

# QUYẾT ĐỊNH CHUYỂN GIAO DỰA TRÊN NHIỀU THUỘC TÍNH TRONG MẠNG KHÔNG DÂY KHÔNG THUẦN NHẤT

Đỗ Phương Nhung<sup>1</sup>, Trần Đình Quế<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật viễn thông, Trường Cao đẳng Điện tử - Điện lạnh Hà Nội

<sup>2</sup>Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày việc sử dụng phương pháp đưa ra quyết định chuyển giao dựa trên nhiều thuộc tính để phân tích và đánh giá kết quả lựa chọn mạng tối ưu cho quá trình quyết định chuyển giao trong mạng không dây không thuần nhất. Bài báo đã kết hợp phương pháp mờ FAHP để xác định bộ trọng số cho các tiêu chí và phương pháp TOPSIS để đưa ra quyết định lựa chọn mạng. Mô hình có sử dụng hiệu quả năng lượng để so sánh với các mô hình khác chỉ dựa trên các tiêu chí cơ bản về QoS, bảo mật và chi phí trong quyết định chuyển giao. Kết quả tính toán đã chỉ ra rằng với cùng một bộ tham số, khi xem xét thêm tiêu chí tiết kiệm năng lượng sẽ cho kết quả chọn mạng truy nhập tốt hơn.

**Từ khóa:** quyết định chuyển giao, mạng không dây không thuần nhất, QoS, tiết kiệm năng lượng.

## I. MỞ ĐẦU

Các mạng không dây hiện tại rất đa dạng và phong phú với nhiều chuẩn cũng như kiến trúc mạng khác nhau [1-9]. Khái niệm mạng không dây không thuần nhất xuất hiện và ngày càng có ảnh hưởng mạnh mẽ trong môi trường các hệ thống thông tin di động thế hệ mới. Mạng không dây không thuần nhất được hiểu là hệ thống mạng gồm nhiều kiến trúc, nhiều giải pháp truyền dẫn, công suất và dung lượng của các trạm cơ sở khác nhau, ví dụ như UMTS, WLAN, WIFI... Như vậy, các mạng này sử dụng các công nghệ truy cập vô tuyến (RAN: Random Access Network) khác nhau nhằm mục đích cải thiện các trải nghiệm, yêu cầu của người dùng, giảm tắc nghẽn trong các mạng truy nhập

vô tuyến và mạng lõi. Ví dụ, một cấu trúc mạng không thuần nhất tiên tiến [1] như 5G, 6G... có kiến trúc mạng như Hình 1.

Điều đặc biệt quan trọng trong mạng không dây không thuần nhất là sử dụng chung một nền tảng cơ sở là giao thức IP nên tạo ra được các định tuyến IP thông minh và hiệu quả cân bằng tải cao hơn. Hơn nữa, không giới hạn trong việc tập hợp tài nguyên vô tuyến trong các mạng khác nhau, nó còn hiệu quả trong việc đỡ tải, chọn tải hoặc là sử dụng số lượng lớn các chuyển mạch gói giữa các nút. Thông thường, các giao diện vô tuyến khác nhau được hội tụ để sử dụng các loại thiết bị người dùng và mạng truy nhập vô tuyến (RAN) khác nhau. Điều này dẫn đến các khuôn dạng là đa vô tuyến và việc quản lý các chuyển giao là rất phức tạp. Nhiều vấn đề lớn trong mạng này ngày nay vẫn chưa được giải quyết triệt để như: Xác định công suất lý thuyết của mạng, khả năng tương tác của các công nghệ, quyết định chuyển giao, tính di động, chất lượng dịch vụ (QoS) và chất lượng trải nghiệm (QoE), sự giao thoa giữa các công nghệ truy cập vô tuyến...



Hình 1. Kiến trúc mạng 5G

Tác giả liên hệ: Đỗ Phương Nhung  
email: dophuongnhung@gmail.com

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

Quá trình chuyển giao trong mạng không tuân nhất thường được chia làm ba pha sau đây:

- Tìm mạng (Network Discovery): tập trung thu thập các số đo thông tin về các mạng mục tiêu mà thiết bị di động có thể chuyển tới như: cường độ tín hiệu nhận được, chất lượng dịch vụ QoS, bảo mật, công suất, cường độ pin...
- Quyết định chuyển giao (Handover Decision): căn cứ vào các tiêu chí lựa chọn để chọn ra một mạng mục tiêu tốt nhất đáp ứng được các yêu cầu cho việc thực hiện chuyển giao.
- Thực thi chuyển giao (Handover Execution): thiết lập các truy cập thực sự đến mạng mục tiêu đã chọn như xác thực, ủy quyền, chuyển giao thông tin ngữ cảnh người dùng và chấm dứt liên lạc với mạng cũ để chuyển sang mạng mới. Tức là thực hiện quá trình tái định tuyến để đảm bảo kết nối thông suốt, liền mạch.

Trong đó, vấn đề quan trọng nhất là việc quyết định chuyển giao nhằm tối ưu hóa các quyết định lựa chọn của người sử dụng sao cho đạt được các tiêu chí mong muốn đã đặt ra. Việc đưa ra quyết định chuyển giao có thể kết hợp nhiều thông số tính cũng như động để xem xét và điều này sẽ làm cho thời gian thực hiện chuyển giao và độ phức tạp của thuật toán có thể gia tăng. Một số nhóm thông số [2-15] được quan tâm trong quá trình đưa ra quyết định chuyển giao:

- Các thông số liên quan bên trong mạng: băng thông, độ trễ, cường độ tín hiệu nhận được, chi phí, bảo mật...
- Các thông số có liên quan tới thiết bị đầu cuối: vận tốc di chuyển, năng lượng nguồn pin, thông tin về vị trí địa lý...
- Các thông số có liên quan đến người dùng: thông tin cá nhân, sở thích...
- Các thông số có liên quan đến dịch vụ: năng lực dịch vụ, chất lượng QoS...

