nguyễn Thị Thu Hằng, nhận học vị Thạc sĩ năm 2003 tại AIT, Thái Lan. Hiện đang công tác và là nghiên cứu sinh tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Lĩnh vực nghiên cứu: Mạng truyền thông, mạng cảm biến không dây, định tuyến.



Nguyễn Chiến Trinh, nhận học vị Thạc sĩ năm 1999 và học vị Tiến sĩ năm 2005 tại Trường Đại học Điện-Thông tin, Tokyo, Nhật bản. Hiện nay là Trưởng Bộ môn Mạng viễn thông, Khoa viễn thông, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Các lĩnh vực nghiên cứu quan tâm bao gồm Mạng thế hệ mới, các giải pháp đảm bảo QoS, định tuyến QoS, kỹ thuật lưu lượng, SDN.



Nguyễn Tiến Ban, nhận học vị Thạc sĩ tại Trường Đại học Kỹ thuật Điện tử Leningrad (LETI) Nga, học vị Tiến sĩ tại Đại học Viễn thông quốc gia (SUT) năm 2003, học hàm PGS năm 2012. Hiện nay là Trưởng Khoa viễn thông, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Các lĩnh vực nghiên cứu quan tâm bao gồm Hiệu năng mạng, thiết kế và quy hoạch mạng, mô hình hóa và mô phỏng mạng viễn thông.