

NHẬN DẠNG VÀ PHÂN LỚP CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI ĐIỀU KHIỂN CHUYỂN VÙNG

Lê Ngọc Hưng¹, Nguyễn Xuân Quỳnh²

¹ Công ty TNHH VKX - Tập đoàn Bưu chính Viễn thông Việt Nam

² Hội đồng chức danh Giáo sư Nhà nước

lnhung@vnx.com.vn

TÓM TẮT: Cùng với sự phát triển của công nghệ Thông tin và Viễn thông, đặc tính di động đã và đang trở thành tính năng cơ bản của các mạng thông tin hiện tại và tương lai. Ngày càng có nhiều hình thức truyền thông mới ra đời như Mạng xã hội, Điện toán đám mây di động, IoT, ... làm đa dạng các loại hình dịch vụ, tăng độ phức tạp và phạm vi hoạt động của mạng, ... Do vậy, các kỹ thuật quản lý di động hiện tại đang gặp nhiều vấn đề trong việc xử lý yêu cầu chuyển vùng, đáp ứng nhu cầu sử dụng dịch vụ và di chuyển của người dùng với QoS đảm bảo. Vấn đề đặt ra là phải xây dựng phương án lựa chọn hệ thống chuyển vùng tối ưu, vừa nâng cao hiệu suất sử dụng tài nguyên mạng, tái hệ thống không tăng và vẫn đảm bảo chất lượng dịch vụ cam kết. Bài báo đề xuất việc ứng dụng logic mờ để phân lớp và nhận dạng các yếu tố ảnh hưởng tới yêu cầu chuyển vùng, làm cơ sở ra quyết định lựa chọn hệ thống phù hợp nhất.

Từ khóa: Phân lớp, Logic mờ, Chuyển vùng, Nhận dạng.

I. GIỚI THIỆU

Điều khiển chuyển vùng là kỹ thuật cung cấp khả năng cho các đối tượng di động trao đổi thông tin và truy cập dịch vụ mọi lúc, mọi nơi. Thời gian đầu chỉ được áp dụng cho hệ thống thông tin di động tế bào (Cellular), sau đó nó không ngừng được phát triển để ứng dụng cho các mạng khác như Internet, Mobile Internet, Ubiquitous, ICN (Information Centric Network), ... và mạng tương lai [15].

Ngày nay các thiết bị và ứng dụng di động phát triển mạnh mẽ, kéo theo nhu cầu sử dụng dịch vụ di động tăng cao. Theo dự báo [13] [14], năm 2015 số lượng đầu cuối di động (Mobile Terminal - MT) vượt đầu cuối cố định (Fixed Terminal - FT), năm 2016 lưu lượng của MT vượt lưu lượng của FT. Từ thực tế này, các ứng dụng di động như mạng xã hội, điện toán đám mây, IoT, ... mở ra mô hình kiến trúc hạ tầng mạng mới, đối tượng mới bao gồm đầu cuối, dịch vụ, mạng, nội dung, tính toán, mã hóa... tất cả đều di động [16].

Trong nhiều năm qua, các kỹ thuật xử lý ISHO (Inter System Handoff - Chuyển vùng liên mạng) phức tạp đã được nghiên cứu phát triển và triển khai để quản lý việc đăng ký, xác thực, di chuyển, ... của MT. Tuy nhiên các kỹ thuật này mới chỉ áp dụng trong các mạng có công nghệ tương tự. Do vậy, việc đáp ứng được các viễn cảnh nêu trên là vấn đề còn nan giải, cần giải quyết [15] [5]:

- Nhiều ứng dụng và mô hình truyền tin xuất hiện làm cho hạ tầng mạng thêm phức tạp, đa dạng, và có quan hệ với nhau. Nhiều giải pháp quản lý di động hiện có đều ứng dụng cho các hệ thống (mạng) cụ thể, chưa đáp ứng được yêu cầu dự phòng và khả năng xử lý cho mạng hỗn hợp phức tạp;
- Đang tồn tại nhiều mạng truy nhập vô tuyến có công nghệ khác nhau;
- Nhiều loại dịch vụ khác nhau và không linh hoạt;
- Nhiều kỹ thuật ISHO đã được triển khai;
- Thiếu cơ chế thích hợp để giải quyết các khác biệt giữa các hệ thống thông tin nêu trên.