Cho đến nay, có nhiều nghiên cứu đề xuất các phương pháp quyết định chuyển giao ([2-9], [11-14]). Một số kỹ thuật quyết định chuyển giao dựa vào nhiều tiêu chí [2-5] là phương pháp SAW

(Simple Additive Weighting), TOPSIS (Technique for Order Preference by Simplarily to Ideal Solution) và AHP (Analytical Hierarchy Process). Một số kỹ thuật [6-7] nhằm kết hợp các tiêu chí cơ bản và lịch sử sử dụng của người dùng để đưa ra quyết định chuyển giao dựa trên phương pháp FAHP (Fuzzy Analytical Hierarchy Process) và TOPSIS. Một số nghiên cứu [9] xem xét áp dụng phương pháp TOPSIS để so sánh quyết định chuyển giao giữa hai mạng WiMAX và WiFi. Một số nghiên cứu [12] [15] xem xét tham số tiết kiệm năng lượng trong quá trình quyết định chuyển giao.

Mục đích của bài báo này là xây dựng thuật toán quyết định chuyển giao dựa trên đa tiêu chí nhằm chỉ ra cho người dùng quyết định lựa chọn được mạng tối ưu. Để đáp ứng được mục tiêu này, trước hết là chúng tôi sử dụng kỹ thuật mờ FAHP để xác định bộ trọng số cho các tiêu chí và sau đó, dùng phương pháp TOPSIS để đưa ra quyết định lựa chọn mạng. Các tác giả trong [10] cũng đã đề xuất phương pháp ra quyết định dựa trên tiêu chí độ trễ và suy hao đường truyền nhưng tham số suy hao đường truyền mang tính khách quan cao, khiến cho người dùng khó chủ động đánh giá được khi tiến hành chọn mạng. Một mô hình mới có tính thực tế cao là kết hợp sử dụng hiệu quả năng lượng trong quá trình quyết định chuyển giao sẽ được so sánh với mô hình khác trên cơ sở tính toán với các tiêu chí cơ bản về QoS, bảo mật và chi phí. Kết quả tính toán chỉ ra rằng nếu cùng một bộ tham số, khi xem xét thêm tiêu chí tiết kiệm năng lượng sẽ cho kết quả chọn mạng truy nhập tốt hơn. Phần còn lại của bài báo được cấu trúc như sau: Mục II giới thiệu hai phương pháp ra quyết định dựa trên nhiều thuộc tính; Mục III mô tả mô hình quyết định chuyển giao và mục IV là kết quả tính toán và đánh giá. Kết luận được trình bày trong Mục V.

## II. CÁC THUẬT TOÁN RA QUYẾT ĐỊNH DỰA TRÊN NHIỀU THUỘC TÍNH

Trong thực tế, việc thực hiện quyết định chuyển giao phụ thuộc rất nhiều yếu tố. Việc sử dụng nhiều tiêu chí để quyết định lựa chọn mạng đã trở thành yêu cầu quan trọng hiện nay. Trong công trình này, chúng tôi sử dụng phương pháp quyết định dựa

trên nhiều thuộc tính [6]. Giả sử có  $m$  tiêu chí  $\{C_1, C_2, \dots, C_m\}$  và  $n$  cách lựa chọn khác nhau  $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ . Gọi  $\{w_1, w_2, \dots, w_m\}$  là bộ trọng số phản ánh tầm quan trọng của các tiêu chí. Khi đó, ta có ma trận sau:

		$x_1$	·	·	$x_n$
		$A_1$	·	·	$A_n$
$w_1$	$C_1$	$a_{11}$	·	·	$a_{m1}$
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
$w_m$	$C_m$	$a_{m1}$	·	·	$a_{mm}$

Hình 2. Ma trận quyết định

Trong đó, mỗi hàng tương ứng với  $n$  khả năng lựa chọn cho một tiêu chí  $C_i$  nhất định; Mỗi cột thể hiện  $m$  tiêu chí đánh giá và mỗi điểm  $a_{ij}$  mô tả hiệu suất của khả năng khác nhau  $A_j$  cho tiêu chí  $C_i$ . Giá trị của điểm  $a_{ij}$  càng lớn thì thể hiện hiệu suất càng tốt. Các giá trị trọng số  $\{w_1, w_2, \dots, w_m\}$  phản ánh tầm quan trọng tương đối của tiêu chí  $C_i$  đến quyết định. Các giá trị  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  thể hiện thứ hạng của các khả năng thay thế, nghĩa là thứ hạng cao hơn thì thể hiện hiệu suất của phương án thay thế đó là tốt hơn [6]. Có nhiều phương pháp ra quyết định dựa trên đa tiêu chí, chúng tôi lựa chọn hai phương pháp là FAHP (Fuzzy AHP) và TOPSIS vì chúng đã được sử dụng phổ biến cho nhiều bài toán quyết định [7]. Phương pháp FAHP này có những ưu điểm như có tính ổn định, dễ minh họa sự thay đổi của các cấp ưu tiên, dễ bổ sung thêm các chỉ tiêu đánh giá và cung cấp kết quả tốt để đánh giá các thông số hiệu suất tiêu chuẩn của các nhà cung cấp. Tuy nhiên, nó cũng có nhược điểm là việc chọn mức độ của các tiêu chí phần lớn phụ thuộc vào kinh nghiệm chủ quan của người ra quyết định và chưa đánh giá được những rủi ro, bất trắc có thể xảy ra. Ưu điểm của phương pháp TOPSIS là có một quá trình đơn giản, rất dễ dàng để sử dụng và lập trình; Số lượng các bước không đổi khi thay đổi số lượng thuộc tính. Nhược điểm chính là chưa xem xét mối tương quan của các thuộc tính. Khi kết hợp hai phương pháp này, sẽ cho kết quả xếp hạng các mạng lựa chọn một cách chính xác, có kết quả đánh giá thứ hạng cách biệt rõ rệt, thuận tiện trong việc đưa ra quyết định cuối cùng. Hai kỹ thuật FAHP và TOPSIS sẽ được trình bày dưới đây.

