



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0028804

(51)^{2020.01} H04W 52/02; H04W 84/18; H04W 56/00 (13) B

(21) 1-2017-04237

(22) 25/10/2017

(45) 25/07/2021 400

(43) 26/02/2018 359A

(73) Tập đoàn Viễn thông Quân đội (VN)

Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Phạm Ngọc Thành (VN); Trần Việt Cường (VN); Nguyễn Việt Hoàng (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACI CO., LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP LỰA CHỌN NÚT GỐC TRONG MẠNG AD-HOC DI ĐỘNG NHIỀU BƯỚC PHÂN CẤP

(57) Phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động bao gồm các bước sau: bước 1: trao đổi và lưu trữ thông tin nút mạng; bước 2: lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp; bước 3: cập nhật vai trò của các nút khi nút mạng thay đổi trong một mạng MANET đã được thiết lập. Cách thức trao đổi và lưu trữ thông tin nút mạng tại các nút mạng tại bước 1 sẽ làm căn cứ để thực hiện lựa chọn nút gốc trong mạng ad-hoc nhiều bước phân cấp ở bước 2. Bước lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp bao gồm các công đoạn: công đoạn 1: khám phá mạng, xây dựng các bảng thông tin hàng xóm và xác định hệ số ổn định của các nút; công đoạn 2: phân nhóm và lựa chọn các nút chủ nhóm; công đoạn 3: xác định các nút cầu nối giữa các chủ nhóm. Bước cập nhật vai trò của các nút khi nút mạng thay đổi trong một mạng MANET đã được thiết lập bao gồm 3 công đoạn: công đoạn 1: loại bỏ các nút gốc dư thừa trong mạng khi các nút mạng thay đổi; công đoạn 2: lựa chọn thêm nút gốc khi nhận diện cấu trúc mạng thay đổi; công đoạn 3: lựa chọn lại các nút chủ nhóm.

Bước 1: trao đổi và lưu trữ thông tin nút mạng



Bước 2: lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp



Bước 3: cập nhật vai trò của các nút khi nút mạng thay đổi trong một mạng MANET đã được thiết lập

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập phương pháp lựa chọn nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước (Multi-hop Mobile Ad-hoc Network – Multi-hop MANET) có phân cấp. Cụ thể, phương pháp lựa chọn nút gốc bao gồm quá trình lựa chọn trong giai đoạn gia nhập mạng và cập nhật vai trò của các nút trong khi đang ở trong mạng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Với sự phát triển ngành thông tin liên lạc, các công nghệ và ứng dụng thực tế của mạng không dây ngày càng được mở rộng. Các mô hình mạng không dây khác nhau được phát triển và áp dụng trong nhiều lĩnh vực của đời sống, như mạng thông tin di động, mạng thông tin vệ tinh... Các mạng này đều yêu cầu triển khai trên nền tảng hạ tầng mạng cố định, có trạm gốc và có kết nối đến mạng truyền dẫn có dây. Trong các điều kiện không có hoặc không cho phép triển khai hạ tầng mạng cố định như thông tin quân sự, thông tin tìm kiếm, cứu nạn, cần thiết phải có một mô hình mạng linh hoạt, độc lập và có khả năng triển khai nhanh. Mạng ad-hoc di động (Mobile Ad-hoc Network - MANET) ra đời để đáp ứng các yêu cầu trên. Mạng ad-hoc di động bao gồm các thiết bị vô tuyến (các nút mạng) chia sẻ cùng một kênh truyền vô tuyến. Các nút mạng trong mạng MANET đều có thể đóng vai trò là bộ định tuyến, chuyển tiếp gói tin đến các nút khác trong mạng. Không tồn tại nút gốc với vai trò cố định là bộ định tuyến trong mạng MANET.

Tuy nhiên, do đặc trưng của truyền dẫn vô tuyến, khoảng cách liên lạc mỗi nút mạng là hạn chế. Do đó, gói tin có thể sẽ không truyền được trực tiếp từ nút nguồn tới nút đích. Trong trường hợp này, gói tin sẽ được chuyển tiếp tới đích thông qua nhiều nút trong mạng. Hệ thống mạng MANET có khả năng chuyển tiếp qua nhiều nút này được gọi là mạng MANET nhiều bước.

Việc lựa chọn nút chuyển tiếp trong mạng MANET nhiều bước được thực hiện bởi các thuật toán định tuyến. Trong mạng MANET, do các nút mạng di

chuyển và sự thay đổi của kênh truyền vô tuyến nên trạng thái kết nối giữa các nút mạng (topo mạng) thay đổi liên tục. Các thuật toán định tuyến phải có khả năng cập nhật đường định tuyến để thích ứng với sự thay đổi này. Về cơ bản, mỗi nút trong mạng phải duy trì bảng định tuyến bao gồm các thông tin về đường định tuyến đến các nút khác trong mạng. Bảng định tuyến được cập nhật định kỳ hoặc khi nút nhận diện được sự thay đổi của nút mạng. Các kỹ thuật cập nhật thông tin định tuyến thường yêu cầu các nút phải phát quảng bá các thông tin về kết nối để cung cấp thông tin cho các nút khác xây dựng đường định tuyến. Quá trình phát quảng bá này yêu cầu đáng kể băng thông, do đó hạn chế lưu lượng dữ liệu khả dụng của mạng. Khi số lượng nút trong mạng càng tăng, lưu lượng dữ liệu cho phép của mạng càng giảm mạnh. Hơn nữa, các nút trong mạng MANET thường có hạn chế về năng lượng và năng lực xử lý, nên việc đơn giản hóa thuật toán định tuyến là yêu cầu tất yếu đối với các mạng MANET khi áp dụng vào thực tế.

Trên thực tế, quá trình lựa chọn các nút gốc được xây dựng dựa trên việc phân chia tập các nút mạng thành các nhóm nhỏ, lựa chọn các nút gốc là nút chủ nhóm của các nhóm đó và lựa chọn thêm các nút gốc là nút kết nối giữa các nút chủ nhóm được lựa chọn. Phương pháp lựa chọn nút gốc trong tập hợp các nút trong mạng được đánh giá dựa trên các tiêu chí sau:

- Phương pháp lựa chọn nút gốc được thực hiện phân tán, yêu cầu số lượng bản tin trao đổi ít và thuật toán xử lý đơn giản trong điều kiện hạn chế về năng lực xử lý và năng lượng của các nút trong mạng.
- Lựa chọn số lượng nút gốc ít nhất có thể để giảm trễ truyền dẫn trên đường cơ sở.
- Độ ổn định của việc lựa chọn các nút gốc trong phương pháp phân nhóm. Tiêu chí này yêu cầu lựa chọn nút gốc mà có khả năng duy trì vai trò là nút gốc lâu nhất, giảm ảnh hưởng của thay đổi topo đến đường cơ sở của mạng.
- Khả năng đáp ứng của việc cập nhật tập các nút gốc khi nút mạng thay đổi. Quá trình cập nhật này phải có thời gian đáp ứng nhanh với thay đổi.

Các phương pháp hiện nay được sử dụng trong việc phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm được triển khai theo các hướng sau: phân nhóm dựa trên thông tin nhận diện, phân nhóm dựa trên thông tin kết nối, phân nhóm dựa trên thông tin trọng số kết hợp. Việc phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm phải đảm bảo các nút chủ nhóm có khả năng bao phủ nhiều nút thành viên nhất, hệ quả là mạng được phân chia thành số lượng nhóm ít nhất. Tiêu chuẩn này sẽ đảm bảo hạn chế số lượng nút gốc trong mạng.

Trong phương pháp phân nhóm dựa trên thông tin nhận diện, mỗi nút được cấp một số nhận diện (Identifier - ID) duy nhất. Giá trị ID này được nút phát quảng bá định kỳ trong bản tin điều khiển đến các nút hàng xóm của nó. Các nút sẽ xây dựng được danh sách các hàng xóm dựa vào thông tin ID trong bản tin điều khiển nhận được. Các nút sẽ so sánh ID của mình với các hàng xóm và nút có ID nhỏ nhất sẽ được lựa chọn là nút chủ nhóm. Phương pháp này được thực hiện dựa trên thuật toán phân tán và đơn giản, tuy nhiên số lượng nút chủ nhóm được lựa chọn sẽ tương đối lớn. Hơn nữa, các nút có ID nhỏ trong mạng sẽ bị hết năng lượng nhanh chóng.

