



ĐÁNH GIÁ CHUYỂN VÙNG KHÔNG GIÁN ĐOẠN TRONG HỆ THỐNG MẠNG KHÔNG DÂY MẬT ĐỘ CAO

Phạm Ngọc Duy^{1*}, Nguyễn Phương Đông²

¹ Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

² Sinh viên viện Đào tạo chất lượng cao, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt. Bài báo đề cập về chủ đề chuyển vùng trong mạng không dây ở môi trường mật độ cao với hai phương thức chuyển vùng sóng bao gồm chuyển vùng nhanh (Fast roaming) và chuyển vùng không gián đoạn (Seamless roaming). Thông qua việc xây dựng một mô hình hệ thống mạng không dây thực nghiệm và đánh giá hai phương thức chuyển vùng sóng nêu trên, chúng tôi gợi ý việc triển khai các hệ thống mạng không dây mật độ cao cho các môi trường như trường học, ký túc xá và doanh nghiệp nhỏ và vừa. Kết quả đánh giá cho thấy chuyển vùng không gián đoạn với các tiêu chuẩn 802.11k/r/v có những ưu điểm lớn so với chuyển vùng nhanh khi gần như không có độ trễ, đảm bảo cho kết nối Internet của các thiết bị không dây luôn thông suốt và ổn định.

Từ khóa: mạng không dây, môi trường mật độ cao, chuyển vùng sóng

Evaluation of seamless roaming in high-density wireless network

Pham Ngoc Duy^{1*}, Nguyen Phuong Dong²

¹ Faculty of Information Technology, Vietnam Maritime University

² School of Excellent Education (SEE), Vietnam Maritime University

Abstract. The paper deals with roaming in wireless networks in high-density environments. Two roaming methods include fast roaming and seamless roaming. Through building an experimental wireless network model and comparing and evaluating the performance of the two methods, we provide several suggestions for implementing wireless network systems within high-density environments, such as schools, dormitories, and small and medium enterprises. The evaluation results show that seamless roaming with 802.11k/r/v standards has great advantages over fast roaming when there is almost no latency in seamless roaming, which ensures that all connections of wireless devices are smooth and stable.

Keywords: wireless networks, high-density environments, roaming

* Liên hệ: duyphn@vmaru.edu.vn

1 Mở đầu

Cường độ và mật độ sử dụng các thiết bị điện tử để kết nối và sử dụng mạng không dây tăng nhanh đã tăng thêm gánh nặng cho những điểm truy cập (Access Point – AP) thông thường. Mạng không dây, vốn dĩ trước đây chỉ thiết kế để đáp ứng nhu cầu sử dụng máy tính xách tay và điện thoại thông minh, nay phải kiêm thêm việc hỗ trợ kết nối cho hàng loạt ứng dụng và thiết bị di động hiện đại (máy tính bảng, đồng hồ thông minh hay các thiết bị IoT khác) vốn yêu cầu vùng phủ sóng rộng, băng thông cao. Ngoài ra, các AP cần đảm bảo mọi kết nối luôn thông suốt và ổn định khi các thiết bị di chuyển từ vùng phủ sóng này sang vùng khác. Hệ quả là những người quản trị mạng phải đương đầu với những thách thức trong việc thiết kế và triển khai hệ thống mạng không dây có thể đáp ứng tốt cho các thiết bị hiện tại về lâu dài. Trong bài báo này, chúng tôi cung cấp các kiến thức về mạng không dây trong môi trường mật độ cao, chuyển vùng sóng, tầm quan trọng của việc chuyển vùng sóng đối với người dùng và một số phương thức chuyển vùng sóng hiện nay như chuyển vùng nhanh (Fast roaming) và chuyển vùng không gián đoạn (Seamless roaming). Đồng thời, chúng tôi giả xây dựng một mô hình hệ thống mạng không dây thực nghiệm và đánh giá hai phương thức chuyển vùng sóng nêu trên. Qua đó, chúng tôi làm rõ việc triển khai các hệ thống mạng không dây mật độ cao cho các môi trường như trường học, ký túc xá và doanh nghiệp.

2 Triển khai mạng không dây và môi trường mật độ cao

IEEE 802.11 là một tiêu chuẩn mạng cục bộ không dây (WLAN), một phần của tập các tiêu chuẩn kỹ thuật mạng cục bộ (LAN) do Viện Kỹ sư điện và điện tử quốc tế (IEEE) phát triển. Phiên bản cơ sở của tiêu chuẩn 802.11 được phát hành vào năm 1997 và có những phiên bản nâng cấp sau đó, hình thành nên họ các giao thức IEEE 802.11.

Wi-Fi là một thuật ngữ đã được đăng ký nhãn hiệu, dựa trên họ các tiêu chuẩn IEEE 802.11 và là một công nghệ truyền dẫn không dây tầm ngắn. Wi-Fi là công nghệ sử dụng phương tiện không dây để kết nối các máy tính cá nhân, thiết bị cầm tay (PDA, điện thoại di động, v.v.) và các thiết bị đầu cuối khác. Nhìn chung, để thiết lập và triển khai một mạng không dây WLAN cơ bản, cần tới một điểm truy cập và các bộ chuyển đổi (adapter) mạng không dây. Thiết bị đầu cuối có thể nhận tín hiệu Wi-Fi từ AP hoặc bộ định tuyến (router) để truy cập Internet. Vai trò của AP và bộ định tuyến trong trường hợp này là chuyển đổi mạng có dây thành mạng không dây và hỗ trợ nhiều người dùng kết nối hơn. Bằng cách này, Wi-Fi có thể sử dụng phương tiện không dây và phối hợp với cấu trúc mạng có dây hiện có để chia sẻ tài nguyên mạng.