### A. Phương pháp FAHP

FAHP sử dụng lý thuyết tập mờ để tiến hành so sánh theo các cặp giá trị với tập xác định là các mức 0 (không), 1 (có) và các giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 1 nhằm thể hiện mức độ quan trọng của lựa chọn các quyết định. Các bước thực hiện như sau:

#### Bước 1: Cấu trúc phân cấp quyết định

Mục tiêu tổng quát được đặt ở cấp trên cùng của hệ thống phân cấp, mức độ tiếp theo là các yếu tố quyết định và cấp thấp nhất là khả năng lựa chọn.

#### Bước 2: Tạo ma trận các cặp so sánh

Cấu trúc ma trận được xác định như sau:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Trong đó,  $a_{ii} = 0,5$ ;  $a_{ii} + a_{jj} = 1$  với  $\{i, j\} = \{1, 2, \dots, n\}$  và mỗi bộ so sánh tại một mức độ nhất định đòi hỏi  $n(n - 1)/2$  yêu cầu. Các mức độ  $a_{ij}$  được thể hiện theo tỷ lệ Saaty [10] trong Bảng 1 sau:

Bảng 1. Các mức độ theo tỷ lệ Saaty

Tỷ lệ Saaty	Mức độ
0,5	Quan trọng như nhau
0,55	Ít quan trọng
0,65	Quan trọng
0,75	Rất quan trọng
0,85	Cực kỳ quan trọng
0,95	Vô cùng quan trọng

#### Bước 3: Tính toán trọng số cho mỗi tiêu chí

Trọng số của yếu tố quyết định  $i$  là  $W_i$  ( $\sum_{j=1}^n W_j = 1$ ) được tính bằng công thức sau:

$$b_i = \frac{1}{\left(\sum_{j=1}^n \frac{1}{a_{ij}}\right) - n} \tag{1}$$

$$W_i = \frac{b_i}{\sum_{j=1}^n b_j} \tag{2}$$

#### Bước 4: Tính toán tỷ lệ gắn kết CR (coherence ratio)

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Trong đó  $CI = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(AW_i)}{n \cdot w_i}}{n-1}$  và RI (Random Index) là các giá trị ngẫu nhiên, được cho bởi Bảng II:

Bảng II. Bảng giá trị ngẫu nhiên

Tiêu chí	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

### B. Phương pháp TOPSIS

TOPSIS [6] là một phương pháp tính khoảng cách của các giải pháp khác nhau với giải pháp lý tưởng. Bản chất của cách tính này là xác định trọng số cho từng tiêu chí, tính điểm cho các tiêu chí sao cho điểm số tốt nhất là tiêu chí được chọn gần nhất với khoảng cách lý tưởng và xa nhất với khoảng cách tồi tệ. Nó bao gồm các bước sau đây:

Bước 1: Xây dựng ma trận quyết định

Giả sử xét n mạng, mỗi mạng có m tiêu chí. Bộ trọng số tương ứng được tính theo phương pháp FAHP đã thực hiện trong Mục II.A và được cho trong Bảng III

Bảng III. Bảng trọng số

	Tiêu chí 1	Tiêu chí 2	...	Tiêu chí m
Trọng số	$w_1$	$w_2$	...	$w_m$
Mạng 1	$d_{11}$	$d_{12}$	...	$d_{1m}$
Mạng 2	$d_{21}$	$d_{22}$	...	$d_{2m}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Mạng n	$d_{n1}$	$d_{n2}$	...	$d_{nm}$

Trong đó,  $d_{ij}$  là sự lựa chọn  $A_i$  khác nhau đối với các tiêu chí  $C_j$ , với  $i=1, 2, \dots, n$  và  $j=1, 2, \dots, m$ .