Trong phương pháp phân nhóm dựa trên thông tin kết nối, nút chủ nhóm được lựa chọn dựa trên bậc (số lượng hàng xóm liền kề) của nút. Phương pháp này sẽ giảm được số nhóm và tương ứng là số nút chủ nhóm trong mạng. Bằng việc lắng nghe các bản tin điều khiển, các nút sẽ tính được bậc của mình và thêm thông tin này vào bản tin điều khiển của mình. Bản tin điều khiển được phát quảng bá định kỳ để thiết lập và duy trì cấu trúc phân nhóm. Nút có bậc lớn nhất sẽ được lựa chọn là nút chủ nhóm. Khi hai nút có cùng bậc, nút nào có ID nhỏ hơn sẽ được lựa chọn là nút chủ nhóm. Các phương pháp phân nhóm dựa trên thông tin kết nối thu thập thông tin hàng xóm từ bản tin điều khiển được phát định kỳ sẽ không đảm bảo việc lựa chọn được nút chủ nhóm ổn định.

Phương pháp phân nhóm dựa trên thông tin trọng số kết hợp lựa chọn các nút chủ nhóm dựa trên một bộ các tham số. Các tham số này bao gồm: khoảng cách tương đối đến các nút hàng xóm, thông tin kết nối, sự di chuyển của các nút và năng lượng còn lại tại mỗi nút. Mỗi tham số sẽ được gán một giá trị trọng

số và nút sẽ tính toán ra giá trị trọng số kết hợp làm tiêu chuẩn để lựa chọn nút chủ nhóm trong mạng. Giá trị trọng số kết hợp này được tính như sau:

$$S = w_1 / D + w_2 . d + w_3 . M + w_4 / P$$

Trong đó D là bậc của nút, d là khoảng cách trung bình của nút đến các nút hàng xóm, M là tốc độ di chuyển của nút và P là năng lượng còn lại của nút. Các giá trị w_1 , w_2 , w_3 và w_4 phải thỏa mãn: $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1$. Nút nào có giá trị trọng số kết hợp nhỏ nhất sẽ được lựa chọn làm nút chủ nhóm. Nghĩa là nút nào có số lượng hàng xóm nhiều, ít di chuyển, khoảng cách đến các nút hàng xóm nhỏ và năng lượng còn nhiều sẽ có khả năng cao được lựa chọn theo tiêu chí của phương pháp này. Phương pháp phân nhóm dựa vào trọng số có cân nhắc đến tính ổn định của nút chủ nhóm khi lựa chọn. Tuy nhiên phương pháp này cũng gặp phải các vấn đề khó khăn sau: các tham số có giá trị lớn sẽ lấn át ảnh hưởng của các tham số khác; việc lựa chọn giá trị trọng số gán cho các tham số là không đơn giản trong cả quá trình xây dựng và cập nhật phân nhóm.

Để giải quyết các yêu cầu của bài toán lựa chọn các nút gốc, sáng chế này đề xuất phương pháp mới đơn giản và hiệu quả hơn để xác định, cập nhật vai trò của các nút trong mạng MANET nhiều bước phân cấp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp khắc phục được hạn chế của các phương pháp đã biết nhưng vẫn thể hiện được tính đơn giản, hiệu quả.

Để thực hiện được mục đích này, phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động bao gồm các bước sau: bước 1: trao đổi và lưu trữ thông tin nút mạng; bước 2: lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp; bước 3: cập nhật vai trò của các nút khi nút mạng thay đổi trong một mạng MANET đã được thiết lập.

Trong sáng chế này, cách thức trao đổi và lưu trữ thông tin nút mạng tại các nút mạng ở bước 1 sẽ làm căn cứ để thực hiện lựa chọn nút gốc trong mạng ad-hoc nhiều bước phân cấp ở bước 2.

Trong sáng chế này, việc lựa chọn nút gốc trong mạng MANET nhiều bước phân cấp được thực hiện dựa vào thông tin trao đổi trong bản tin điều khiển giữa các nút. Các nút sẽ duy trì các bảng thông tin hàng xóm 1-bước, bảng thông tin chủ nhóm và bảng thông tin chủ nhóm hàng xóm để hỗ trợ quá trình lựa chọn nút chủ nhóm, lựa chọn nút cầu nối.

Trong sáng chế này, việc lựa chọn các nút gốc trong mạng MANET nhiều bước phân cấp ở bước 2 sẽ cần được thực hiện qua ba công đoạn sau: công đoạn 1: khám phá mạng, xây dựng các bảng thông tin hàng xóm và xác định hệ số ổn định của các nút; công đoạn 2: phân nhóm và lựa chọn các nút chủ nhóm; công đoạn 3: xác định các nút cầu nối giữa các chủ nhóm. Tập hợp các nút chủ nhóm và nút cầu nối chính là tập các nút gốc của mạng.

Trong sáng chế này, các nút trong mạng được phân thành hai loại: các nút gốc và các nút thông thường. Các nút gốc có liên kết trực tiếp đến nhau tạo thành đường cơ sở cung cấp đường đi cho gói tin đến tất cả các nút trong mạng. Các nút thông thường phải có liên kết trực tiếp đến ít nhất một nút gốc.

Trong sáng chế này, quá trình định tuyến của mạng được thực hiện trên tập các nút gốc thay vì trên tập tất cả các nút trong mạng. Các nút gốc có vai trò chuyển tiếp gói tin từ nút nguồn đến nút đích. Do đó nút nguồn chỉ phát gói tin cho nút gốc gần nhất. Nút gốc sẽ định tuyến gói tin đến nút gốc gần nút đích nhất. Tại nút gốc này, gói tin được chuyển tiếp cho nút đích. Các nút thông thường chỉ nhận mà không chuyển tiếp gói tin nhận được. Chỉ có các nút gốc mới phát, xử lý và lưu trữ các thông tin định tuyến. Do đặc trưng này, mô hình mạng MANET phân cấp sẽ giảm thiểu được băng thông yêu cầu cho việc cập nhật đường định tuyến. Đồng thời do hạn chế các nút chuyển tiếp gói tin, thuật toán điều khiển truy nhập cũng được giới hạn phạm vi cần giải quyết xuống thành cấp phát quyền truy nhập kênh truyền cho các nút gốc chuyển tiếp gói tin.

Trong sáng chế này, phương pháp phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm đơn giản, phân tán và hiệu quả. Yêu cầu về tính toán của các thuật toán trong phương pháp nhỏ. Việc phân chia các nhóm trong mạng được thực hiện theo tiêu chí giảm thiểu số nhóm trong mạng nên số lượng số nút gốc được lựa chọn trong mạng cũng được tối ưu. Số lượng nút gốc ít là tiền đề cho việc giảm trễ

truyền dẫn, giảm độ phức tạp của các thuật toán điều khiển truy nhập và định tuyến.

Trong sáng chế này, vai trò của các nút chủ nhóm trong mạng là ổn định. Các nút chủ nhóm được lựa chọn dựa trên tương quan hệ số ổn định về kết nối của nó so với các nút hàng xóm. Sự ổn định về vai trò của các nút chủ nhóm đảm bảo rằng khi cấu trúc mạng thay đổi, cấu trúc phân nhóm của mạng ít bị ảnh hưởng nhất.

Trong sáng chế này, việc xác định hệ số ổn định của các nút chỉ dựa vào thay đổi của thông tin kết nối và chất lượng kết nối theo thời gian. Hệ số ổn định của nút phản ứng thực chất khả năng liên kết của nút theo thời gian. Quá trình tính toán và cập nhật hệ số ổn định của nút đơn giản.

Trong sáng chế này, việc sử dụng chất lượng liên kết của kênh truyền vô tuyến theo thời gian làm tham số để xác định hệ số ổn định phản ánh đúng bản chất của mô hình liên kết trong điều kiện truyền dẫn thực tế. Trong khi các mô hình liên kết cho mạng MANET hiện nay chỉ tập trung vào các yếu tố về vị trí, tốc độ, hướng di chuyển để xây dựng mô hình liên kết.

Trong sáng chế này, hệ số ổn định được lựa chọn làm tiêu chí để phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm đảm bảo nút chủ nhóm có liên kết ổn định đến các thành viên và đảm bảo tính ổn định của việc phân nhóm.

Trong sáng chế này, việc xác định các nút cầu nối trong mạng được thực hiện dựa trên thông tin nút chủ nhóm và thông tin nút chủ nhóm hàng xóm. Trong trường hợp có nhiều lựa chọn nút cầu nối, nút nào có chất lượng liên kết đến nút chủ nhóm tốt hơn sẽ được chọn.