Bài báo này đề xuất việc ứng dụng logic mờ trong phân lớp và nhận dạng các yếu tố liên quan để xử lý chuyển vùng. Việc phân lớp dựa trên khái niệm tập đóng trong một không gian đặc trưng đại diện cho cùng loại đối tượng. Các nhóm đối tượng khác nhau có thể thuộc các vùng khác nhau trong không gian đặc trưng. Giả sử mỗi một đối tượng tương ứng với một MT (Mobile Terminal - Thuê bao di động), mỗi vùng có một số cell, thì quá trình phân lớp tương đương với việc lựa chọn cell có khả năng cung cấp dịch vụ tốt nhất cho MT. Một vài thuật toán phân lớp quy định các vùng trong không gian đặc trưng không chồng lấn lên nhau [10]. Do vậy, một MT chỉ thuộc một lớp (cell). Tuy nhiên, việc phân lớp này không phù hợp với hệ thống thông tin di động [1], bởi vì việc chồng lấn làm tăng vùng phủ sóng và quá trình chuyển vùng dễ dàng hơn. Tuy nhiên việc giao thoa sóng quá nhiều sẽ làm tăng xác suất rớt kết nối. Thuật toán nhận dạng trình bày ở đây thực hiện gắn Véc tơ quan hệ giữa MT và Cell tham gia vào quá trình chuyển vùng.

II. SƠ LƯỢC VỀ LÝ THUYẾT TẬP MỜ

Trong tập mờ, quan hệ giữa một phần tử đối với tập mờ được xác định thông qua hàm định trước. Giá trị hàm thuộc biểu hiện mức độ quan hệ của đối tượng đối với đặc tính của tập định trước. Do vậy một phần tử không nhất thiết phải hoàn toàn thuộc một tập, mà có thể từng phần thuộc các tập khác nhau. Các thuật toán nhận dạng thường dùng để xác định mối quan hệ giữa thuê bao di động và các cell liên quan, làm cơ sở ra quyết định chuyển vùng. Hàm thuộc được xác định thông qua các Véc tơ đặc trưng, các véc tơ này chính là dữ liệu đầu vào.

Cho tập Vũ trụ F (Véc tơ), tập rõ (crisp) F_k xác định theo hàm $U_{i[k]}: F \rightarrow \{0,1\}$, với $U_{i[k]} = 0$ hoặc 1 . Trong khi đó tập mờ (fuzzy) F_k xác định theo hàm thuộc $U_{i[k]}: F \rightarrow [0,1]$, với $U_{i[k]}$ có thể là một giá trị nào đó trong khoảng $[0,1]$.

Hầu hết các phép toán trên tập mờ (như Hợp, Giao, Phủ định) được thực hiện giống như trong lý thuyết mờ [7].

Mô hình mờ có tính linh hoạt cao để giải quyết các vấn đề có dữ liệu gần đúng cho các quá trình thời gian thực. Đối với các bài toán tối ưu có số liệu đầu vào không rõ ràng như bài toán điều khiển chuyển vùng trong mạng di động, việc ứng dụng lý thuyết mờ để giải quyết có rất nhiều ưu điểm. Đối với các vấn đề Nhập nhằng, nếu sử dụng kỹ thuật tập rõ để giải quyết sẽ chỉ đưa ra một kết quả mà độ chân thực không đảm bảo, trong khi kỹ thuật tập mờ sẽ cho nhiều kết quả với mức độ chính xác khác nhau, tăng khả năng lựa chọn ra quyết định cho nhiều bài toán. Như vậy, mặc dù lơ gic mờ giải quyết các thông tin không chính xác nhưng nó vẫn dựa trên cơ sở toán học định lượng [7].

Hệ thống nhận dạng mờ gán véc tơ thành phần U_i cho mỗi phần tử F_i . Véc tơ thành phần được biểu diễn như sau:

$$U_i = [U_{i[1]}, U_{i[2]}, \dots, U_{i[k]}, \dots, U_{i[c-1]}, U_{i[c]}] \tag{1}$$

$U_{i[k]}$ biểu diễn quan hệ của phần tử F_i với lớp hoặc vùng [4], [7]. Đối với các ứng dụng hiện tại, các giá trị thành phần có thể được sử dụng để gán một phần tử (thuê bao di động - MT) tới một vùng (Trạm phát - BTS), các thuê bao ở biên trạm phát có giá trị thành phần thấp hơn các thuê bao ở trung tâm.