Bước 2: Xây dựng ma trận quyết định chuẩn (Normalised matrix)

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix};$$

$$\text{Trong đó, } r_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{i=1}^m d_{ij}^2} \quad (4)$$

Bước 3: Xây dựng ma trận quyết định chuẩn hóa có trọng số (Weighted normalised Decision matrix)

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & \dots & v_{nm} \end{bmatrix};$$

Trong đó,  $v_{ij} = w_i \cdot r_{ij}$  và  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$

Bước 4: Xác định các tiêu chí lý tưởng  $A^*$  và tiêu chí tồi tệ  $A^-$ . Đầu tiên, cần xác định các tiêu chí: Tiêu chí mong muốn (desirable criteria):  $v_i^* = \max\{v_{ij}, j=1,2,\dots,m\}$  và tiêu chí không mong muốn (undesirable criteria)  $v_i^- = \min\{v_{ij}, j=1,2,\dots,m\}$ . Từ đó, ta tính được tập các tiêu chí lý tưởng là  $A^* = [v_1^*, v_2^*, \dots, v_m^*]$  và tập các tiêu chí tồi tệ là  $A^- = [v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-]$ .

Bước 5: Tính toán khoảng cách

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_i^* - v_{ij})^2} \quad \text{với } j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_i^- - v_{ij})^2} \quad \text{với } j = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

Bước 6: Đánh giá xếp hạng

$$c_i^* = \frac{S_i^*}{S_i^* + S_i^-} \quad (7)$$

Hệ thống nào có chỉ số này càng lớn thì được đánh giá có chất lượng càng tốt và được khuyến nên lựa chọn và ngược lại.

## III. MÔ HÌNH QUYẾT ĐỊNH CHUYỂN GIAO

### A. Các tham số trong quyết định chuyển giao

Việc ra quyết định lựa chọn mạng để thực hiện quyết định chuyển giao từ danh sách các mạng mục tiêu phần lớn được đánh giá từ phía người dùng, vì vậy các tiêu chí xem xét cần được đánh giá bởi các tiêu chí cơ bản, phổ biến, dễ hiểu và có thể đo lường được từ phía người dùng. Thông thường các

quyết định chuyển giao đều liên quan đến nhiều thuộc tính yêu cầu khác nhau, các thuộc tính đánh giá chủ yếu thường được chia làm ba nhóm: Chất lượng dịch vụ (QoS: Quality of Service), Bảo mật (Security) và Chi phí (Cost). Trong bài báo này, chúng tôi tập trung vào xem xét bốn đặc trưng QoS: Băng thông B (Available Bandwidth); Độ trễ gói tin D (Packet Delay); Độ trễ biến thiên J (Packet Jitter); Tỷ lệ mất gói L (Packet Loss). Ngoài ra, để đánh giá tính hiệu quả của quyết định chuyển giao, chúng tôi sử dụng thêm một tiêu chí là tiết kiệm năng lượng E (Energy Efficiency).

**Chất lượng dịch vụ QoS:** Đây là tiêu chí hàng đầu dùng để so sánh các mạng nhằm chọn ra hệ thống mạng đáp ứng tốt nhất các yêu cầu cụ thể của người sử dụng. Các tiêu chí cụ thể là:

- Băng thông B: Đánh giá độ rộng của một khoảng tần số. Băng thông càng rộng càng tốt, nếu băng thông nhỏ hơn thì xác suất cuộc gọi bị rớt (Call Dropping) hoặc bị chặn (Call Blocking) lại là rất cao.
- Độ trễ gói tin D: Được xác định là khoảng thời gian từ lúc gói tin được gửi cho đến lúc nó được nhận. Độ trễ thường phụ thuộc vào quãng đường di chuyển từ nguồn đến đích và thời gian xử lý tại các nút mà nó đi qua.
- Độ trễ biến thiên J: thể hiện độ trễ của gói tin biến thiên theo thời gian, nó xảy ra khi một hệ thống không có trạng thái xác định. Ví dụ, cùng một quãng đường, nhưng những gói tin kích thước lớn sẽ di chuyển chậm hơn những gói tin có kích thước nhỏ...
- Tỷ lệ mất gói L: xảy ra khi có một hoặc một số gói tin không đến được đích như dự kiến, nó thường xảy ra khi mạng tắc nghẽn. Trong nhiều dịch vụ đa phương tiện hay ứng dụng trò chơi thì nó có thể gây ảnh hưởng xấu đến trải nghiệm người dùng.

**Bảo mật S:** là công tác phòng chống truy cập trái phép hoặc gây thiệt hại cho máy tính sử dụng mạng không dây. Nhiều máy tính có card không dây được cài đặt sẵn, cung cấp khả năng để truy nhập vào một mạng di động đem lại nhiều lợi ích. Tuy nhiên, một thiết bị di động được tích hợp nhiều

giao diện vô tuyến thì cũng sẽ khiến cho hacker dễ dàng đột nhập vào, thậm chí sử dụng công nghệ không dây để hack vào mạng có dây hay sử dụng trái phép các tài nguyên quan trọng. Bởi vậy, bảo mật S là một tiêu chí quan trọng và liên tục được cập nhật, nâng cấp.

**Chi phí C:** là tiêu chí phản ánh chi phí riêng rẽ của mỗi mạng. Tùy thuộc vào khả năng và nhu cầu của người dùng khác nhau, họ có thể lựa chọn các mạng có chi phí thích hợp nhất.

**Tiết kiệm năng lượng E:** việc giảm tiêu thụ năng lượng trong các mạng băng rộng và các mạng tiên tiến tích hợp đã được nhiều quan tâm nghiên cứu gần đây [13]. Đặc biệt, trong các mạng tích hợp thế hệ mới, cung cấp nhiều dịch vụ đa dạng và phong phú, tốc độ cao thì việc lựa chọn những hệ thống có khả năng tiết kiệm năng lượng thực sự là tiêu chí được mong đợi và quan tâm rất lớn. Trong bài báo này, tham số tiết kiệm năng lượng E sẽ được tích hợp với các thuộc tính khác để xem xét so sánh về hiệu quả của quyết định chuyển giao.