Trong sáng chế này, việc cập nhật vai trò của các nút khi các nút mạng thay đổi trong một mạng MANET đã được thiết lập ở bước 3 được thực hiện theo 2 công đoạn sau: công đoạn 1: loại bỏ các nút gốc dư thừa trong mạng khi các nút mạng thay đổi; công đoạn 2: lựa chọn thêm nút gốc khi nhận diện topo thay đổi; công đoạn 3: lựa chọn lại các nút chủ nhóm.

Trong sáng chế này, việc cập nhật vai trò của nút theo thay đổi của nút mạng được hạn chế. Các nút gốc có vai trò nhận diện thay đổi của nút mạng và chỉ thực hiện quá trình cập nhật vai trò trong các trường hợp đặc biệt.

Trong sáng chế này, việc cập nhật vai trò của nút có quan tâm đến năng lượng còn lại của các nút để quyết định vai trò của nút, kéo dài được thời gian duy trì của mạng

Trong sáng chế này, các nút chủ nhóm tự đánh giá lại vai trò.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: hình vẽ minh họa mô hình hệ thống MANET phân cấp dựa trên các nút gốc.

Hình 2: hình vẽ minh họa mô hình hệ thống MANET phân cấp dựa trên các nút gốc và các nút còn lại.

Hình 3: hình vẽ minh họa sơ đồ khối của từng nút mạng trong hệ thống mạng MANET.

Hình 4: hình vẽ minh họa phương pháp tính toán hệ số ổn định của nút.

Hình 5: hình vẽ minh họa mô hình hóa giá trị hệ số ổn định.

Hình 6: hình vẽ minh họa phương pháp phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm.

Hình 7: hình vẽ minh họa nút cầu nối trực tiếp và hai nút chủ nhóm.

Hình 8: hình vẽ minh họa nút cầu nối gián tiếp.

Hình 9: hình vẽ minh họa phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp.

Mô tả chi tiết sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp. Để thực hiện được mục đích này, phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động bao gồm các bước sau: bước 1: trao đổi và lưu trữ thông tin nút mạng; bước 2: lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp; bước 3: cập nhật vai trò của các nút khi nút mạng thay đổi trong một mạng MANET đã được thiết lập.

Tập các nút gốc và liên kết giữa chúng sẽ tạo thành đường cơ sở, là nền tảng để đơn giản hóa các thuật toán điều khiển truy nhập và định tuyến trong mạng MANET phân cấp. Mạng MANET 100 ví dụ được mô tả như trên Hình 1 bao gồm các nút mạng A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L và M 101. Phương pháp

lựa chọn nút gốc sẽ chọn ra trong mạng MANET 100 các nút A, E, F và J 102 là các nút gốc và các nút còn lại 103 là các nút thông thường như trong Hình 2. Việc lựa chọn này đảm bảo, tập các nút gốc là tập các nút ưu thế liên kết của tập các nút trong mạng.

Phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng MANET nhiều bước phân cấp được xây dựng nhằm đưa ra giải pháp đơn giản và hiệu quả cho bài toán thiết lập nút gốc và đường cơ sở. Các quá trình xử lý và đưa ra quyết định tại bước 2 và bước 3 được thực thi trong phương pháp được thực hiện dựa trên quá trình trao đổi và lưu trữ thông tin điều khiển của các nút tại bước 1 của sáng chế. Nội dung cụ thể các bước như sau:

Bước 1: trao đổi và lưu trữ thông tin nút mạng.

Các thông tin được phát đi trong bản tin điều khiển hỗ trợ cho quá trình lựa chọn nút gốc tại bước 2 và cập nhật nút gốc tại bước 3 bao gồm:

- Thông tin các nút chủ nhóm bao gồm: ID và chất lượng liên kết của nút chủ nhóm mà nút đang đăng ký, ID và chất lượng liên kết nút chủ nhóm mà nút có khả năng gia nhập và ID của các nút chủ nhóm mà nút có liên kết gián tiếp thông qua một nút khác (các nút chủ hàng xóm).
- Hệ số ổn định của nút: hệ số đặc trưng cho độ ổn định của kết nối trong một khoảng thời gian nhất định. Cách thức tính toán giá trị này từ thông tin kết nối được mô tả chi tiết ở phần phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng MANET nhiều bước phân cấp của sáng chế này.
- Vai trò của nút trong nhóm bao gồm: nút chủ nhóm, nút cầu nối, nút thông thường và nút chưa gia nhập mạng. Trong đó nút chủ nhóm là nút được bầu là chủ nhóm trong phương pháp phân nhóm hoặc phương pháp cập nhật phân nhóm. Nút cầu nối là nút được nút chủ nhóm lựa chọn để kết nối giữa các nút chủ nhóm. Nút thông thường là các nút có liên kết đến các nút chủ nhóm và không đóng vai trò là nút cầu nối.

- Khả năng đảm nhiệm vai trò là nút gốc: tham số này xác định dựa vào hai yếu tố là năng lực xử lý và năng lượng còn lại của nút. Do yêu cầu về năng lực xử lý và năng lượng của các nút gốc trong mô hình mạng MANET phân cấp là lớn hơn so với các nút thông thường, mỗi nút trong mạng tự định nghĩa một ngưỡng năng lượng nhất định $E_{threshold}$ để xác định nút có đủ năng lượng để đảm nhiệm vai trò nút gốc không. Đồng thời, khả năng đóng vai trò nút gốc dựa theo năng lực xử lý cũng sẽ được xác định trước khi nút tham gia vào mạng. Nút chỉ được coi là có khả năng làm nút gốc khi đáp ứng cả yêu cầu về năng lực xử lý và năng lượng còn lại.

Dựa vào các thông tin trong bản tin điều khiển, nút sẽ xây dựng các bảng thông tin hàng xóm 1-bước (Bảng 1), bảng thông tin các nút chủ nhóm (Bảng 2) và bảng thông tin các nút chủ nhóm hàng xóm (Bảng 3).

Chỉ số trong bảng	ID của nút hàng xóm	Vai trò của nút hàng xóm	Chất lượng liên kết	Hệ số ổn định	Nhãn thời gian của thông tin	Tốc độ biến đổi chất lượng liên kết	Ước lượng thời gian sống của liên kết
1	G	Nút thường	127	17	11154	3	
2	H	Nút thường	156	6	13127	7	
3	J	Nút chủ nhóm	134	33	12197	-5	
4	E	Nút cầu nối	110	9	12769	8	

Bảng 1: bảng thông tin hàng xóm 1-bước được lưu trữ tại nút F

Bảng 1 mô tả bảng thông tin hàng xóm 1-bước được lưu trữ tại nút F của mạng MANET 100. Khi nút nhận được bản tin điều khiển từ khối thu phát vô tuyến, khối này cũng đồng thời cung cấp thông tin chất lượng kênh truyền trong quá trình nhận bản tin. Thông tin này chính là căn cứ xác định chất lượng liên kết của kênh truyền giữa nút phát và nút nhận bản tin điều khiển. Nút nhận bản tin sẽ cập nhật các trường ID của nút gửi, chất lượng liên kết, nhãn thời gian

nhận được bản tin điều khiển và hệ số ổn định của nút gửi vào bảng hàng xóm 1-bước. Nhận thời gian của thông tin là căn cứ để nút loại bỏ các thông tin hết hạn trong bản thông tin hàng xóm 1-bước. Các trường tốc độ biến đổi của chất lượng liên kết và thời gian sống ước lượng của liên kết được nút cập nhật dựa trên thông tin chất lượng liên kết của bản tin điều khiển nhận được và thông tin được lưu trong bảng hàng xóm 1-bước.

Chỉ số trong bảng	ID của nút chủ nhóm	Chất lượng liên kết	Nhãn thời gian của thông tin
1	J	156	12197

Bảng 2: thông tin các nút chủ nhóm mà nút F có khả năng gia nhập

Bảng 2 mô tả bảng thông tin các nút chủ nhóm mà nút có khả năng gia nhập. Khi nhận được bản tin điều khiển từ nút đang đóng vai trò là chủ nhóm, nút nhận bản tin sẽ cập nhật các thông tin của nút phát vào bảng thông tin các nút chủ nhóm bao gồm: ID của nút chủ nhóm, chất lượng liên kết đến nút chủ nhóm và nhãn thời gian của bản tin điều khiển nhận được.