Tồn tại hai mô hình triển khai mạng không dây cơ bản: dựa trên vùng phủ sóng và dựa trên khả năng đáp ứng. Trong mô hình dựa trên vùng phủ sóng, mục tiêu là cung cấp chất lượng

dịch vụ (QoS) cao trong một phạm vi lớn nhất có thể với một hoặc nhiều AP. Việc triển khai này thường được thực hiện ở các khu vực có diện tích lớn với số lượng thiết bị Wi-Fi trên số người dùng thấp, ví dụ như nhà kho, phân xưởng, bệnh viện và khách sạn. Trong hầu hết các mô hình dạng này, số lượng AP được xác định bởi cường độ tín hiệu AP (là sự kết hợp của công suất đầu ra AP và độ lợi anten). Đối với mô hình dựa trên khả năng đáp ứng, mục tiêu là cung cấp chất lượng dịch vụ không dây tốt cho một nhóm người dùng đồng thời, tập trung trong một khu vực hạn chế về không gian. Ví dụ, triển khai tại các địa điểm như trường học, giảng đường, ký túc xá, thư viện, hội trường và sân vận động. Một số yếu tố cần được xem xét khi thiết kế mạng không dây dạng này là số lượng người dùng trong một vùng không gian xác định được bao phủ bởi một AP duy nhất, số lượng thiết bị Wi-Fi trên mỗi người dùng, tỉ lệ phần trăm người dùng (hay thiết bị) hoạt động tại cùng một thời điểm; loại ứng dụng, hỗn hợp ứng dụng và băng thông cần thiết; các loại thiết bị trong mạng và công nghệ được hỗ trợ và các thiết bị cũ không hỗ trợ các giao thức mới. Trong môi trường trường học hoặc doanh nghiệp, có thể có sự kết hợp của các khu vực yêu cầu cả hai loại mô hình trên. Khi có một lượng lớn người dùng – cụ thể hơn, khi có khoảng 30 người dùng trở lên cùng hoạt động trong vùng phủ sóng được đáp ứng bởi một AP duy nhất – truy cập vào hệ thống Wi-Fi và yêu cầu băng thông đồng thời; đó được coi là môi trường có mật độ cao (high-density environment).

3 Các kỹ thuật mở rộng và chuyển vùng sóng trong mạng không dây

3.1 Mở rộng vùng phủ sóng mạng không dây

Trong mạng không dây, một điểm truy cập hay bộ định tuyến không dây được kết nối với Internet để cung cấp dịch vụ mạng cho người dùng di động. Một hệ thống như vậy có phạm vi phủ sóng hạn chế do khả năng phát sóng của một AP có giới hạn so với nhu cầu thực tế. Một số giải pháp để giải quyết vấn đề này là sử dụng bộ tăng cường Wi-Fi (gồm bộ lặp hoặc bộ mở rộng nếu chỉ muốn mở rộng vùng phủ sóng mà không cần thay thế thiết lập không dây hiện tại) hoặc bổ sung thêm các AP (xây dựng mạng mesh hay xây dựng hệ thống nhiều AP). Mỗi AP có một phạm vi phủ sóng nhất định; khi tăng số lượng AP và phân bố chúng ở nhiều vị trí, tổng diện tích vùng phủ sóng sẽ tăng. Điều này dẫn tới vấn đề là cần đảm bảo người dùng và các thiết bị không dây khi di chuyển từ vùng phủ sóng này sang một vùng phủ sóng khác sẽ không gặp tình trạng gián đoạn và suy giảm chất lượng kết nối mạng.

Tồn tại ba phương pháp mở rộng vùng phủ sóng mạng không dây:

- Sử dụng bộ tăng cường Wi-Fi (Wi-Fi Booster), bao gồm hai loại thiết bị: bộ lặp (Repeater) và bộ mở rộng phạm vi (Range extender).

- Có thể kết hợp một số AP hoạt động với nhau tạo thành một mạng lưới (Mesh network) không dây và các gói tin được chuyển tiếp từ AP này sang AP khác bằng các kết nối đặc biệt. Theo cách này, vùng phủ sóng WLAN có thể được mở rộng một cách hiệu quả về chi phí, miễn là một AP được gắn với cơ sở hạ tầng có dây. Mesh Wi-Fi phù hợp để thiết lập hệ thống Wi-Fi cho gia đình hoặc văn phòng với phạm vi phủ sóng đồng nhất trên nhiều phòng, trải dài nhiều tầng. Mạng mesh tạo ra một mạng bao gồm tất cả các nút (như một đơn vị không dây) riêng lẻ, để mỗi nút trong mạng có khả năng nhận biết được mọi nút và thiết bị khác đang hoạt động trong toàn bộ mạng. Khả năng nhận thức về mạng như vậy khiến hệ thống mesh vượt trội hơn nhiều so với bộ tăng cường Wi-Fi.
- Có thể xây dựng hệ thống AP không dây (WAP system). Các điểm truy cập là các nút Wi-Fi thông minh được kết nối với một hub trung tâm thông qua kết nối có dây. Chúng thường được sử dụng trên các mạng văn phòng lớn và trong các thiết lập doanh nghiệp. Tương tự như trong hệ thống Wi-Fi dạng mesh, các AP nhận biết được mạng và thường chạy phần mềm quản lý (có khả năng tùy chỉnh) để kiểm soát các thông số khác nhau liên quan đến mạng cũng như các thiết bị khách kết nối với nó. Cần tránh nhầm lẫn một hệ thống điểm truy cập không dây với những điểm truy cập thông thường vốn hoạt động riêng lẻ mà không cần một trung tâm điều khiển tập trung.

Quá trình chuyển vùng sóng (Roaming) diễn ra khi máy khách xác thực với BSSID mới và hủy xác thực với BSSID hiện tại. Hiệu suất chuyển vùng là lượng thời gian mà một máy khách cần để xác thực thành công với BSSID mới. Khoảng thời gian mà quá trình chuyển vùng diễn ra liên quan đến phương thức bảo mật và xác thực được sử dụng. Để xác thực, máy khách phải tìm kiếm một ứng viên chuyển vùng hợp lệ, sau đó hoàn tất quá trình chuyển vùng một cách nhanh chóng, nếu không, người dùng sẽ bị gián đoạn dịch vụ. Nếu sử dụng xác thực dựa trên 802.1X, máy khách phải hoàn thành trao đổi khóa EAP trước khi hủy xác thực từ BSSID. Quá trình này có thể mất vài giây, tùy thuộc vào cơ sở hạ tầng xác thực của môi trường. Nếu sử dụng xác thực dựa trên 802.11r, máy khách có thể xác thực trước đối với các điểm truy cập tiềm năng. Điều này làm giảm thời gian xác thực xuống mili giây và đây chính là chuyển vùng nhanh (Fast roaming).