III. CÁC THUẬT TOÁN CHUYỂN VÙNG

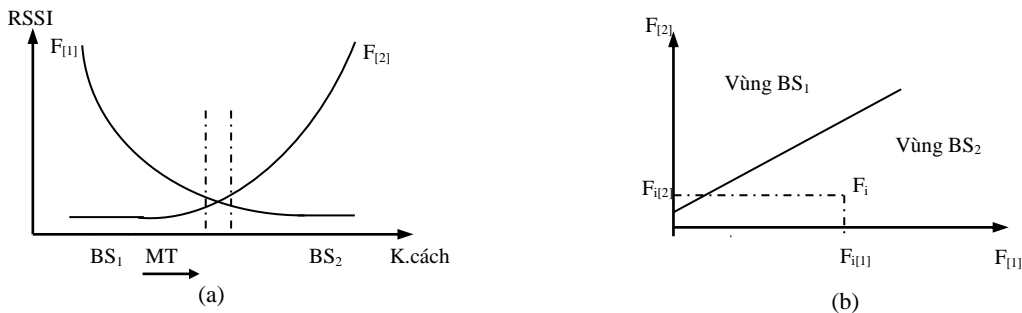
A. Định nghĩa

Nếu quyết định chuyển vùng chỉ dựa trên cường độ tín hiệu thu được (Received Signal Strength Intensity - RSSI), thì trường hợp tín hiệu của trạm phát hiện tại hoặc lân cận yếu sẽ gây ra tình trạng chuyển vùng không cần thiết. Trong nhiều trường hợp, rất khó xác định vị trí chính xác của thuê bao, vì vậy thông qua kỹ thuật nhận dạng phân tích giá trị cường độ tín hiệu thu được góp phần làm giảm những quyết định chuyển vùng không chính xác (tăng tính tối ưu).

Mỗi MT đại diện bởi một véc tơ đặc trưng $F_i = [F_{i[1]}, F_{i[2]}, \dots, F_{i[k]}, \dots, F_{i[c-1]}, F_{i[c]}]$ thuộc vùng trong không gian c chiều [4], [6]. Mỗi véc tơ thành phần $F_{i[k]}$ biểu diễn cường độ tín hiệu thu được từ trạm BTS thứ k của MT thứ i , do vậy c biểu diễn số trạm BTS có thể cung cấp dịch vụ (sóng) cho MT_{*i*}.

Quá trình chuyển vùng tương đương với việc xác định vị trí của véc tơ đặc trưng trong miền định trước, điều này có thể thực hiện thông qua véc tơ thành phần gán cho MT thứ i . MT được gán cho trạm phát thứ k nếu quan hệ thành phần của nó với cell k lớn hơn so với các cell khác, nghĩa là:

$$U_{i[k]} = \max U_{i[j]}, \text{ trong đó } j = 1, 2, 3, \dots, c \tag{2}$$



Hình 1. Mô hình Handoff sử dụng Lý thuyết mờ

Ví dụ, xét trường hợp có hai trạm phát BS_1 và BS_2 như Hình 1a. MT_{*i*} di chuyển từ trạm BS_1 sang trạm BS_2 , nhận được cường độ tín hiệu:

$$F_{[i]} = [F_{i[1]}, F_{i[2]}] \tag{3}$$

trong đó $F_{i[1]}$ của BS_1 và $F_{i[2]}$ của BS_2 . Theo hướng di chuyển của MT_{*i*}, thì $F_{i[1]}$ giảm dần còn $F_{i[2]}$ tăng dần.

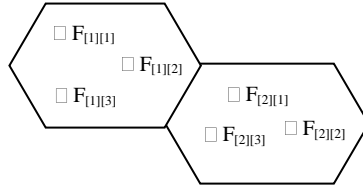
Véc tơ hai chiều $F_{[i]}$ biểu diễn cường độ tín hiệu thu được (hình 1b) từ hai vùng dịch vụ do BS_1 và BS_2 cung cấp.