Chỉ số trong bảng	ID của nút chủ nhóm	Danh sách các nút hàng xóm có liên kết đến nút chủ nhóm	Chất lượng liên kết đến nút hàng xóm	Chất lượng liên kết từ nút hàng xóm đến nút chủ nhóm	Nhãn thời gian của thông tin
1	A	E	110	170	12769

Bảng 3: bảng thông tin các nút chủ nhóm hàng xóm mà nút F có khả năng kết nối gián tiếp thông qua nút hàng xóm của nó

Bảng 3 mô tả bảng thông tin các nút chủ nhóm hàng xóm mà nút có khả năng kết nối gián tiếp thông qua nút hàng xóm của nó. Khi nhận được bản tin điều khiển, nút nhận bản tin sẽ cập nhật các nút chủ nhóm mà nút gửi bản tin có khả năng gia nhập vào bảng thông tin nút chủ nhóm hàng xóm nếu nút hiện tại không có hàng xóm là nút chủ nhóm đó. Đồng thời ID nút gửi bản tin, chất

lượng liên kết giữa nút gửi và nút chủ nhóm sẽ được cập nhật vào các trường danh sách các nút hàng xóm có liên kết chủ nhóm và chất lượng liên kết tương ứng của bảng. Thông tin nhãn thời gian nhận được bản tin điều khiển và chất lượng liên kết giữa nút gửi và nút nhận cũng được cập nhật vào bảng. Nút có thể kết nối đến nút chủ nhóm hàng xóm thông qua nhiều nút hàng xóm khác nhau. Do đó, thông tin chất lượng liên kết giữa nút gửi và nút chủ nhóm, giữa nút gửi và nút nhận sẽ là căn cứ để lựa chọn nút cầu nối trong mạng.

Khi nút có yêu cầu phát bản tin điều khiển, nút sẽ lấy thông tin các nút chủ nhóm và chủ nhóm hàng xóm từ các bảng tương ứng để điền vào các trường thông tin trong bản tin điều khiển.

Chỉ số trong bảng	Nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước	Danh sách các nút hàng xóm có khả năng liên kết đến nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước	Chất lượng liên kết đến nút hàng xóm	Nhãn thời gian của thông tin
1	A	F	134	12197

Bảng 4: bảng thông tin nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước của nút F

Bảng 4 mô tả bảng thông tin nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước. Nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước là nút chủ nhóm mà nút hiện tại có thể kết nối thông qua hai nút trung gian. Việc xây dựng nút bảng này được thực hiện dựa trên thông tin nút chủ nhóm hàng xóm của bản tin điều khiển. Nút chủ nhóm hàng xóm của nút gửi bản tin nếu không nằm trong danh sách ở bảng thông tin nút chủ nhóm và bảng thông tin nút chủ nhóm hàng xóm, sẽ là nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước của nút nhận bản tin. Thông tin nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước được cập nhật vào bảng cùng với thông tin về nút hàng xóm trung gian (nút gửi bản tin điều khiển), thông tin chất lượng liên kết và thông tin nhãn thời gian.

Để đáp ứng yêu cầu thu phát bản tin điều khiển, xử lý và lưu trữ các bảng thông tin hàng xóm, tất cả các nút mạng trong hệ thống đều được cấu tạo từ các bộ chức năng sau: bộ thu phát vô tuyến 301 có kết nối đến ăng-ten 302, bộ xử lý

và điều khiển 303 và bộ bộ nhớ hệ thống 304. Trong đó, bộ thu phát vô tuyến và ăng-ten có vai trò thực hiện thu phát dữ liệu trên giao diện vô tuyến tại dải tần hoạt động của thiết bị. Bộ xử lý và điều khiển có nhiệm vụ điều khiển, xử lý các dữ liệu nhận được bộ thu phát vô tuyến, thực thi các phương thức điều khiển truy nhập và định tuyến, lưu trữ các thông tin vào bộ bộ nhớ hệ thống. Bộ bộ nhớ hệ thống đóng vai trò lưu trữ các cấu trúc dữ liệu cần thiết cho các quá trình xử lý của thiết bị như bảng thông tin các nút hàng xóm, bảng thông tin các nút chủ nhóm và bảng thông tin các nút chủ nhóm hàng xóm.

Bước 2: lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp.

Phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng MANET nhiều bước phân cấp bao gồm ba công đoạn sau: công đoạn 1: khám phá mạng, xây dựng các bảng thông tin hàng xóm và xác định hệ số ổn định của các nút; công đoạn 2: phân nhóm và lựa chọn các nút chủ nhóm; công đoạn 3: xác định các nút cầu nối giữa các chủ nhóm.

- Công đoạn 1: khám phá mạng và xác định hệ số ổn định.

Công đoạn này là thực hiện tính toán hệ số ổn định của từng nút làm căn cứ để thực hiện lựa chọn nút chủ nhóm trong mạng MANET phân cấp. Công đoạn khám phá mạng và xác định hệ số ổn định được mô tả trong Hình 4 bao gồm các phân đoạn sau:

1. Nút lắng nghe bản tin từ kênh truyền khi bắt đầu gia nhập mạng 401: trong quá trình này nút lắng nghe các bản tin điều khiển và cập nhật các bảng thông tin hàng xóm và thông tin chủ nhóm.
2. Nút phát quảng bá bản tin điều khiển đến các nút hàng xóm 402: các thông tin trong bản tin điều khiển được lấy từ các bảng thông tin được duy trì bởi các nút và các tham số trạng thái của nút. Thông thường trong một siêu khung của hệ thống, nút sẽ phát đi một bản tin điều khiển.
3. Nút thực hiện cập nhật giá trị chất lượng và giá trị tốc độ biến đổi của liên kết mỗi khi nhận được bản tin điều khiển từ hàng xóm 403: đối với mỗi hàng xóm của nút, nút sẽ cập nhật giá trị chất lượng liên kết

cho bản tin mới nhận được. Giá trị tốc độ biến đổi của chất lượng liên kết tại thời điểm hiện tại được tính như sau:

$$\Delta LQI_n = \frac{\alpha}{k} \cdot \Delta LQI_{n-k} + (LQI_n - LQI_{n-k})$$

Trong đó ΔLQI_n là giá trị tốc độ biến đổi tại siêu khung thứ n (siêu khung hiện tại); ΔLQI_{n-k} là giá trị tốc độ biến đổi tại siêu khung (n-k) có trong bảng thông tin hàng xóm của nút; LQI_n là giá trị chất lượng liên kết tại siêu khung thứ n; LQI_{n-k} là giá trị chất lượng liên kết tại siêu khung thứ (n-k) có trong bảng thông tin hàng xóm. Việc xác định thông tin thuộc siêu khung nào phụ thuộc vào nhãn thời gian của thông tin và độ dài siêu khung của mạng. Giá trị ΔLQI_n và LQI_n sẽ được cập nhật vào trường thông tin tương ứng của bảng thông tin hàng xóm.

4. Nút tính toán thời gian sống của liên kết giữa nút với các hàng xóm dựa vào giá trị chất lượng liên kết hiện tại, tốc độ biến đổi của giá trị chất lượng liên kết và ngưỡng chất lượng liên kết 404: mỗi nút mạng sẽ nhận được bản tin từ các nút hàng xóm khi chất lượng liên kết giữa hai nút lớn hơn một ngưỡng $LQI_{Threshold}$ (Link Quality Indicator). Bản chất của ngưỡng chất lượng liên kết chính là giá trị của chất lượng liên kết tại điểm mà tỉ số tín hiệu trên nhiễu bằng với độ nhạy thu của bộ thu phát vô tuyến. Nút tính toán thời gian sống của liên kết giữa nút i và nút j dựa theo công thức sau:

$$\tau_{i-j} = (LQI_n - LQI_{threshold}) / |\Delta LQI_n| \text{ nếu } \Delta LQI_n < 0$$

$$\text{hoặc } \tau_{i-j} = \infty \text{ nếu } \Delta LQI_n \geq 0,$$

Với LQI_n và ΔLQI_n là giá trị và tốc độ biến đổi của chất lượng liên kết giữa nút i và nút j.

5. Nút tính toán hệ số ổn định của nút dựa vào số lượng hàng xóm của nút và thời gian sống của từng liên kết 405: hệ số ổn định của nút là giá trị tích lũy của số lượng liên kết và thời gian duy trì số lượng liên kết của nút theo thời gian. Tham chiếu Hình 5, hệ số ổn định của nút A là phần diện tích giữa đường biểu diễn số hàng xóm của A và

các trục thời gian và trục số lượng thông tin hàng xóm. Cách thức tính toán hệ số ổn định của nút như sau với giả định tập các hàng xóm của node i là $\{i_1, i_2, \dots, i_s\}$ với thời gian sống của liên kết đến các hàng xóm là $\{\tau_{i-i_1}, \tau_{i-i_2}, \dots, \tau_{i-i_s}\}$ như sau:

(i) Sắp xếp thời gian sống của liên kết đến các nút hàng xóm $\{\tau_{i-i_1}, \tau_{i-i_2}, \dots, \tau_{i-i_s}\}$ theo thứ tự tăng dần tạo thành tập $\{l_1, l_2, \dots, l_s\}$.