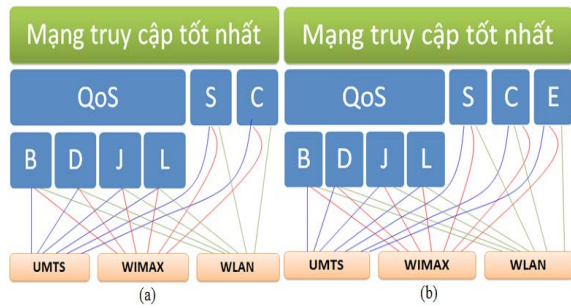
### B. Mô hình hệ thống

Xét mô hình mạng tích hợp gồm ba mạng thành viên UMTS, WiMAX và WLAN. Các mạng này được xem là các mạng điển hình, được sử dụng nhiều. Đồng thời nó cũng là hệ thống mạng mà các thế hệ tương lai như 5G, 6G cũng được dự báo là các thành phần chính của hệ thống (hình 3).



Hình 3. Mô hình mạng tích hợp UMTS, WiMAX, WLAN

Căn cứ vào các thông số quyết định chuyển giao được phân tích ở Mục III.A, chúng tôi xây dựng mô hình phân cấp thuộc tính đánh giá theo hai mô hình như sau (Hình 4).



Hình 4. Mô hình phân cấp với các tiêu chí cơ bản (a) và có bổ sung tiêu chí E (b)

C. Bài toán

Cho hai mô hình truy nhập mạng được thể hiện trong Hình 4. Mô hình 4a không có tiêu chí tiết kiệm năng lượng E, trong khi đó mô hình 4b có thêm tiêu chí tiết kiệm năng lượng E. Vấn đề đặt ra là với các tiêu chí cơ bản QoS, S, C, B, D, J, L xem xét các mạng khác nhau khi có thêm tiêu chí E để đánh giá, so sánh và đưa ra quyết định lựa chọn mạng thích hợp nhất. Việc ra quyết định chuyển giao sẽ dựa trên cơ sở xếp hạng tiêu chí  $c_i^*$  từ cao xuống thấp, mạng có tiêu chí này lớn nhất sẽ được đề xuất lựa chọn.

D. Các bước quyết định chuyển giao

Việc tính toán quyết định chuyển giao được thực hiện theo các bước sau đây:

**Bước 1:** Xây dựng bộ trọng số cho các tiêu chí đánh giá bằng cách áp dụng phương pháp FAHP theo các công thức (1), (2), (3).

**Bước 2:** Đánh giá xếp hạng nhằm chọn mạng tối ưu theo các mô hình đề xuất, sử dụng phương pháp TOPSIS theo các công thức (4), (5), (6),(7).

**Bước 3:** Ra quyết định chuyển giao.

IV. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ

A. Cơ sở dữ liệu tính toán

Dữ liệu bao gồm các giá trị tương ứng của các thuộc tính đánh giá B, D, J, L, S, C cho từng mạng UMTS, WiMAX và WLAN được cho như trong Bảng IV sau đây [9]:

Bảng IV. Cơ sở dữ liệu tính toán

Thông số Mạng	B	D	J	L	S	C
UMTS	0.1-0.2	25-50	5-10	20-80	70	60
WLAN	1-11	100-150	10-20	20-80	50	10
WiMAX	1-60	60-100	3-10	20-80	60	40

Các tiêu chí tiết kiệm năng lượng cho mỗi mạng [15] được cho trong Bảng V như sau:

Bảng V. Các tiêu chí tiết kiệm năng lượng

Tiêu chí	Mạng UMTS	Mạng WLAN	Mạng WiMAX
Tiết kiệm năng lượng (E)	60%	10%	40%

B. Các bước tính toán

**Bước 1:** Tính toán các bộ trọng số

Trường hợp 1 (TH1): Xét các tiêu chí minh họa bởi Hình 4a. Các tiêu chí về QoS gồm băng thông B, trễ D, Jitter J và tỷ lệ thất lạc gói tin L xếp ở mức rất quan trọng; Tiêu chí bảo mật S ở mức quan trọng và tiêu chí chi phí C ở mức cực kỳ quan trọng. Ta có ma trận các cặp so sánh như sau (Bảng VI):

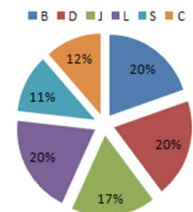
Bảng VI. Bảng tiêu chí (TH1)

	B	D	J	L	S	C
B	0.5	0.75	0.75	0.75	0.85	0.85
D	0.45	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85
J	0.35	0.45	0.5	0.55	0.65	0.75
L	0.25	0.35	0.45	0.5	0.75	0.85
S	0.15	0.25	0.35	0.25	0.5	0.5
C	0.15	0.15	0.25	0.15	0.5	0.5
COL TOTAL	1.85	2.45	2.85	2.85	4	4.3

Áp dụng phương pháp tính toán FAHP trên Excel, ta có kết quả như sau (Bảng VII)

Bảng VII. Bảng xếp hạng được chuẩn hóa

NORMALIZED SCORE TABLE							
	B	D	J	L	S	C	
B	0.27027	0.3061	0.2632	0.26316	0.2125	0.1977	19.8
D	0.243243	0.2041	0.193	0.22807	0.1875	0.1977	19.8
J	0.189189	0.1837	0.1754	0.18238	0.1625	0.1744	17.4
L	0.135135	0.1429	0.1579	0.17544	0.1875	0.1977	19.8
S	0.081081	0.102	0.1228	0.08772	0.125	0.1163	11.6
C	0.081081	0.0612	0.0877	0.05283	0.125	0.1163	11.6
COL TOTAL	1	1	1	1	1	1	100.0



Vậy trọng số thu được trong trường hợp này là (Bảng VIII).