B. Thuật toán phân lớp Fuzzy

Các thuật toán phân lớp hỗ trợ ra quyết định ứng dụng lý thuyết mờ thường dựa trên cơ chế thu nạp thông tin trước (learning), nghĩa là các điều kiện đầu vào, ngưỡng ra quyết định đều không cố định, mà thay đổi và điều chỉnh theo số liệu thống kê và sai số cho phép của các thông số liên quan tới quyết định chuyển vùng như RSSI, BER, Khoảng cách, SLA,.... Để tăng hiệu suất mạng và giảm chi phí chuyển vùng không cần thiết, nhất là đối với mạng di động băng rộng hỗn hợp, thì áp dụng cơ chế learning ra quyết định chuyển vùng dựa trên tri thức động đang được quan tâm rộng rãi. Trước hết, cung cấp tập véc tơ training $F_{k(m)}$ phân bố trên miền dịch vụ của hệ thống. Các véc tơ c chiều là đại diện cho các MT trong mỗi cell. Như vậy, mỗi véc tơ $F_{k(m)}$ sẽ được biểu diễn bởi:

$$F_{k(m)}=[F_{k(m)[1]}, F_{k(m)[2]}, F_{k(m)[3]}, \dots, F_{k(m)[c]}] \tag{4}$$

Phần tử thứ n $F_{k(m)[n]}$ của véc tơ training thứ m tương ứng với RSSI thu được từ trạm BTS n , đo được tại vị trí m của cell k . Giá trị khởi đầu của số lượng véc tơ training tại cell k là t_k . Hình 2 minh hoạ 3 véc tơ training được phân bố đều trên 2 cell, nghĩa là $t_1 = t_2 = 3$.



Hình 2. Vùng dịch vụ của 2 cell mỗi cell 3 véc tơ training

Ta xem như $F_{k(m)[n]}$ là các phần tử ngẫu nhiên, dung sai là $\sigma_{k[n]}^2$ và trị trung bình là $\overline{F_{k[n]}}$, trong đó:

$$\overline{F_{k[n]}} = \frac{1}{t_k} \sum_{m=1}^{t_k} F_{k(m)[n]} \tag{5}$$

$$\text{Và } \sigma_{k[n]}^2 = \frac{1}{t_k} \sum_{m=1}^{t_k} (F_{k(m)[n]})^2 - \overline{F_{k[n]}}^2 \tag{6}$$

Thuật toán trình bày ở đây có thể biểu diễn ở 2 dạng “Thích ứng - ADT” và “Không thích ứng - NADT” tùy thuộc vào véc tơ training có được cập nhật hay không cập nhật.

Ở dạng Thích ứng, nếu có một mẫu mới F_i thuộc lớp k nêu trên thì ta cập nhật thông tin tương ứng với lớp này [1]. Công thức sau dùng để cập nhật các thành phần của véc tơ trung bình [1]:

$$\overline{F_{k[n]}} = \frac{t_k}{t_k + 1} \overline{F_{k[n]}} + \frac{1}{t_k + 1} F_{i[n]} \tag{7}$$

Bổ sung biến phụ $C_{k[n]}$ để cập nhật thành phần $\sigma_{k[n]}^2$ của dung sai σ_k^2 . $C_{k[n]}$ được xác định theo công thức sau:

$$C_{k[n]} = \sum_{m=1}^{t_k} (F_{k(m)[n]})^2 \tag{8}$$

Mỗi khi một MT được chuyển sang sử dụng dịch vụ ở BS mới, $C_{k[n]}$ sẽ được cập nhật bởi:

$$C_{k[n]} = C_{k[n]} + (F_{i[n]})^2 \tag{9}$$

Thay 8 vào 6 ta có giá trị mới của dung sai sẽ là:

$$\sigma_{k[n]}^2 = \frac{1}{t_k + 1} C_{k[n]} - \overline{F_{k[n]}}^2 \tag{10}$$

F_i có thể xem như là véc tơ mẫu thuộc cell k , nghĩa là mỗi khi một MT đi vào vùng dịch vụ của cell k thì:

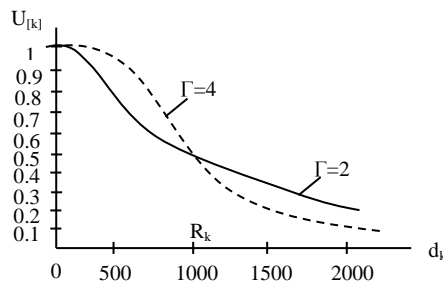
$$t_k = t_{k+1} \tag{11}$$

C. Phân lớp dựa trên khoảng cách

Ở phương pháp này, hàm thuộc $U_{i[k]}$ của MT do F_i đại diện, có thể biểu diễn như sau:

$$U_{i[k]} = [1 + (d_{ik} / \xi)^\Gamma]^{-1} \tag{12}$$

Ở đây d_{ik} biểu diễn khoảng cách từ véc tơ F_i tới véc tơ đại diện của Cell k là \hat{F}_k .