(ii) Tính toán giá trị hệ số ổn định theo một trong các cách sau tùy vào tương quan giữa thời gian sống của liên kết và chu kỳ phân nhóm và cập nhật phân nhóm T_{interval} :

- Nếu $T_{\text{interval}} \geq l_s$: $S_i = \sum_{k=0}^{s-1} (s-k) \cdot (l_{k+1} - l_k)$ với $l_0 = 0$
- Nếu $T_{\text{interval}} < l_s$ và $2 \leq j \leq s$, giả sử $l_{j-1} < T_{\text{interval}} < l_j$:

$$S_i = \sum_{k=0}^{j-2} (s-k) \cdot (l_{k+1} - l_k) + (s-j+1) \cdot (T_{\text{interval}} - l_{j-1})$$
 với $l_0 = 0$
- Nếu $T_{\text{interval}} < l_1$: $S_i = s \cdot T_{\text{interval}}$

Giá trị hệ số ổn định của nút sẽ được thêm vào trường tương ứng của bản tin điều khiển ở các siêu khung tiếp sau.

Tại các phân đoạn 3 và 4, sự biến đổi của thay đổi chất lượng liên kết và thời gian sống của liên kết đang được tính toán theo mô hình tuyến tính. Các mô hình ước lượng xấp xỉ khác có thể được áp dụng ở các phân đoạn này để xác định thời gian sống của liên kết.

Ví dụ ở hình 5 mô tả sự so sánh về hệ số ổn định giữa nút A và nút C trong mạng MANET 100. Tại thời điểm bắt đầu, nút C có nhiều nút hàng xóm hơn nút A, nghĩa là nút C có khả năng tạo thành nhóm với số lượng thành viên lớn hơn. Tuy nhiên theo thời gian số lượng hàng xóm của C di chuyển ra khỏi vùng thu phát của C tăng nhanh hơn A. Do đó trong khoảng thời gian đánh giá của phương pháp phân nhóm T_{interval} , hệ số ổn định của nút A lớn hơn hệ số ổn định của nút C.

- Công đoạn 2: phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm.

Tại công đoạn này, các nút sẽ phối hợp với các nút hàng xóm để lựa chọn các nút chủ nhóm. Chỉ các nút đang ở trạng thái chưa tham gia mạng mới thực thi các phân đoạn của việc phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm. Tham chiếu Hình 6, công đoạn này có thể chia thành các phân đoạn sau:

1. So sánh hệ số ổn định với các nút hàng xóm 601 và lựa chọn nút có hệ số ổn định cao nhất 602: khi nhận được bản tin điều khiển, nút cập nhật giá trị hệ số ổn định của nút đó vào bảng thông tin hàng xóm. Nút thực hiện so sánh hệ số ổn định với các hàng xóm và lựa chọn nút có hệ số ổn định cao nhất trong tập các nút hàng xóm và bản thân nút.
2. Nếu nút có hệ số ổn định cao nhất là nút hiện tại, nút cập nhật vai trò của mình là chủ nhóm và thông báo trong bản tin điều khiển 603.
3. Nếu nút hàng xóm có hệ số ổn định cao nhất, nút sẽ tiếp tục lắng nghe bản tin 604.
4. Nếu nút nhận được bản tin điều khiển từ nút chủ nhóm, nút sẽ chuyển sang vai trò là nút thông thường 605, tham gia và phân nhóm của nút chủ nhóm và phát đi thông tin này trong bản tin điều khiển của nó.

Các phân đoạn trên được thực hiện theo chu kỳ phân nhóm và cập nhật phân nhóm T_{interval} . Chu kỳ này là bội số của siêu khung thời gian của hệ thống.

Các phân đoạn được thực hiện lặp lại cho đến khi nút xác định được vai trò là nút chủ nhóm hoặc nút thông thường. Các nút có thể nhận được bản tin điều khiển từ nhiều nút chủ nhóm khác nhau, nút sẽ lựa chọn nút chủ nhóm có chất lượng liên kết đến mình để gia nhập phân nhóm của nút chủ nhóm.

Sau công đoạn phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm, các nút trong mạng MANET nhiều bước phân cấp được chia thành các phân nhóm, mỗi phân nhóm có một nút chủ nhóm và các nút thông thường. Các nút trong mạng sẽ là nút chủ nhóm hoặc có liên kết trực tiếp đến nút chủ nhóm. Các nút chủ nhóm chính là các nút gốc trên đường cơ sở của mạng. Tuy nhiên các nút gốc này vẫn là các nút rời rạc, chưa có liên kết với nhau để tạo thành đường cơ sở.

- Công đoạn 3: xác định nút cầu nối giữa các nút chủ nhóm.

Tại công đoạn này, các nút chủ nhóm đã được xác định ở trên được kết nối với nhau thông qua các nút cầu nối, tạo thành đường cơ sở của mạng. Do

các nút không phải chủ nhóm luôn có liên kết đến ít nhất một nút chủ nhóm trong mạng nên khoảng cách tối đa giữa hai nút chủ nhóm trong mạng là ba bước. Đồng thời, các nút chủ nhóm không có liên kết trực tiếp đến nhau nên các nút chủ nhóm có khoảng cách tối thiểu là hai bước. Tham chiếu đến Hình 2, nút A và nút J là các nút chủ nhóm cách nhau ba bước qua các nút E và F; nút J và N là các nút chủ nhóm cách nhau hai bước qua nút K. Để tạo được kết nối giữa các nút chủ nhóm trong đường cơ sở, các nút thông thường sẽ được lựa chọn là nút cầu nối. Tập các nút chủ nhóm và nút cầu nối chính là tập các nút gốc của mạng. Tập hợp các liên kết giữa các nút gốc tạo thành đường cơ sở của mạng.

Quá trình xác định nút cầu nối giữa các nút chủ nhóm được thực hiện tại các nút chủ nhóm thông qua các phân đoạn sau:

1. Nút chủ nhóm lựa chọn nút cầu nối trực tiếp: nút chủ nhóm xây dựng danh sách các nút chủ nhóm hàng xóm từ bảng thông tin nút chủ nhóm hàng xóm. Nút sẽ duyệt danh sách này để lựa chọn ra các nút cầu nối đến các nút chủ nhóm hàng xóm. Dựa vào các trường thông tin chất lượng liên kết giữa nút chủ nhóm-nút hàng xóm và nút hàng xóm-nút chủ nhóm hàng xóm, nút chủ nhóm sẽ lựa chọn nút hàng xóm thông thường có khả năng cung cấp liên kết gián tiếp tốt nhất đến nút chủ nhóm hàng xóm. Nút sẽ thông báo trong bản tin điều khiển riêng của nút chủ nhóm thông tin về việc yêu cầu nút hàng xóm chuyển từ vai trò nút thông thường sang vai trò nút cầu nối để phục vụ liên kết gián tiếp 2-bước giữa nút chủ nhóm với nút chủ nhóm hàng xóm. Nút cầu nối trong trường hợp này là nút cầu nối trực tiếp, kết nối hai nút chủ nhóm thông qua liên kết giữa nút cầu nối – nút chủ nhóm và liên kết giữa nút cầu nối – nút chủ nhóm hàng xóm.
2. Nút chủ nhóm lựa chọn nút cầu nối gián tiếp: nút chủ nhóm xây dựng danh sách các nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước từ bảng thông tin nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước. Nút sẽ duyệt danh sách này để lựa chọn ra các nút cầu nối đến các nút chủ nhóm hàng xóm. Dựa vào các trường thông tin chất lượng liên kết giữa nút chủ nhóm-nút hàng xóm, nút sẽ lựa chọn nút hàng xóm thông thường có chất lượng liên kết tốt

nhất để chuyển vai trò sang nút cầu nối. Nút sẽ thông báo trong bản tin điều khiển riêng của nút chủ nhóm thông tin về việc yêu cầu nút hàng xóm chuyển từ vai trò nút thông thường sang vai trò nút cầu nối để phục vụ liên kết gián tiếp 3-bước giữa nút chủ nhóm với nút chủ nhóm hàng xóm. Nút cầu nối trong trường hợp này là nút cầu nối gián tiếp.