Chuyển vùng mạng không dây cung cấp tính di động. Một vấn đề quan trọng là các quyết định chuyển vùng (kết nối hoặc chuyển đổi giữa các AP) sẽ được thiết bị đầu cuối (hay máy khách) thực hiện. Sự khác biệt lớn giữa các trình điều khiển và thiết bị mạng ảnh hưởng đến cách thức chuyển vùng. Các kỹ thuật hỗ trợ chuyển vùng khác nhau được áp dụng ở phía hạ tầng mạng. Độ trễ trong chuyển vùng là từ 10 đến trên 1000 ms, tùy thuộc vào quá trình mã hóa và xác thực; độ trễ chấp nhận được tùy thuộc vào ứng dụng (ví dụ, thoại yêu cầu độ trễ dưới 100–150 ms). Một số yếu tố quyết định đến việc chuyển vùng của máy khách như cường độ tín hiệu (RSSI), SNR, số beacon bị nhỡ, số lần thử lại khung, tốc độ dữ liệu và tỷ lệ lỗi bit/CRC [1].

3.2 Chuyển vùng nhanh với IEEE 802.11r

Một máy khách/thiết bị không dây (chẳng hạn như máy tính xách tay, máy tính bảng và điện thoại di động) sẽ quyết định chuyển vùng đến một AP mới khi nó phát hiện ra tín hiệu tốt hơn từ AP đó so với tín hiệu mà nó hiện đang liên kết. Hành vi này là bình thường, đặc biệt khi các thiết bị di chuyển bên trong một môi trường. Khi một máy khách chuyển vùng tới một AP mới, nó cần thiết lập mối quan hệ liên kết/xác thực với AP đó. Trong tình huống các AP hoạt động độc lập với nhau, toàn bộ quá trình này diễn ra mỗi khi máy khách chuyển sang một AP mới. Nếu không có các tiêu chuẩn như 802.11r, máy khách sẽ ngắt kết nối khỏi AP hiện có của nó trước khi kết nối với AP mới. Điều này dẫn đến việc có một khoảng thời gian mà máy khách không có khả năng truy cập mạng, mà hệ quả có thể được biểu hiện dưới dạng mất mát gói tin, gián đoạn cuộc gọi, v.v.

Tiêu chuẩn IEEE 802.11r [2], với công nghệ Fast BSS Transition (FT), được giới thiệu lần đầu tiên vào năm 2008, là một sửa đổi của họ tiêu chuẩn IEEE 802.11, giúp làm tăng diện tích vùng phủ sóng Wi-Fi, mang đến sự thuận tiện cho người dùng thông qua việc chuyển đổi qua lại giữa các AP mà không cần xác thực lại. IEEE 802.11r đảm bảo kết nối nhanh chóng, an toàn và khả năng kết nối không gián đoạn. Điều này rất cần thiết trong môi trường cần vùng phủ sóng rộng, so với việc sử dụng nhiều SSID khác nhau, vốn có thể dẫn đến khó khăn cho người dùng khi truy cập trong môi trường nhiều mạng không dây. Chuyển vùng nhanh (Fast roaming) là một khái niệm cải tiến của chuyển vùng. Quá trình bắt tay ban đầu với một AP mới diễn ra trước khi máy khách chuyển vùng tới AP mục tiêu, được gọi là chuyển tiếp nhanh (FT). Bắt tay ban đầu cho phép máy khách và các AP thực hiện tính toán trước Pairwise Master Key (PMK). Khi máy khách thực hiện trao đổi các yêu cầu hoặc phản hồi tái liên kết (Reassociation request/response) với AP mới, các khóa PMK được áp dụng cho máy khách và AP. Hệ thống phân cấp khóa FT cho phép máy khách thực hiện chuyển đổi BSS nhanh chóng giữa các AP mà không cần tái xác thực với mọi AP. 802.11r loại bỏ chi phí của việc bắt tay trong khi chuyển vùng và do đó giảm thời gian ngắt kết nối giữa các AP, cung cấp bảo mật và QoS. Điều này hữu ích cho các thiết bị khách có các ứng dụng nhạy cảm với độ trễ (như đàm thoại và video qua Wi-Fi).

3.3 Chuyển vùng không gián đoạn với IEEE 802.11k/r/v

Nhằm tối ưu hóa hiệu suất chuyển vùng sóng trên mạng Wi-Fi doanh nghiệp hay môi trường mật độ cao, các tiêu chuẩn 802.11r và 802.11v được kết hợp với 802.11r để tăng tốc quá trình tìm kiếm AP mục tiêu tốt nhất của thiết bị khách, cho phép các máy khách chuyển vùng liên tục hơn, gần như không có độ trễ. Đây chính là điểm mấu chốt của chuyển vùng không gián đoạn (Seamless roaming).

IEEE 802.11k [3] là một sửa đổi của tiêu chuẩn IEEE 802.11, cho phép đo lường tài nguyên vô tuyến (Radio Resource Management – RRM). 802.11k cho phép các máy khách (thỏa mãn tiêu chuẩn 802.11k) yêu cầu một bản báo cáo lân cận chứa thông tin về những AP lân cận đã biết, là ứng viên để chuyển vùng tới. Nhằm tạo điều kiện chuyển vùng, một máy khách đã được liên kết với một AP sẽ gửi yêu cầu đến danh sách những AP lân cận. Yêu cầu được gửi dưới dạng khung (frame) quản lý 802.11. AP phản hồi bằng danh sách các AP lân cận trên cùng một mạng WLAN với chỉ số kênh Wi-Fi (channel) của chúng. Yêu cầu và đáp ứng đều là các khung hành động. Máy khách xác định các ứng viên AP cho lần chuyển vùng tiếp theo từ khung phản hồi. Việc sử dụng quy trình quản lý tài nguyên vô tuyến 802.11k cho phép máy khách chuyển vùng hiệu quả và nhanh chóng. Để tìm một AP chuyển vùng từ thông tin danh sách lân cận, máy khách không thăm dò tất cả các kênh 2,4 GHz và 5 GHz. Việc này nhằm giảm sử dụng kênh, từ đó, làm tăng băng thông trên tất cả các kênh, đồng thời, làm giảm thời gian chuyển vùng và cải thiện các quyết định của máy khách. Ngoài ra, nó cũng làm tăng tuổi thọ pin của thiết bị di động vì không thay đổi cấu hình radio cho từng kênh, cũng như không gửi yêu cầu thăm dò trên mỗi kênh. Nó tránh việc thiết bị phải xử lý tất cả các khung phản hồi thăm dò.