Bảng VIII. Trọng số tính toán theo mô hình 4a

	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>L</b>	<b>S</b>	<b>C</b>
<b>Trọng số</b>	0.2	0.2	0.17	0.2	0.11	0.12

Trường hợp 2 (TH2): Xét các tiêu chí minh họa bởi Hình 4b. Các tiêu chí về QoS gồm băng thông B, trễ D, Jitter J và tỷ lệ thất lạc gói tin L xếp ở mức rất quan trọng; Tiêu chí bảo mật S và tiêu chí chi phí C ở mức quan trọng; Tiêu chí tiết kiệm năng lượng E được đặt ở mức cực kỳ quan trọng. Ta có ma trận các cặp so sánh như sau Bảng IX. Áp dụng phương pháp tính toán FAHP trên Excel, ta có kết quả như sau ở Bảng X. Vậy trọng số thu được trong trường hợp này là bảng XI

Bảng IX. Bảng tiêu chí (TH2)

	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>L</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>E</b>
<b>B</b>	0.5	0.55	0.75	0.65	0.65	0.65	0.55
<b>D</b>	0.45	0.5	0.55	0.65	0.75	0.75	0.65
<b>J</b>	0.25	0.45	0.5	0.55	0.65	0.75	0.55
<b>L</b>	0.35	0.35	0.45	0.5	0.55	0.65	0.55
<b>S</b>	0.35	0.25	0.35	0.45	0.5	0.55	0.55
<b>C</b>	0.35	0.25	0.25	0.35	0.45	0.5	0.55
<b>E</b>	0.45	0.35	0.45	0.45	0.45	0.45	0.5
<b>COL. TOTAL</b>	2.7	2.7	3.3	3.6	4	4.3	3.9

Bảng X. Bảng xếp hạng được chuẩn hóa (TH2)

NORMALIZED SCORE TABLE							
<b>B</b>	0.1852	0.2037	0.2273	0.1806	0.1625	0.1512	0.1410
<b>D</b>	0.1667	0.1852	0.1667	0.1806	0.1875	0.1744	0.1667
<b>J</b>	0.0926	0.1667	0.1515	0.1528	0.1625	0.1744	0.1410
<b>L</b>	0.1296	0.1296	0.1384	0.1389	0.1375	0.1512	0.1410
<b>S</b>	0.1296	0.0926	0.1061	0.125	0.125	0.1273	0.1410
<b>C</b>	0.1296	0.0926	0.0758	0.0972	0.1125	0.1163	0.1410
<b>E</b>	0.1667	0.1296	0.1384	0.125	0.1125	0.1047	0.1282
<b>COL. TOTAL</b>	1	1	1	1	1	1	1.0000

Bảng XI. Trọng số tính toán theo mô hình 4b

	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>L</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>E</b>
<b>Trọng số</b>	0.14	0.17	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13

**Bước 2: Đánh giá xếp hạng**

Trường hợp 1: Xét các tiêu chí minh họa bởi Hình 4a, các giá trị được tính như sau:

Bảng XII. Bảng giá trị tiêu chí (TH1)

	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>L</b>	<b>S</b>	<b>C</b>
<b>weight</b>	0.2	0.2	0.17	0.2	0.11	0.12
UMTS	1	30	5	60	70	60
WLAN	5	120	10	60	50	10
WiMAX	50	80	3	60	60	40

Khi đó, ta có ma trận chuẩn hóa

0.133631	1.978141	1.178511	4.472136	5.217492	5.720776
0.668153	7.912566	2.357023	4.472136	3.72678	0.953463
6.681531	5.275044	0.707107	4.472136	4.472136	3.81385

và ma trận quyết định chuẩn hóa có trọng số

0.026726	0.395628	0.200347	0.894427	0.573924	0.686493
0.133631	1.582513	0.400694	0.894427	0.409946	0.114416
1.336306	1.055009	0.120208	0.894427	0.491935	0.457662

Kết quả tính toán cho Mô hình a cho ba loại mạng khác nhau được cho trong Bảng XIII.

Bảng XIII. Kết quả xếp hạng TH1

	Mô hình a
UMTS	0.544815
WLAN	0.739095
WiMAX	0.338762

Trường hợp 2: Xét các tiêu chí minh họa bởi Hình 4b, ta có bảng các giá trị như sau Bảng XIV:

Bảng XIV. Bảng giá trị các tiêu chí (TH2)

	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>L</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>E</b>
<b>weight</b>	0.14	0.17	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13
UMTS	1	30	5	60	70	60	40
WLAN	5	120	10	60	50	10	100
WiMAX	50	80	3	60	60	40	70

Khi đó ta có ma trận chuẩn hóa

0.133631	1.978141	1.178511	4.472136	5.217492	5.720776	2.760262
0.668153	7.912566	2.357023	4.472136	3.72678	0.953463	6.900656
6.681531	5.275044	0.707107	4.472136	4.472136	3.81385	4.830459

và ma trận quyết định chuẩn hóa có trọng số

0.018708	0.336284	0.164992	0.626099	0.730449	0.800909	0.358834
0.093541	1.345136	0.329983	0.626099	0.521749	0.133485	0.897085
0.935414	0.896757	0.098995	0.626099	0.626099	0.533939	0.62796