Hình 3. Hàm thuộc của BTS thứ k xác định theo khoảng cách vật lý

Đồ thị hàm thuộc tính theo (12) tùy thuộc vào các hằng số (lớn hơn 1) là ξ và Γ . Hình 3 chỉ ra đồ thị hàm thuộc với d_{ik} là khoảng cách giữa MT và BTS [2]. Ở đây, ξ chính là bán kính vùng phủ sóng.

Các tham số cường độ tín hiệu RSSI và khoảng cách vật lý d thường được sử dụng trong quá trình ra quyết định chuyển vùng, tuy nhiên RSSI dễ đo lường hơn việc xác định d . Khoảng cách d_{ik} được xác định theo công thức sau:

$$d_{ik} = \left[\sum_{n=1}^c \frac{1}{S_{k[n]}} (F_{i[n]} - \hat{F}_{k[n]})^2 \right]^{0.5} \tag{13}$$

\hat{F}_k (Véc tơ đại diện cho cell k) có thể bằng \overline{F}_k hoặc V_k (Véc tơ trung tâm của cell k). $V_k = [V_{k[1]}, V_{k[2]}, \dots, V_{k[j]}, \dots]$, trong đó $V_{k[j]}$ là cường độ tín hiệu thu được từ cell k .

D. Phân lớp theo Véc tơ đồng dạng

Ở phương pháp này, véc tơ training thành viên $U_{k(m)}$ và véc tơ đặc trưng U_i của MT thứ i tính theo các công thức (12) và (13) được dùng để xác định véc tơ đồng dạng có dạng như sau:

$$Si_{k(m)} = [Si_{k(m)[1]}, Si_{k(m)[2]}, \dots, Si_{k(m)[k]}, \dots, Si_{k(m)[c-1]}, Si_{k(m)[c]}] \tag{14}$$

Các thành phần xác định theo [10] như sau:

$$Si_{k(m)k} = \left[1 + \frac{1}{\sigma_k} \left| 1 - \frac{U_{i[k]}}{U_{k[k]}} \right| \right]^{-2\beta} \tag{15}$$

Ở đây, $Si_{k(m)[n]}$ biểu thị mức độ đồng dạng của $F_{i[n]}$ với phần tử thứ n của mẫu thứ m trong cell k , còn β là số nguyên dương tùy ý. Theo (13) việc phân lớp dựa trên sự đồng dạng với véc tơ trung bình nếu $\hat{F}_k = \overline{F}_k$, và dựa trên véc tơ trung tâm nếu $\hat{F}_k = V_k$.

Giá trị trung bình của (15) theo m là:

$$Si_{k[k]} = \frac{1}{M_k} \sum_{m=1}^{M_k} Si_{k(m)k} \tag{16}$$

M_k là tổng số véc tơ mẫu của Cell k . Véc tơ Si_k xác định như sau:

$$Si_k = [Si_{k[1]}, Si_{k[2]}, \dots, Si_{k[c]}] \tag{17}$$

Véc tơ F_i thuộc cell thứ k nếu như:

$$|Si_k| = \max_j |Si_j| \quad j = 1, 2, \dots, c \tag{18}$$

E. Phép đo khoảng cách

Ở kỹ thuật nhận dạng dựa trên khoảng cách, các phép đo Euclid được dùng để ước lượng tính đồng dạng giữa mẫu và không gian đặc trưng. Mỗi phần tử véc tơ số liệu biểu diễn đặc tính của mẫu và có thể có các đơn vị vật lý để phân biệt với các phần tử khác [8].