IEEE 802.11v [4] là tiêu chuẩn quản lý mạng không dây (Wireless Network Management) của tiêu chuẩn IEEE 802.11. 802.11v cho phép các máy khách trao đổi thông tin về cấu trúc liên kết (Topology) mạng, bao gồm thông tin về môi trường RF, làm cho từng máy khách nhận biết được mạng, tạo điều kiện cải thiện tổng thể mạng không dây. 802.11v mô tả các cải tiến đối với quản lý mạng không dây, như:

- Tiết kiệm điện năng được hỗ trợ bởi mạng – Giúp máy khách cải thiện tuổi thọ pin bằng cách cho phép chúng “ngủ” lâu hơn. (Ví dụ, thiết bị di động sử dụng một khoảng thời gian nhàn rỗi nhất định để kiểm tra và đảm bảo rằng chúng vẫn được kết nối với các AP; do đó, tiêu thụ nhiều năng lượng hơn khi thực hiện các tác vụ tiếp theo trong mạng không dây).
- Chuyển vùng được hỗ trợ bởi mạng – Cho phép mạng WLAN gửi thông điệp đến các máy khách đã được liên kết để các AP liên kết với máy khách tốt hơn. Khả năng này hữu ích cho cả việc cân bằng tải và điều hướng các máy khách có kết nối kém.

Ngoài ra, còn có một số tiêu chuẩn 802.11 giúp cải thiện hiệu suất chuyển vùng:

- 802.11i (2004) – Tăng cường bảo mật MAC, xác thực và quản lý khóa, Robust Network Security (RSN), 802.1X /PSK, PMK caching /Sticky Key Caching SKC và Xác thực trước.
- 802.11e (2005) – Tăng cường QoS MAC, kiểm soát truy nhập, các chỉ số QBSS liên quan đến chuyển vùng: mức sử dụng kênh, số lượng máy khách và năng lực khả dụng.

- 802.21 (2008) – Media Independent handover, chuyển dùng giữa mạng Wifi và mạng di động.
- 802.11u (2011) – Làm việc với các mạng bên ngoài, Hotspot 2.0, tìm mạng của lân cận chuyển vùng để kết nối tự động và an toàn và chuyển vùng liền mạch di động.
- 802.11ai (2016) – Thiết lập liên kết khởi đầu nhanh chóng, giúp thiết lập kết nối ban đầu nhanh hơn để xác thực Radius, cải tiến đối với quét chủ động và thụ động và giải quyết các Probing storm.

Bảng 1. Những đặc điểm của các tiêu chuẩn 802.11k/v/r đối với quá trình chuyển vùng [1]

| 802.11r Fast BSS Transition (FT) (2008) | 802.11k Radio Resource Management/Neighbor Report (2011) | 802.11v Wireless Network Management (WNM)/BSS Transition Management (2008) |
|---|--|--|
| <p>Fast Secure Transition – Phương thức tiêu chuẩn hóa</p> <ul style="list-style-type: none"> + Làm việc với cả Pre-shared key (PSK) và 802.1X. + Bắt tay ban đầu với AP được thực hiện trước khi máy khách chuyển vùng tới AP mục tiêu. + Không cần xác thực với Radius vào thời điểm chuyển vùng. + Đặc biệt hữu ích với voice call và video stream. | <p>Cải thiện chuyển vùng với dữ liệu đo lường</p> <ul style="list-style-type: none"> – Không chỉ là tiêu chuẩn liên quan đến chuyển vùng. – Báo cáo lân cận thường được sử dụng cho chuyển vùng. – Khi được hỗ trợ, các thông tin liên quan sẽ được gửi kèm phần tử beacon IE. – Nhiều cải tiến chuyển vùng khác. – Thử nghiệm đo lường giữa các beacon để quét thụ động tốt hơn, bộ đếm traffic thể hiện chất lượng, vị trí thiết bị. | <ul style="list-style-type: none"> – Không chỉ là tiêu chuẩn liên quan đến chuyển vùng. – Cho phép máy khách trao đổi thông tin nhằm mục đích cải thiện hiệu suất của mạng không dây. – Cho phép quản lý thông số RF của máy khách dựa trên điều kiện mạng. – Ngoài ra còn có: Thông tin vị trí, số lượng BSSID, chế độ ngủ WNM. |
| <p>– Hai phiên bản</p> <ul style="list-style-type: none"> + Không yêu cầu tài nguyên. + Yêu cầu tài nguyên. <p>– Hai phương thức</p> <ul style="list-style-type: none"> + Over-the-Air (thông qua Wi-Fi) + Over-the-DS (thông qua mạng dây). | <p>Lợi ích</p> <ul style="list-style-type: none"> + Chuyển vùng nhanh hơn. + Quyết định chuyển vùng tốt hơn. + Tiết kiệm pin (ít thăm dò hơn). + Giảm mức sử dụng kênh (ít thăm dò hơn). | <p>Lợi ích</p> <ul style="list-style-type: none"> + Mạng có thể hướng dẫn máy khách chuyển vùng. + Mạng có thể buộc máy khách chuyển vùng. + Máy khách có thể hỏi AP nào tốt hơn. + Quyết định chuyển vùng tốt hơn. |
| <p>Hai pha</p> <ul style="list-style-type: none"> – Liên kết Miền di động khởi đầu 802.11r. + Kết nối lần đầu không nhanh hơn EAP đầy đủ. + Chuẩn bị mạng và máy khách cho FT. | <p>Các đo lường 802.11k</p> <ul style="list-style-type: none"> + Báo cáo lân cận. + Beacon (đo lường và báo cáo của máy khách). + Khung (bộ đếm AP). + Mức sử dụng kênh. + Histogram nhiễu. | <p>Các chức năng 802.11v</p> <p>Quản lý chuyển đổi BSS, xxBSS Quản lý thời gian rỗi tối đa, Sử dụng kênh, Báo cáo giao thoa kết hợp, Báo cáo chẩn đoán, Dịch vụ đa hướng trực tiếp (DMS), Báo cáo sự kiện, Dịch vụ đa hướng linh hoạt (FMS), Dịch vụ định vị, Báo cáo chẩn đoán đa hướng, Khả năng đa BSSID, Proxy ARP,</p> |