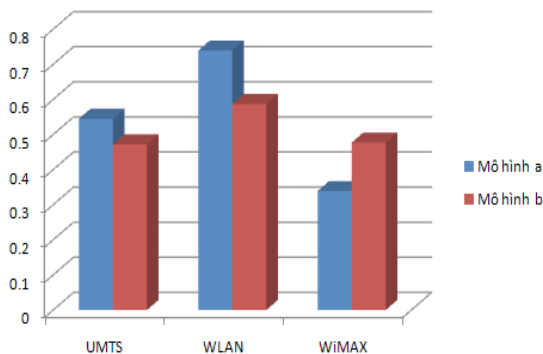
Kết quả tính toán cho Mô hình b cho ba loại mạng khác nhau được cho trong Bảng XV.

Bảng XV. Kết quả xếp hạng TH2

	Mô hình b
UMTS	0.471715
WLAN	0.586833
WiMAX	0.476969

Bước 3: Ra quyết định chuyển giao

Theo kết quả đánh giá cho bởi Bảng XIII, với mô hình 4a không có tiêu chí tiết kiệm năng lượng thì thứ tự lựa chọn mạng tối ưu lần lượt là WLAN →UMTS→WiMAX. Theo kết quả đánh giá cho bởi Bảng XV, với mô hình 4b khi có thêm tiêu chí tiết kiệm năng lượng thì thứ tự lựa chọn mạng tối ưu lần lượt là WLAN →WiMAX→UMTS. Đồ thị so sánh 2 trường hợp được cho trong Hình 5.



Hình 5. Đồ thị so sánh hai mô hình 4a và 4b

### C. Nhận xét và đánh giá

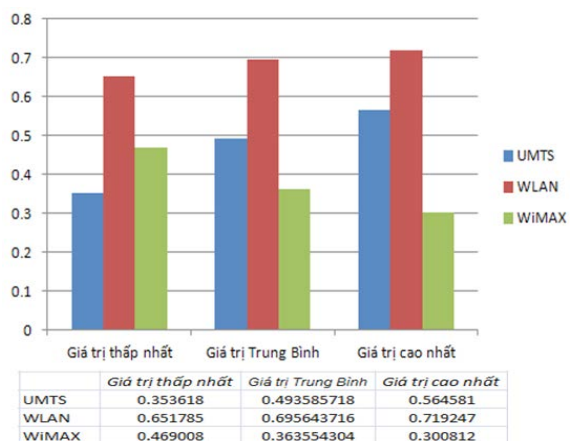
Bằng cách mô phỏng tương tự, khi cho các tham số của Bảng VI thay đổi ở ba mức giá trị là thấp nhất, trung bình và cao nhất, kết quả ứng với mô hình a và mô hình b được cho trong Hình 6, Hình 7. Từ đó, ta có các nhận xét như sau:

Trong mô hình 4a: Tuy cùng một mức trọng số nhưng căn cứ vào các chỉ tiêu chất lượng tương ứng từng mạng, ta có thể có 3 kết quả lựa chọn khác nhau:

- Khi các tham số đánh giá ở mức giá trị thấp nhất thì thứ tự chọn mạng được khuyên dùng là: WLAN → WIMAX →UMTS
- Khi các tham số đánh giá ở mức giá trị trung bình thì thứ tự chọn mạng được khuyên dùng là: WLAN → UMTS → WIMAX
- Khi các tham số đánh giá ở mức giá trị cao nhất thì thứ tự chọn mạng được khuyên dùng là: WLAN → UMTS → WIMAX. Tuy nhiên, sự khác biệt giá trị giữa mạng UMTS và WIMAX so với trường hợp trước là khoảng cách lớn hơn nhiều.

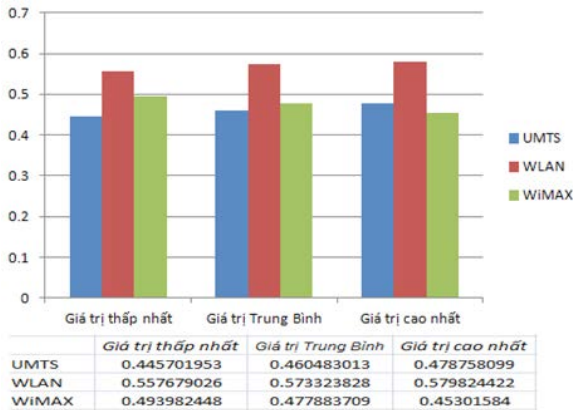
Mô hình 4b: Với cùng một mức trọng số như mô hình 4a, căn cứ vào các chỉ tiêu chất lượng tương ứng từng mạng, ta có thể thấy, có 3 kết quả lựa chọn khác nhau

- Khi các tham số đánh giá ở mức giá trị thấp nhất thì thứ tự chọn mạng được khuyên dùng là: WLAN → WIMAX → UMTS
- Khi các tham số đánh giá ở mức giá trị trung bình thì thứ tự chọn mạng được khuyên dùng là: WLAN → WIMAX →UMTS nhưng giá trị hai mạng WIMAX và UMTS xấp xỉ bằng nhau.
- Khi các tham số đánh giá ở mức giá trị cao nhất thì thứ tự chọn mạng được khuyên dùng là: WLAN → UMTS → WIMAX nhưng giá trị hai mạng WIMAX và UMTS xấp xỉ bằng nhau.