Thông thường, các mẫu cùng lớp có tính đồng dạng cao hơn so với mẫu khác lớp. Tính đồng dạng giữa các véc tơ đặc trưng có thể xem là phép đo khoảng cách: $d: R^n \times R^n \rightarrow [0, \infty)$. Do vậy, các mẫu đồng được xem là các mẫu đồng dạng. Khoảng cách $d(F_i, F_j)$ cần đáp ứng các đặc tính sau [1]:

- i) $d(F_i, F_j) = 0$
- ii) $d(F_i, F_j) = d(F_j, F_i)$
- iii) $d(F_i, F_j) < d(F_i, F_k) + d(F_k, F_j)$

Dạng chung của khoảng cách $d()$ là phép đo l^p như sau:

$$l^p(F_i, F_j) = \left(\sum_{n=1}^c |F_{i[n]} - F_{j[n]}|^p \right)^{1/p}, p=1 \tag{19}$$

Khi $p=2$ thì phép đo sẽ là khoảng cách oclit.

Một phép đo khoảng cách khác là Mahanalobis [1].

$$d(F_i, F_j) = (F_i - F_j) A_k^{-1} (F_i - F_j)^T \tag{20}$$

A_k là ma trận nguyên dương, xác định như sau:

$$A_k = E \left[\left(\overline{F}_i - \overline{F}_k \right) \left(\overline{F}_i - \overline{F}_k \right)^T \right] \tag{21}$$

\overline{F}_k là véc tơ trung bình của lớp k . Khoảng cách tính theo (20) liên quan với Log tự nhiên của hàm mật độ (pdf) Gaussian n chiều.

$$p(\overline{F}_i) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} \sqrt{\det A_k}} \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\overline{F}_i - \overline{F}_k \right)^T A_k^{-1} \left(\overline{F}_i - \overline{F}_k \right) \right) \tag{22}$$

Phép đo khoảng cách này rất tiện lợi trong việc phân lớp các mẫu có phân phối Gaussian [2].

IV. CÁC KẾT QUẢ SỐ

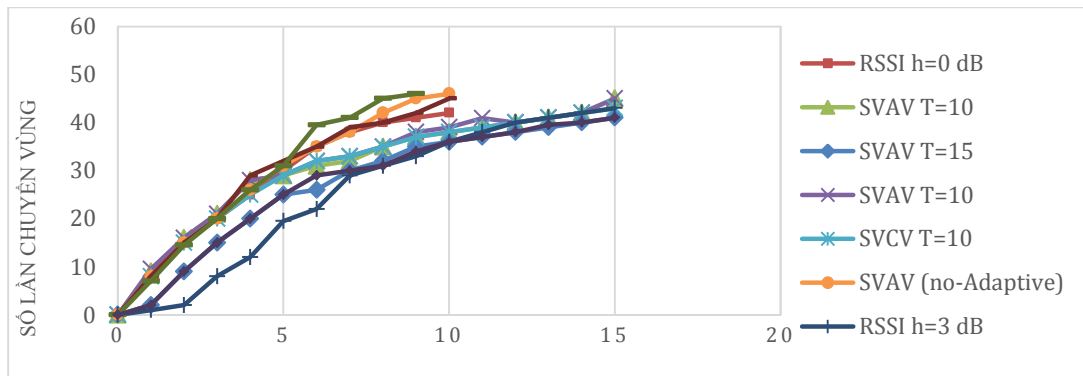
Chọn mô hình truyền tín hiệu radio Log-Normal để mô phỏng, cường độ tín hiệu từ trạm k được xác định [9][3]:

$$F_k = K_1 - K_2 \log(\tau) + \partial \tag{23}$$

- τ - Khoảng cách từ MT tới trạm phát thứ k ;
- K_1 và K_2 - Hằng số môi trường truyền tín hiệu;
- ∂ - Biến ngẫu nhiên biểu diễn Fading.