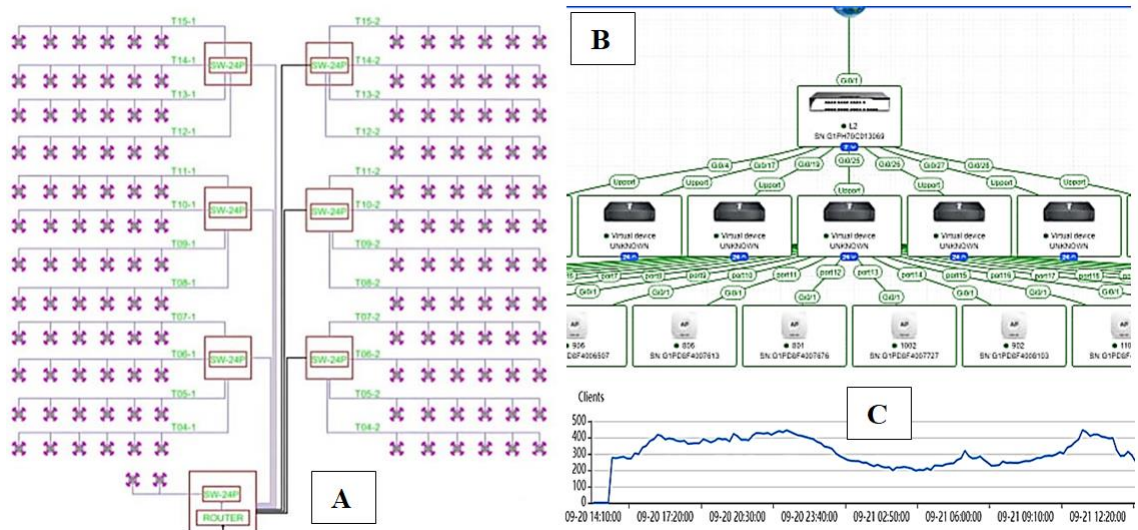
| | | |
|---|---|---|
| 802.11r Fast BSS Transition (FT) (2008) | 802.11k Radio Resource Management/Neighbor Report (2011) | 802.11v Wireless Network Management (WNM)/BSS Transition Management (2008) |
| <ul style="list-style-type: none"> - Tái liên kết 802.11r. + Chuyển vùng nhanh chóng, sử dụng các khóa được lưu sẵn. + Xác thực mở, liên kết lại và kết hợp bắt tay 4 bước. + Mục tiêu độ trễ quá trình handoff dưới 50ms. | <ul style="list-style-type: none"> + Thống kê STA (Bộ đếm STA). + Vị trí. + Thông tin cấu hình. + Đo lường kết nối. + Luồng truyền /danh mục. | <p>Khả năng lưu lượng QoS, Danh sách SSID, Số liệu thống kê STA được kích hoạt, quảng bá TIM, Đo thời gian, Dịch vụ lọc lưu lượng, U-APSD Coexistence, WNM-Notification, Chế độ ngủ WNM.</p> |
| <p>Hỗ trợ</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hỗ trợ rộng rãi bởi các AP, tính năng có thể không được bật mặc định. - Nhiều máy khách cũ có thể không kết nối với mạng 802.11r. Các máy khách có thể gặp khó khăn khi nhận ra các beacon 802.11r và các phản hồi thăm dò. - Cần đảm bảo tính tương thích trước khi bật. - Các giải pháp thay thế của các hãng giúp tương thích. | <p>Vận hành</p> <ul style="list-style-type: none"> + Máy khách yêu cầu báo cáo lân cận với Khung hành động. + AP phản hồi bằng Khung hành động, bao gồm các AP lân cận trong cùng một SSID kèm theo kênh của AP. + Máy khách có thể chỉ quét các kênh cần thiết nhất. + Danh sách lân cận được tạo theo yêu cầu. + Danh sách băng tần đơn (hiện tại) hoặc băng tần kép. | <p>Vận hành</p> <ul style="list-style-type: none"> + Solicited request – Máy khách yêu cầu AP tốt hơn. + Unsolicited Load Balancing request – AP khuyến cáo máy khách chuyển vùng do tải hoạt động. + Unsolicited Optimized Roaming request – AP khuyến cáo chuyển vùng máy khách do RSSI hoặc tốc độ dữ liệu thấp. + 802.11v BSS Transition Management Request – AP khuyến cáo máy khách chuyển vùng hoặc buộc chuyển vùng khi sắp xảy ra ngắt kết nối. |