3. Nút cầu nối cập nhật vai trò: khi nhận được bản tin điều khiển riêng của nút chủ nhóm yêu cầu chuyển sang vai trò nút cầu nối, nút sẽ chuyển đổi vai trò và cập nhật vào bản tin điều khiển của mình. Nếu nút là nút cầu nối gián tiếp, nút sẽ duyệt bảng thông tin nút chủ nhóm hàng xóm để lựa chọn ra nút hàng xóm có chất lượng liên kết tốt nhất đến nút chủ nhóm hàng xóm mà nút chủ nhóm hiện tại đang yêu cầu.

Ví dụ về các trường hợp nút cầu nối ở phân đoạn 1 và 2 được mô tả trong Hình 7. Tham chiếu Hình 7, nút E 701 là nút cầu nối trực tiếp giữa nút chủ nhóm A 702 và nút chủ nhóm J 702. Tham chiếu Hình 8, các nút E và F 704 là nút cầu nối gián tiếp giữa nút chủ nhóm A 702 và nút chủ nhóm J 702.

Sau công đoạn này, tập các nút chủ nhóm và nút cầu nối sẽ tạo thành tập liên kết ưu thế (CDS) của mạng. Đồng thời, nút chủ nhóm và nút cầu nối chính là các nút gốc được lựa chọn để xây dựng lên đường cơ sở của mạng.

- Bước 3: cập nhật vai trò của các nút khi nút mạng thay đổi trong một mạng MANET đã được thiết lập.

Tại bước này, vai trò của các nút trong một mạng MANET nhiều bước phân cấp được cập nhật theo các công đoạn sau: công đoạn 1: nhận diện thay đổi nút mạng và cập nhật vai trò của nút; công đoạn 2: thông báo thay đổi vai trò đến các nút hàng xóm; công đoạn 3: cập nhật vai trò tại các nút hàng xóm.

- Công đoạn 1: Nhận diện và cập nhật vai trò của nút.

Công đoạn này chỉ được thực hiện tại các nút gốc bao gồm các nút chủ nhóm và nút cầu nối của mạng. Công đoạn này được thực hiện theo chu kỳ phân nhóm và cập nhật phân nhóm T_{interval} . Công đoạn nhận diện và cập nhật vai trò của nút khi cấu trúc mạng thay đổi bao gồm các phân đoạn sau:

1. Kiểm tra năng lượng còn lại tại các nút gốc: nếu nút có năng lượng còn lại nhỏ hơn ngưỡng $E_{\text{threshold}}$, nút sẽ không giữ vai trò là nút gốc nữa. Nút sẽ tiếp tục thực thi các quá trình ở phân đoạn 3.
2. Nhận diện thay đổi nút của mạng: đối với các nút chủ nhóm, nút sẽ coi là nút mạng thay đổi khi nhận được bản tin điều khiển từ nút chủ nhóm khác. Đối với các nút cầu nối, nút sẽ coi là nút mạng thay đổi khi nút mất liên kết trực tiếp đến các nút chủ nhóm hoặc nút cầu nối trên đường cơ sở.
3. Cập nhật vai trò của nút: các nút chuyển sang vai trò nút thông thường và cập nhật thông tin này vào bản tin điều khiển.

- Công đoạn 2: thông báo thay đổi vai trò đến các nút hàng xóm.

Trong công đoạn này, các nút thông báo thay đổi vai trò của mình đến các nút hàng xóm thông qua bản tin điều khiển. Do công đoạn nhận diện và cập nhật vai trò của nút chỉ được thực hiện ở các nút gốc nên chỉ có các nút gốc mới thực hiện thông báo và thay đổi vai trò đến các nút hàng xóm.

- Công đoạn 3: cập nhật vai trò tại các nút hàng xóm.

Các nút khi nhận được thông báo thay đổi vai trò từ các nút hàng xóm của mình, sẽ thực hiện quá trình cập nhật vai trò. Quá trình này là được thực hiện khác nhau đối với các nút có vai trò khác nhau.

Đối với nút chủ nhóm, khi nhận được thông tin thay đổi vai trò từ nút cầu nối, nút sẽ thực thi lại công đoạn 2 tại bước 2, tức công đoạn phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm để lựa chọn lại nút cầu nối đến nút chủ nhóm hàng xóm.

Đối với nút thông thường, khi nhận được thông tin thay đổi vai trò từ nút chủ nhóm của mình, nút sẽ thực hiện lựa chọn nút chủ nhóm có chất lượng liên kết tốt nhất từ bảng thông tin nút chủ nhóm có khả năng gia nhập và thực hiện cập nhật nút chủ nhóm của mình. Nếu không tồn tại nút chủ nhóm có khả năng gia nhập, nút sẽ thực hiện lại công đoạn phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm tại bước 2 để xác định vai trò của mình.

Bước cập nhật vai trò của các nút khi nút mạng thay đổi mô tả ở các công đoạn trên hạn chế được các ảnh hưởng của thay đổi cấu trúc mạng đến tập các nút gốc của mạng, nghĩa là đảm bảo sự ổn định về vai trò của các nút gốc do sự

cập nhật vai trò của các nút chỉ xảy ra đối với những trường hợp thay đổi đặc biệt của nút mạng.

Sáng chế được mô tả chi tiết bằng cách sử dụng các phương án được mô tả ở trên. Tuy nhiên, rõ ràng là đối với người hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sáng chế không bị giới hạn ở phương án được mô tả trong phần mô tả sáng chế. Sáng chế có thể được thực hiện ở chế độ cải biến hoặc thay đổi mà không nằm ngoài phạm vi sáng chế được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ. Vì vậy những gì được mô tả trong phần mô tả sáng chế chỉ nhằm mục đích minh họa, và sẽ không áp đặt bất kỳ giới hạn nào đối với sáng chế.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp bao gồm các bước sau:

bước 1: trao đổi và lưu trữ thông tin nút mạng, bao gồm: thông tin các nút chủ nhóm, hệ số ổn định của nút; các loại nút: nút chủ nhóm, nút cầu nối, nút thông thường và nút chưa gia nhập mạng; tham số đánh giá khả năng đảm nhiệm vai trò nút gốc; trong đó, điểm khác biệt của bước này là xây dựng bản tin trạng thái và bảng thông tin với các trường thông tin đặc trưng như thời gian sống của liên kết hay bảng thông tin nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước, trong đó:

nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước là nút chủ nhóm mà nút hiện tại có thể kết nối thông qua hai nút trung gian; việc xây dựng nút bảng này được thực hiện dựa trên thông tin nút chủ nhóm hàng xóm của bản tin điều khiển; nút chủ nhóm hàng xóm của nút gửi bản tin nếu không nằm trong danh sách ở bảng thông tin nút chủ nhóm và bảng thông tin nút chủ nhóm hàng xóm, sẽ là nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước của nút nhận bản tin; thông tin nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước được cập nhật vào bảng cùng với thông tin về nút hàng xóm trung gian (nút gửi bản tin điều khiển), thông tin chất lượng liên kết và thông tin nhãn thời gian;

bước 2: lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp, thực hiện dựa vào thông tin trao đổi trong bản tin điều khiển giữa các nút; cụ thể: khám phá mạng, xây dựng các bảng thông tin hàng xóm và xác định hệ số ổn định của các nút; phân nhóm và lựa chọn các nút chủ nhóm, các nút sẽ phối hợp với các nút hàng xóm để lựa chọn các nút chủ nhóm; xác định các nút cầu nối giữa các chủ nhóm; trong đó quá trình phân nhóm và lựa chọn nút chủ nhóm được thực hiện như sau:

so sánh hệ số ổn định với các nút hàng xóm và lựa chọn nút có hệ số ổn định cao nhất;

nếu nút có hệ số ổn định cao nhất là nút hiện tại, nút cập nhật vai trò của mình là chủ nhóm và thông báo trong bản tin điều khiển;

nếu nút hàng xóm có hệ số ổn định cao nhất, nút sẽ tiếp tục lắng nghe bản tin;

nếu nút nhận được bản tin điều khiển từ nút chủ nhóm, nút sẽ chuyển sang vai trò là nút thông thường, tham gia và phân nhóm của nút chủ nhóm và phát đi thông tin này trong bản tin điều khiển của nó;

điểm khác biệt ở bước này là các nút gốc được lựa chọn đảm bảo các nút con đều liên kết trực tiếp (1-bước) đến ít nhất một nút gốc, đồng thời các nút chủ nhóm trong số các nút gốc sẽ không có liên kết trực tiếp với nhau;

bước 3: cập nhật vai trò của các nút khi nút mạng thay đổi trong một mạng MANET đã được thiết lập, cụ thể: loại bỏ các nút gốc dư thừa trong mạng khi các nút mạng thay đổi; lựa chọn thêm nút gốc khi nhận diện cấu trúc mạng thay đổi; lựa chọn lại các nút chủ nhóm; việc cập nhật này được xuất phát từ việc thay đổi về mức năng lượng còn lại, thay đổi về kết nối giữa nút cầu nối và các nút chủ nhóm hoặc thay đổi do các nút chủ nhóm lại có liên kết trực tiếp đến nhau; khi nhận diện được thay đổi, nút sẽ cập nhật vai trò của mình và thông báo cho các nút khác trong mạng cũng thực hiện cập nhật vai trò của mình.

2. Phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp theo điểm 1, trong đó việc xác định nút cầu nối giữa các nút chủ nhóm được thực hiện tại các nút chủ nhóm như sau:

nút chủ nhóm xây dựng danh sách các nút chủ nhóm hàng xóm từ bảng thông tin nút chủ nhóm hàng xóm, lựa chọn nút hàng xóm thông thường có khả năng cung cấp liên kết gián tiếp tốt nhất đến nút chủ nhóm hàng xóm, sau đó thông báo trong bản tin điều khiển riêng của nút chủ nhóm thông tin về việc yêu cầu nút hàng xóm chuyển từ vai trò nút thông thường sang vai trò nút cầu nối;

nút chủ nhóm xây dựng danh sách các nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước và duyệt danh sách này để lựa chọn ra các nút cầu nối đến các nút chủ nhóm hàng xóm, dựa vào các trường thông tin chất lượng liên kết giữa nút chủ nhóm-nút

hàng xóm, nút sẽ lựa chọn nút hàng xóm thông thường có chất lượng liên kết tốt nhất;

khi nhận được bản tin điều khiển riêng của nút chủ nhóm yêu cầu chuyển sang vai trò nút cầu nối, nút sẽ chuyển đổi vai trò và cập nhật vào bản tin điều khiển của mình;

như vậy, các nút cầu nối được lựa chọn hoàn toàn dựa vào các bảng thông tin hàng xóm được lưu trữ tại các nút bao gồm bảng thông tin các nút chủ nhóm hàng xóm và bảng thông tin các nút chủ nhóm hàng xóm 2-bước, không sử dụng bất kỳ giao thức định tuyến nào; việc lựa chọn nút cầu nối còn dựa vào cả tiêu chí đảm bảo chất lượng liên kết nhiều bước giữa hai nút chủ nhóm qua nút cầu nối là tốt nhất.

3. Phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp theo một trong số các điểm từ 1 - 2, trong đó:

các nút trong mạng được phân thành hai loại:

các nút gốc; và

các nút thông thường;

trong đó:

các nút gốc có liên kết trực tiếp đến nhau tạo thành đường cơ sở cung cấp đường đi cho gói tin đến tất cả các nút trong mạng;

các nút thông thường phải có liên kết trực tiếp đến ít nhất một nút gốc.

4. Phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp theo một trong số các điểm từ 1 - 3, trong đó bao gồm:

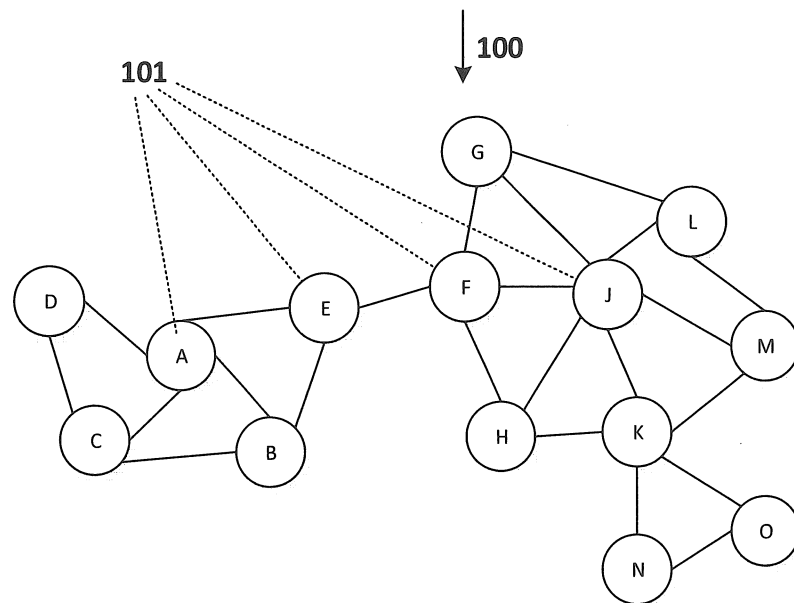
thực hiện quá trình định tuyến của mạng trên tập các nút gốc thay vì trên tập tất cả các nút trong mạng; các nút gốc có vai trò chuyển tiếp gói tin từ nút nguồn đến nút đích, do đó nút nguồn chỉ phát gói tin cho nút gốc gần nhất; nút gốc sẽ định tuyến gói tin đến nút gốc gần nút đích nhất, tại nút gốc này, gói tin được chuyển tiếp cho nút đích; các nút thông thường chỉ nhận mà không chuyển tiếp gói tin nhận được; chỉ có các nút gốc mới phát, xử lý và lưu trữ các thông tin định tuyến, do đặc trưng này.

5. Phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp theo một trong số các điểm từ 1 - 4, trong đó:

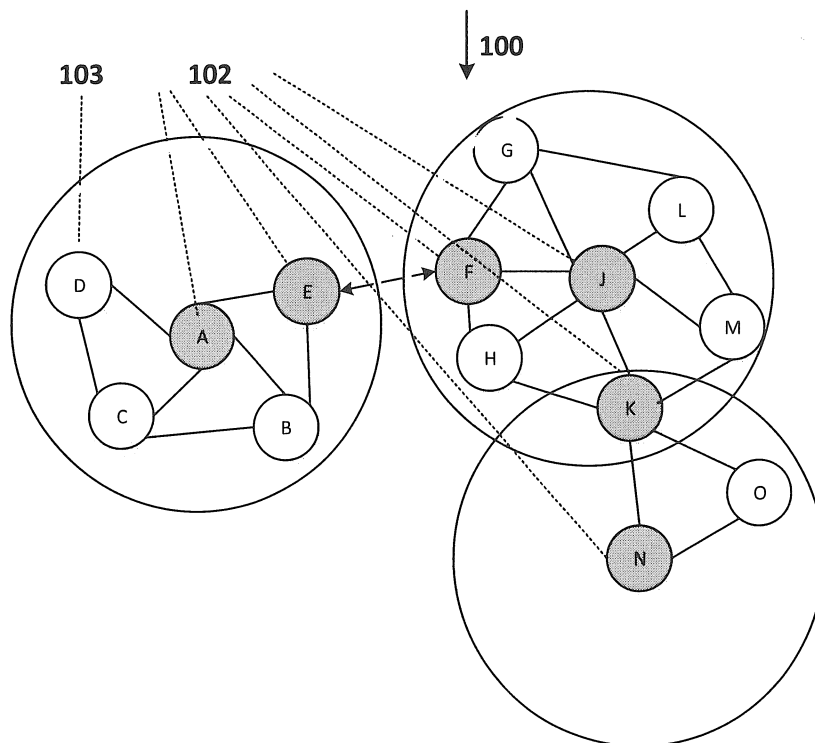
các nút chủ nhóm được lựa chọn dựa trên tương quan hệ số ổn định về kết nối của nó so với các nút hàng xóm.

6. Phương pháp lựa chọn các nút gốc trong mạng ad-hoc di động nhiều bước phân cấp theo một trong số các điểm từ 1 - 5, trong đó:

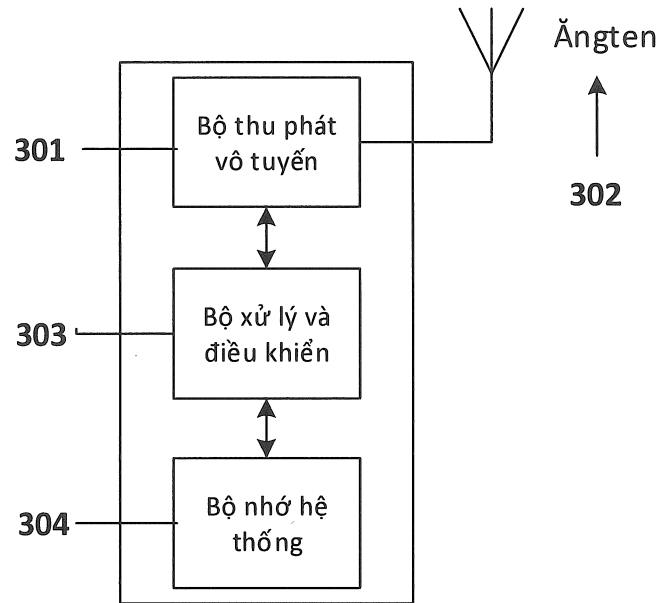
việc xác định hệ số ổn định của các nút chỉ dựa vào thay đổi của thông tin kết nối và chất lượng kết nối theo thời gian; theo đó, hệ số ổn định là lũy kế của số kết nối trực tiếp của nút đến các nút khác trong mạng trong một đơn vị thời gian.