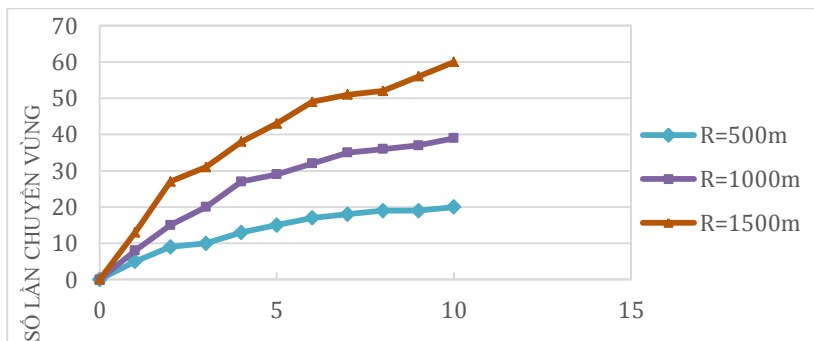
Giá trị K_1 và K_2 đối với Micro Cell trong môi trường thành thị là 120 và 35 [9][10]. Mô hình này dễ dàng nội suy ra mô hình với kích thước cell khác nhau bằng cách thay đổi giá trị K_1 và K_2 và sai số (ϵ) của ∂ . Hiệu suất của thuật toán dựa trên sai số (ϵ), trong khoảng 0 - 10dB. Giả định, số trạm phát là 3 với bán kính phủ sóng là 0,5 KM, 1 KM và 1,5 KM, cường độ tín hiệu ở biên của Cell là 15dB.

Việc đánh giá thuật toán được thực hiện ngẫu nhiên cho 1000 kết nối. Bảng thông của kết nối là tham số ngẫu nhiên để mô phỏng các cuộc gọi với thời gian gọi khác nhau. Số lần chuyển vùng dựa trên thuật toán phân lớp mờ sẽ được so sánh với phương pháp dựa trên RSSI sử dụng mức trễ h [11].



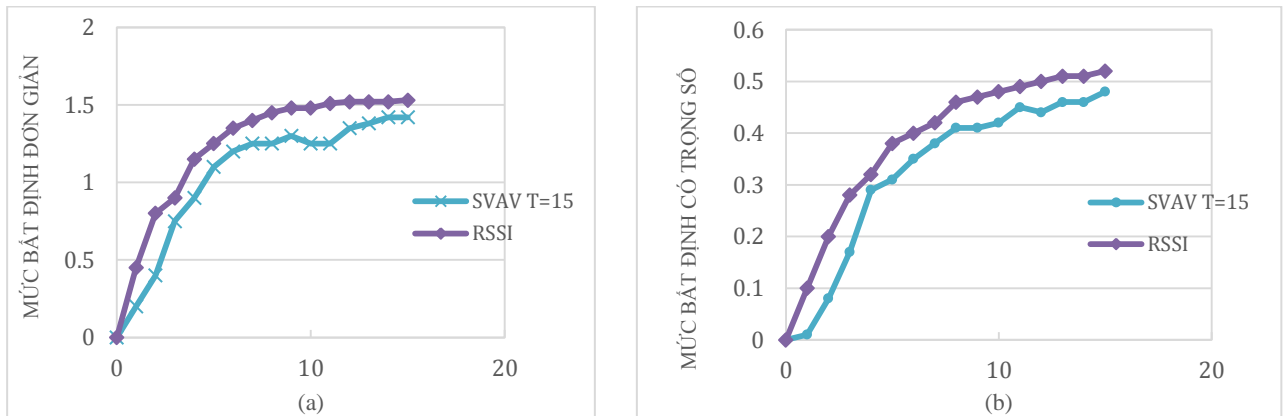
Hình 4. Số lần chuyển vùng trung bình ứng với các điều kiện khác nhau

Hình 4 chỉ ra số lần chuyển vùng trung bình của MT theo phương pháp ADT với mức ngưỡng là 10 và 15dB. Khi sử dụng thuật toán SVAV và SVCV thì kết quả tốt nhất đạt được khi đặt $T = 15$.



Hình 5. Số lần chuyển vùng trung bình khi sử dụng SVAV với $T=10$

Hình 5 chỉ ra số lần chuyển vùng trung bình của MT đối với hệ thống có bán kính phủ sóng là 0,5 KM, 1 KM và 1,5 KM sử dụng thuật toán ADT SVAV với $T = 15$. Chúng ta thấy bán kính Cell càng bé thì số lần chuyển vùng càng ít.



Hình 6. Thuật toán RSSI và SVAV đối với (a) Bất định đơn giản, và (b) Bất định có trọng số

Hình 6 chỉ ra tính bất định đơn giản và có trọng số khi sử dụng thuật toán phân lớp đồng dạng theo Véc tơ trung bình SVAV ($T = 15$) và thuật toán dựa trên cường độ tín hiệu RSSI với $h = 3\text{dB}$. Kết quả mô phỏng cho thấy, thuật toán SVAV cho kết quả tốt hơn RSSI trong cả hai hướng tiếp cận của phép đo bất định.