4 Thực nghiệm với hệ thống mạng không dây trong môi trường mật độ cao

4.1 Thiết kế và xây dựng mô hình mạng không dây

Nhóm nghiên cứu thiết kế, xây dựng và triển khai một hệ thống mạng không dây cho khu vực ký túc xá của trường đại học. Mô tả môi trường triển khai hệ thống: Ký túc xá Trường Đại học Y Dược Hải Phòng được xây dựng trên diện tích 1.775 m², bao gồm một tòa nhà 15 tầng (có 396 phòng) với sức chứa 2.500 chỗ ở cho sinh viên (có ba loại phòng cho hai, bốn và tám người tương ứng với 30, 52 và 41 m²). Tầng 1 được sử dụng làm nhà để xe cho sinh viên; tầng 2 phục vụ ăn uống với sức chứa hàng nghìn người đảm bảo việc phục vụ ăn uống và sinh hoạt cho sinh viên khu ký túc xá; Tầng 3 là khu vui chơi thể thao, phòng Internet; từ tầng 4 đến tầng 15 là khu nhà ở; khu phục vụ vui chơi giải trí gồm: sân bóng đá mini (đang xây dựng), một sân bóng chuyên, một sân bóng rổ, hai sân cầu lông... Hệ thống Wi-Fi với bốn đường truyền 1 Gbps (Viettel) bao phủ từ tầng 1 tới tầng 15 của tòa nhà. Đây là môi trường với đặc điểm mật độ cao (số lượng người dùng lớn, tỉ lệ thiết bị trên người dùng lớn, mật độ người dùng cao, loại ứng dụng và thiết bị được sử dụng rất đa dạng, bao gồm cả thiết bị không dây cố định và thiết bị di

động, yêu cầu đáp ứng bằng thông cao), với nhiều phòng, nhiều tầng và nhiều khu vực chức năng.



Hình 1. Topology mạng của hệ thống thực nghiệm (A); Sơ đồ kết nối thiết bị của một phần hệ thống thực nghiệm (B); Số lượng thiết bị khách truy cập đồng thời vào hệ thống mạng (C)

Hình 1A mô tả hình trạng mạng của hệ thống mạng không dây thực nghiệm. Hệ thống bao gồm một Router (model CCR1016-12G của Mikrotik, rackmount 1U, 12 cổng Gigabit Ethernet, CPU 16 lõi × 1,2 GHz, bộ nhớ RAM 2 GB, fastpath 17,8 mpps; thông lượng đạt đến 12 Gbit/s, RouterOS L6, PSU đôi), một Switch (model S1920-24GT4S FP/2GT của Ruijie, switch quản lý thông minh, 24 cổng 10/100/1000BASE-T, 4 cổng SFP), tám Switch (model RG-ES126G-P-L của Ruijie, 24 cổng 10/100/1000BASE-T, 2 cổng SFP) và 144 AP (model AP710 của Ruijie, AP 802.11ac trong nhà, sóng đôi, băng tần kép, hai spatial-stream, tỉ lệ truy cập lên tới 1,167 Gbps, một cổng uplink 10/100/1000BASE-T). Việc kết nối các thiết bị được mô tả một phần trên Hình 1B. Hình 1C cho biết tổng số máy khách/thiết bị không dây mà hệ thống mạng đáp ứng đồng thời tại một thời điểm, được cập nhật trong khoảng thời gian một ngày. Có thể thấy, hệ thống có khả năng xử lý lượng kết nối lớn (với trên 450 máy khách/thiết bị truy cập).

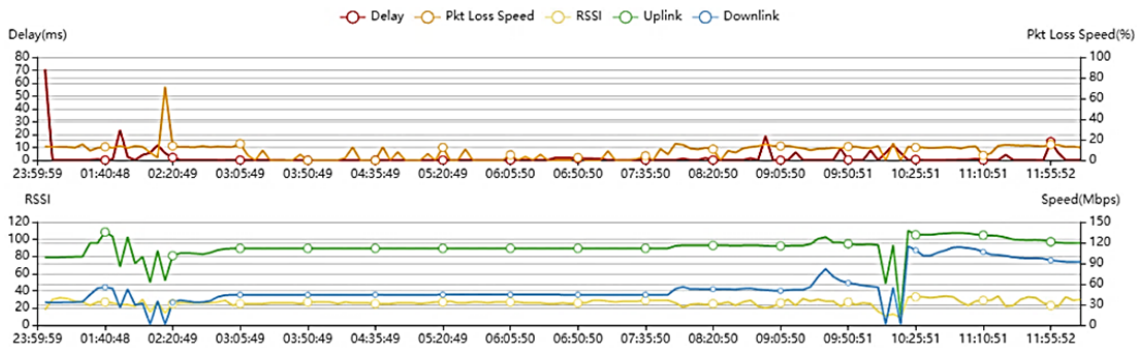
4.2 Đánh giá hiệu suất chuyển vùng của hệ thống với Fast Roaming và Seamless Roaming

Việc so sánh được thực hiện trên cùng một hệ thống mạng không dây thực nghiệm, sử dụng hai chế độ chuyển vùng và cùng sử dụng một máy khách (điện thoại di động/hệ điều hành iOS) để so sánh. Hai sơ đồ (Hình 3 và Hình 4) cung cấp các thông số thu được, bao gồm độ trễ

(Delay), tỉ lệ rớt gói tin (Pkt loss), cường độ tín hiệu (RSSI) và Uplink/Downlink, trong quá trình chuyển vùng với chế độ Fast Roaming và Seamless Roaming.

Đánh giá hệ thống với phương thức Fast Roaming

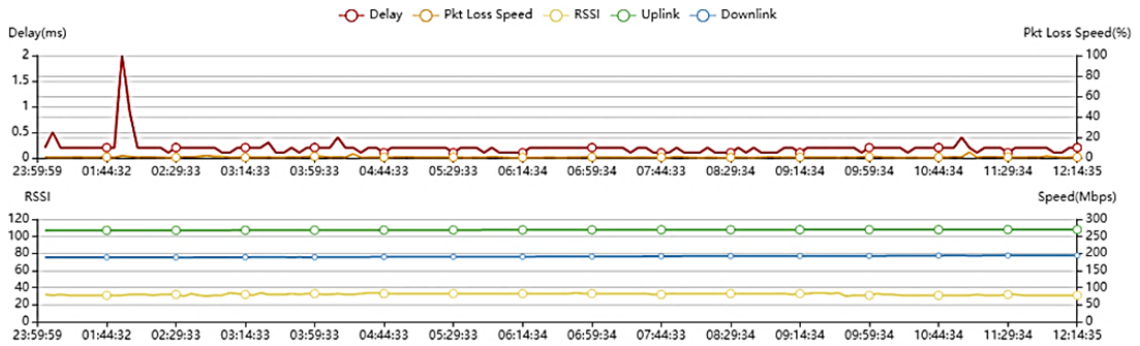
Hệ thống mạng không dây thử nghiệm với phương thức Fast Roaming. Từ các thông số đo lường thu được (Hình 2), có thể thấy việc chuyển vùng nhanh giữa các điểm truy cập của thiết bị có độ trễ thấp (thông số Delay – độ trễ trong khoảng 8–24 ms). Tuy nhiên, trong khi quá trình chuyển vùng diễn ra, vẫn còn xuất hiện tình trạng rớt gói tin (thông số Pkt Loss biến động và trên 10%), không giữ được tín hiệu và băng thông ổn định (thông số RSSI – cường độ tín hiệu không ổn định, thông số Speed – tốc độ đường truyền cho cả Down/Uplink không đạt một nửa so với mức tối đa và có những thời điểm giảm sâu).