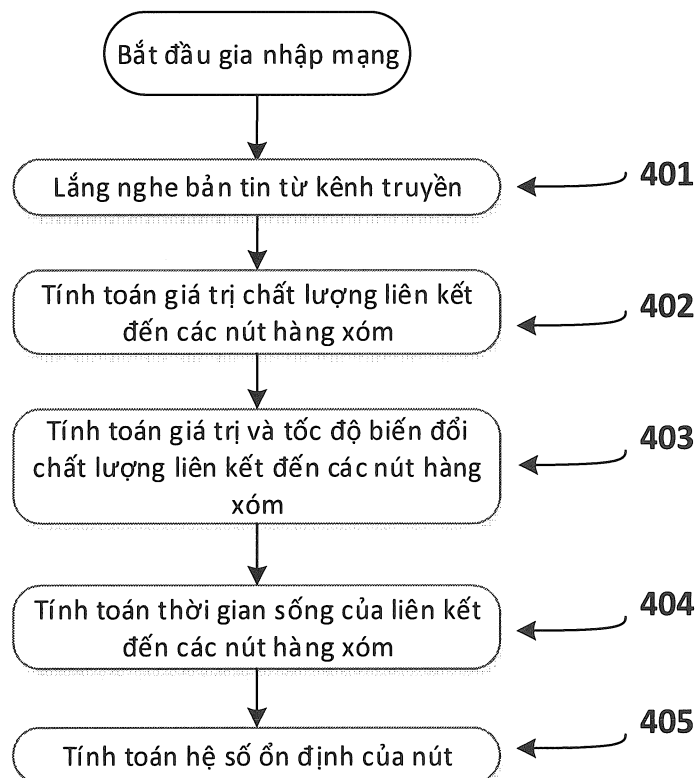
Hình 1



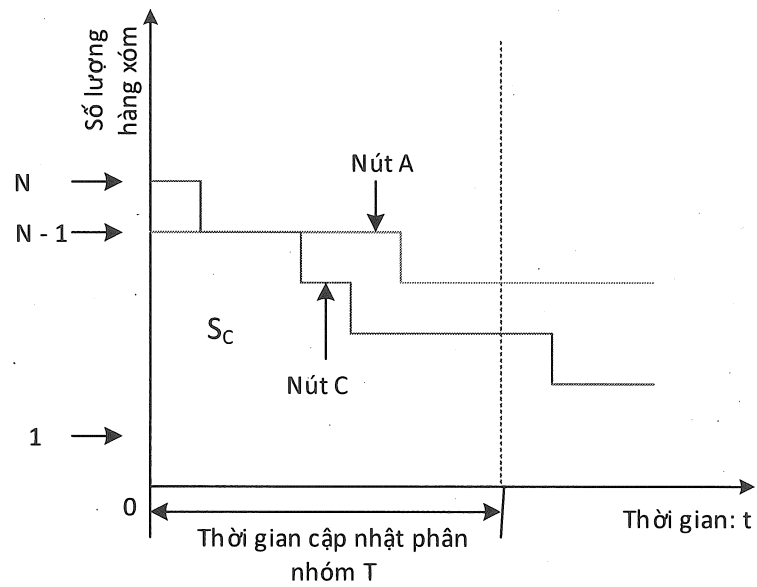
Hình 2



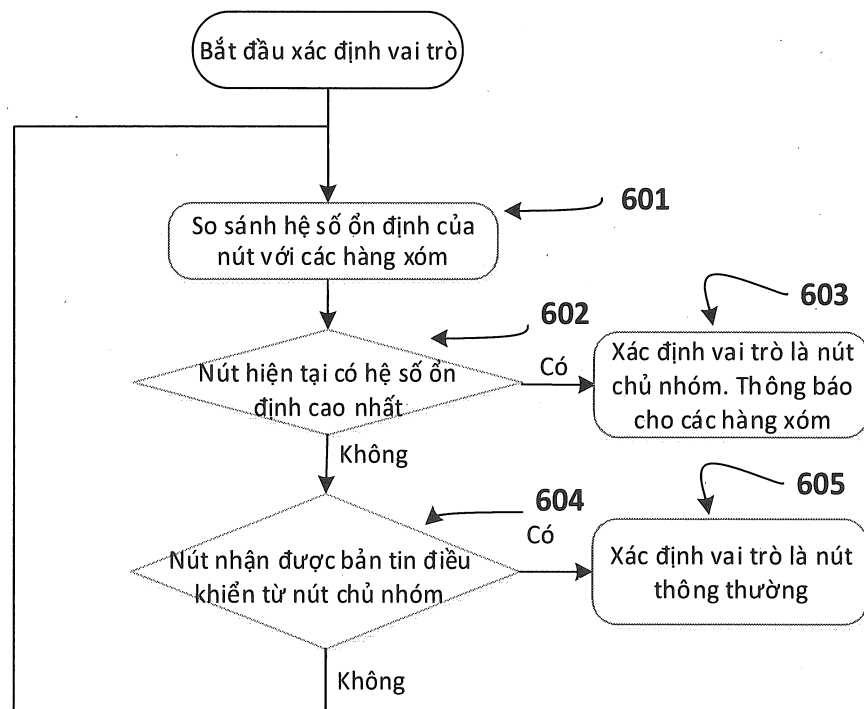
Hình 3



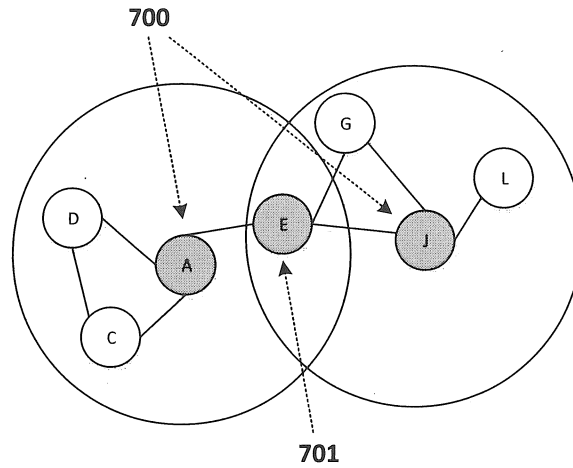
Hình 4



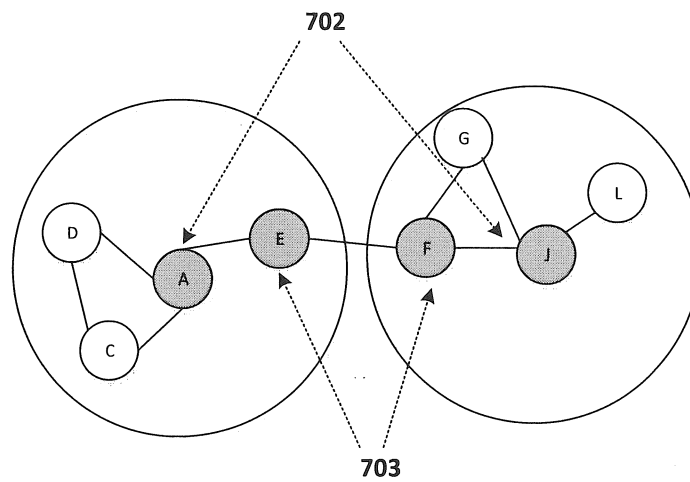
Hình 5



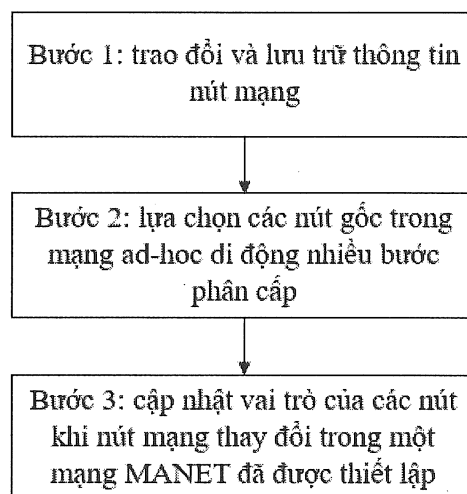
Hình 6



Hình 7



Hình 8



Hình 9