V. KẾT LUẬN

Bài báo đề xuất việc ứng dụng logic mờ để phân lớp và nhận dạng các yếu tố liên quan làm cơ sở ra quyết định chuyển vùng. Kết quả mô phỏng cho thấy số lần chuyển vùng khi sử dụng phương pháp này ít hơn so với phương pháp truyền thống RSSI. Điều này làm tăng hiệu suất khai thác tài nguyên mạng và đảm bảo QoS. Ngoài ra, phương pháp này giữ cho hình dạng và bán kính cell không thay đổi nhiều so với thiết kế, giảm thiểu sự giao thoa sóng giữa các cell với nhau, nhiễu đồng kênh và nhiễu giữa các cell liền kề giảm khi lưu lượng tăng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] B.Kosko, "Digital Signal Processing and Neural Networks", Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1991.
- [2] D. Munoz and K.W. Cattermole, "Hand off procedure for fuzzy delined radio cells," in Proc. IEEE 37th VTC, 1987, pp. 38-42.
- [3] G.L. Stuber "Propagation Modeling", Principles of Mobile Communication, , 2012.
- [4] H. Maturino, "Pattern recognition techniques in handoff and service area determination," master's thesis, Instituto Tecnologico y de Estudios superiores de Monterrey, Mexico, 1993.
- [5] ITU, "Technical report on NNI mobility management requirement", Dec. 2004.
- [6] J. C. Bezdeck and S. K. Pal, "Computing with uncertainty," IEEE Commun. Mag., Sept. 1992.
- [7] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," Inform. Control, vol. 8, pp. 338-352, 1965.
- [8] S. Banks, "Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition", Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1990, pp. 262-254.
- [9] S Chakraborty, S Sen, "Quantative analysis on Log-Normal Indoor Propagation Model for WLAN", International Journal of Computer science and Technology, Vol.5, Issue 1, Mar. 2014
- [10] S. K. Pal, D. K. Dutta, "Fuzzy Mathematical Approach to Pattern Recognition", New York: Wiley, 1986.
- [11] K. J. Bye, "Handover criteria and control in cellular and microcellular systems," in Proc. 5th Int. Conf. Mobile, Radio and Personal communications, U.K., Dec. 1989, pp. 94-98.
- [12] J Madaan, I Kashyap, "Vertical Hoandoff with Predictive Received Signal Strength in Next Generation Wireless Network", Comuter network and Information security, 2016, pp. 27-38.
- [13] D. Raychaudhuri, K. Nagaraja, and A. Venkataramani, "MobilityFirst: A Robust and Trustworthy Mobility-Centric Architecture for the Future Internet," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, vol. 16, no. 3, July 2012. pp. 2-13.
- [14] "Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2012-2017," http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360.pdf.
- [15] Shanzhi Chen, Yan Shi, Bo Hu, and Ming Ai, "Mobility-Driven Networks (MDN):From Evolution to Visions of Mobility Management", IEEE, Aug. 2014.
- [16] Z. Sanaei et al., "Heterogeneity in Mobile Cloud Computing: Taxonomy and Open Challenges," IEEE Commun. Surveys & Tutorials, vol. 16, no. 1, 2014, pp. 369-92.

IDENTIFY AND CLASSIFY FACTORS IMPACTING HAND-OVER MANAGEMENT

Ngoc Hung Le, Xuan Quynh Nguyen

ABSTRACT: *Along with the development of information and communication technologies, mobility has become a key feature of current and future information networks. New forms of media such as social network, mobile cloud computing, IoT, etc., are becoming more available, diversifying the types of service, increasing the complexity and covering of the network. This has led to current mobility management techniques facing problems with hand-over management to meet user's demand and mobility with guaranteed QoS. The issue is to propose a solution for optimal system selection, while improving the efficiency of using network resources, loading the system does not increase and still ensure the quality of service commitment. The paper proposes the application of fuzzy logic to classify and identify the factors that affect the hand-over requirement as the basis for decision making on selection of the most appropriate system.*

Keyword: *Classifying, Fuzzy Logic, Hand-over, Pattern recognizing.*