Hình 2. Kết quả đo lường quá trình chuyển vùng với Fast Roaming

Đánh giá hệ thống với phương thức Seamless Roaming

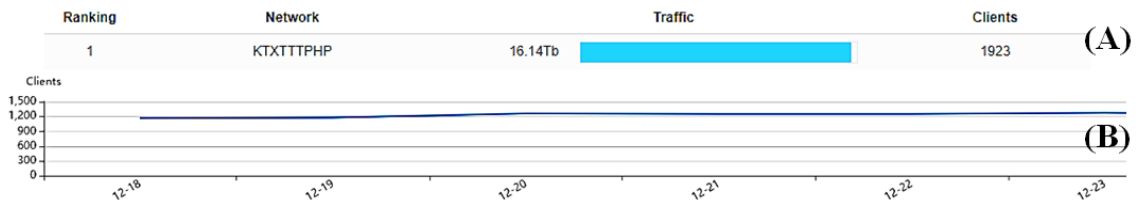
Hệ thống mạng không dây được chuyển sang phương thức Seamless Roaming. Từ các thông số đo lường thu được (Hình 3), chuyển vùng không gián đoạn với thời gian chuyển vùng cực nhanh (thông số Delay – độ trễ dưới 0,5 ms, cao nhất 2 ms và gần như không có độ trễ); đồng thời, không có hiện tượng rớt gói tin (thông số Pkt Loss gần như bằng 0%) và đảm bảo cung cấp tín hiệu và băng thông ổn định cho máy khách trong môi trường có mật độ thiết bị lớn (thông số RSSI – cường độ tín hiệu ổn định, thông số Speed – tốc độ đường truyền cho cả Down/Uplink ổn định và đạt mức gần như tối đa).



Hình 3. Kết quả đo lường quá trình chuyển vùng với Seamless Roaming

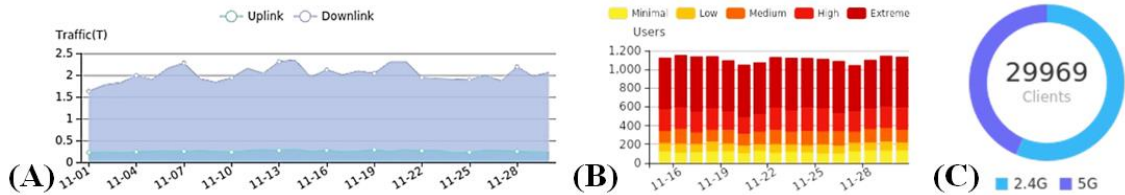
4.3 Đánh giá khả năng đáp ứng của hệ thống trong môi trường mật độ cao

Hệ thống mạng không dây được triển khai trong một môi trường mật độ cao điển hình (Ký túc xá). Kết quả đo lường cho thấy khả năng của hệ thống khi đáp ứng tốt yêu cầu của số lượng lớn máy khách. Hình 4A cho thấy tổng lưu lượng đáp ứng của hệ thống trong khoảng thời gian một tuần đạt trên 16 Tb cho gần 2.000 máy khách (Hình 4A). Tổng lưu lượng theo từng ngày trong khoảng 1,6–2,4 Tb đối với kết nối tải xuống (Downlink) và khoảng 0,2–0,3 Tb đối với kết nối tải lên (Uplink) (Hình 5A).



Hình 4. Tổng lưu lượng và số máy khách mà hệ thống đáp ứng trong một tuần (A); Số lượng máy khách hoạt động theo từng ngày (B)

Trung bình mỗi ngày, có khoảng 1.200 máy khách hoạt động (Hình 4B). Hình 5B cung cấp thông tin chi tiết hơn về mức độ máy khách hoạt động theo từng ngày (Mức độ hoạt động được đánh giá dựa trên thời gian trực tuyến và lưu lượng truy cập). Có thể thấy, số lượng máy trạm hoạt động ở mức Rất cao (Extreme – thời gian trực tuyến trên 8 h/ngày và lưu lượng truy cập trên 10 MB) chiếm tỉ lệ một nửa trong tổng số gần 1.200 người dùng. Cũng theo kết quả thống kê, tổng cộng có gần 30 nghìn lượt máy khách thực hiện chuyển vùng trong một tháng (trên cả hai băng tần 2,4 GHz và 5 GHz).



Hình 5. Tổng lưu lượng theo từng ngày (A); Mức độ máy khách hoạt động theo ngày (B); Tổng số lượt máy khách chuyển vùng trong một tháng (C)

4.4 Thảo luận

Hệ thống mạng không dây thử nghiệm với phương thức Fast Roaming giúp các máy trạm chuyển vùng nhanh chóng giữa các thiết bị phát nhằm đạt mức tín hiệu tốt hơn, băng thông ổn định. Sau khi việc xác thực giữa máy khách và thiết bị phát sóng hoàn tất, 802.11r sử dụng dịch vụ chuyển đổi nhanh (Fast BSS transition) nhằm lưu khóa đã được mã hoá trên toàn bộ thiết bị phát sóng trong mạng. Tính năng này giúp máy khách toàn tất việc xác thực trước khi chuyển tiếp sang các thiết bị phát sóng khác và lúc này có thể bỏ qua bước xác thực kết nối khi chuyển tiếp.