Hình 6. Kết quả đánh giá theo mô hình 4a





Hình 7. Kết quả đánh giá theo mô hình 4b

## V. KẾT LUẬN

Việc lựa chọn mạng tối ưu là yêu cầu quan trọng để giúp nâng cao hiệu suất chuyển giao trong mạng không dây không thuần nhất. Trong bài báo này, chúng tôi đã xem xét kết hợp tiêu chí tiết kiệm năng lượng cùng với các tiêu chí khác để đánh giá các mạng khi quyết định chọn lựa mạng trong quá trình chuyển giao. Dự kiến trong thời gian tới, chúng tôi sẽ nghiên cứu giải pháp sử dụng các thiết bị có vùng phủ sóng hiệu quả trong các mạng không thuần nhất tiên tiến như Femtocell, Femto-LTE... để cải thiện hiệu suất chuyển giao và chất lượng cuộc gọi.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Muhammad Farooq, Muhammad Ishtiaq Ahmed, Usman M Al. Future Generations of Mobile Communication Networks. Academy of Contemporary Research Journal, 2 (Issue 1) (2013) pp. 24-30
- [2] F. Zhu and J. MacNair, Optimizations for Vertical Handoff Decision Algorithms, in Proc. IEEE WCNC'04, Atlanta, GA, (2004).
- [3] W. Chen and Y. Shu, Active Application Oriented Vertical Handoff in Next Generation Wireless Networks, in Proc. IEEE WCNC'05, New Orleans, LA, (2005).
- [4] W. Zhang, Handover Decision Using Fuzzy MADM in Heterogeneous Networks, in Proc. IEEE WCNC'04, Atlanta, GA, (2004).
- [5] Q. Song and A. Jamalipour, A Network Selection Mechanism for Next Generation Networks, in Proc. IEEE ICC'05, Seoul, Korea, (2005).
- [6] Bhuvanewari, Dr. E. George Dharma Prakash Raj, An Overview of Vertical Handoff Decision Making Algorithms, I. J. Computer Network and Information Security, <http://www.mecspress.org/ijcnis/ijcnis-v4-n9/IJCNIS-V4-N9-7.pdf>, (9) (2012) pp. 55-62.
- [7] Manoj Sharma, Multi Attribute Decision Making Techniques, International Journal of Research in Management, Science & Technology, 1 (1) (2013)
- [8] Enrique Stevens-Navarro and Vincent W.S. Wong, Comparison between Vertical Handoff Decision Algorithms for Heterogeneous Wireless Networks, (2005)
- [9] Lahby Mohamed, Cherkaoui Leghris and Adib Abdellah, Network Selection Decision Based on Handover History in Heterogeneous Wireless Networks, IJCST, 3 (2) (2012) pp.21-25
- [10] Maroua Drissi, Mohammed Oumsis, Multi-Criteria Vertical Handover Comparison between Wimax and Wifi, Information ISSN 2078-2489, 6 (2015) pp. 399-410
- [11] Jureen Thor, Siew-Hong Ding, Shahrul Kamaruddin. Comparison of Multi Criteria Decision Making Methods From The Maintenance Alternative Selection Perspective, The International Journal Of Engineering And Science (IJES), 2 (6) (2013) pp. 27-34.
- [12] Oliver Blume, Dietrich Zeller, Ulrich Barth, Approaches to Energy Efficient Wireless Access Networks, (2010).
- [13] Rajiv Chechi, Dr. Rajesh Khanna, QoS Support in Wi-Fi, WiMAX & UMTS Technologies, IJECT, 2(3) (2011)
- [14] Thomas L. Saaty, Decision making with the analytic hierarchy process, Int. J. Services Sciences, 1 (1) (2008).

[15] Ashwin Kamble, Smith Khare, Shubhrant Jibhkate, Amutha Jeyakumar, Energy and Traffic Aware Vertical Handoff in Heterogeneous Wireless Network, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, 4 (6) (2015).

Our experimental results indicate that with the same set of parameters, additional energy efficient will result in selecting the better access network.

**Keyword:** Making decision, Heterogeneous wireless network, Handover, QoS, Energy Efficient.

### HANDOVER DECISION MAKING BASED ON MULTIPLE ATTRIBUTES IN HETEROGENEOUS WIRELESS NETWORKS

**Abstract:** This paper presents a method used to make decision in handover based on multiple attributes to analyze and evaluate the results of selection of the optimal target network for transferring in heterogeneous wireless networks. The focus is on the combination of the fuzzy method FAHP to define weights of the criteria and TOPSIS method to make decision in selecting the network. A model with energy efficient is compared with other models with only the basic criteria of QoS, security, and cost in transfer decision making.



**Đỗ Phương Nhung**, Nhận học vị Thạc sỹ năm 2010. Hiện công tác tại Trường Cao đẳng Điện tử - Điện lạnh Hà Nội. Lĩnh vực nghiên cứu: Kỹ thuật chuyển giao trong mạng không dây tiên tiến; Markov Chain; Petri nets.



**Trần Đình Quế**, Nhận học vị Tiến sỹ năm 2000. Hiện công tác tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Lĩnh vực nghiên cứu: khai phá dữ liệu, khai phá web, mạng không dây.