Hệ thống mạng không dây được chuyển sang phương thức Seamless Roaming – một cải tiến của Fast Roaming. Ngoài việc sử dụng chuẩn IEEE 802.11r, chuyển vùng không gián đoạn còn sử dụng thêm chuẩn IEEE 802.11k và IEEE 802.11v nhằm tạo trải nghiệm liền mạch khi chuyển vùng cho người dùng. Ngoài việc đạt mức tín hiệu tốt và băng thông cao, chuyển vùng liền mạch có thể tối ưu hoá khả năng tải của từng thiết bị phát sóng bằng việc điều chỉnh số lượng người dùng trên mỗi thiết bị. Nguyên lý hoạt động của chuyển vùng liền mạch giống với chuyển vùng nhanh. Tuy nhiên, khi kết hợp với IEEE 802.11k, thiết bị phát sóng có thể cho máy khách một danh sách các điểm truy cập khác và cho máy khách hiểu môi trường sóng xung quanh. Nhờ đó, máy khách lựa chọn tín hiệu tốt hơn, giảm thời gian quét các điểm truy cập và chuyển vùng tốt hơn. Kết hợp với việc sử dụng IEEE 802.11v, bộ điều khiển điểm truy cập sẽ đánh giá chất lượng kết nối của máy khách và hướng dẫn cho máy khách chuyển vùng sang điểm truy cập cung cấp trải nghiệm tốt hơn và tối ưu khả năng tải của các thiết bị trong mạng không dây.

Như vậy, so với phương thức Fast roaming chỉ sử dụng tiêu chuẩn 802.11r, phương thức Seamless roaming kết hợp thêm khả năng tăng tốc độ tìm kiếm AP mục tiêu tốt nhất của hai tiêu chuẩn 802.11k và 802.11v với khả năng liên kết AP nhanh hơn mà FT (802.11r) cung cấp, giúp các ứng dụng có thể hoạt động nhanh hơn và người dùng có được trải nghiệm Wi-Fi tốt hơn.

Cuối cùng, yếu tố quan trọng nhất quyết định đến việc chuyển đổi giữa các AP chính là máy khách/thiết bị không dây, chứ không phải bởi AP, bộ định tuyến, v.v. Cần kiểm tra tính

tương thích của máy khách với các tiêu chuẩn 802.11k/v/r. Từng mạng không dây cụ thể lại có thiết kế khác nhau; do đó, không phải tất cả các triển khai 802.11k, 802.11v hay 802.11r đều tương tự nhau. Các tiêu chuẩn này cung cấp sự tự do nhất định khi thiết lập với nhiều tính năng có thể tùy chọn. Việc hệ thống Wi-Fi và thiết bị được hỗ trợ và kích hoạt một hoặc nhiều công nghệ hỗ trợ chuyển vùng nêu trên không có nghĩa là quá trình chuyển vùng diễn ra nhanh chóng và suôn sẻ. Thậm chí, sẽ có trường hợp trải nghiệm chuyển vùng vẫn tốt nếu không sử dụng chúng.

5 Kết luận

Các hệ thống mạng không dây hiện nay phải hỗ trợ kết nối cho hàng loạt ứng dụng và thiết bị di động hiện đại vốn yêu cầu vùng phủ sóng rộng, băng thông cao. Trong môi trường có mật độ cao như trường học hoặc doanh nghiệp, một lượng lớn người dùng, cùng hoạt động trong vùng phủ sóng được đáp ứng từ mỗi điểm truy cập, truy cập vào hệ thống Wi-Fi và yêu cầu băng thông đồng thời. Ngoài ra, các điểm truy cập cần đảm bảo mọi kết nối của ứng dụng luôn được giữ thông suốt và ổn định khi các thiết bị di chuyển từ vùng phủ sóng này sang vùng khác. Với những ưu điểm nổi trội so với chuyển vùng nhanh như thời gian chuyển vùng cực ngắn (gần như không có độ trễ), không xảy ra hiện tượng rớt gói tin và đảm bảo cung cấp băng thông ổn định cho máy khách, giải pháp chuyển vùng không gián đoạn với các tiêu chuẩn 802.11k/r/v là một sự lựa chọn cần thiết cho các nhà quản trị trong việc thiết kế, xây dựng và triển khai vận hành hệ thống mạng không dây mật độ cao.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành gửi lời cảm ơn tới Bộ môn Truyền thông mạng máy tính (Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam), quý công ty VTS Việt Nam cùng dự án. Bài báo là một sản phẩm của công trình nghiên cứu khoa học sinh viên trường Đại học Hàng hải Việt Nam năm học 2021–2022.

Tài liệu tham khảo

1. 7signal, Mysteries of Wi-Fi roaming revealed, Truy cập: 21/09/2021. [Online]. Địa chỉ: <<https://cdn2.hubspot.net/hubfs/353374/Knowledge%20Base/MYSTERIES%20of%20Wi-Fi%20Roaming%20Revealed%20-%207SIGNAL%20Whitepaper.pdf>>
2. IEEE, IEEE 802.11r-2008 - IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 2: Fast Basic Service Set (BSS) Transition.

3. IEEE, IEEE 802.11k-2008 - IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 1: Radio Resource Measurement of Wireless LANs.
4. IEEE, IEEE 802.11v-2011 - IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 8: IEEE 802.11 Wireless Network Management.
5. SAMSUNG Knox, Enhanced Roaming Algorithm, Truy cập: 21/09/2021. [Online]. Địa chỉ: <<https://docs.samsungknox.com/admin/knox-platform-for-enterprise/kbas/kba-115013403768.htm>>
6. CISCO, Enterprise Mobility 8.1 Design Guide - Chapter: 802.11r, 802.11k, 802.11v, 802.11w Fast Transition Roaming, Truy cập: 21/09/2021. [Online]. Địa chỉ: <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/8-1/Enterprise-Mobility-8-1-Design-Guide/Enterprise_Mobility_8-1_Deployment_Guide/Chapter-11.html>
7. Apple, Wi-Fi network roaming with 802.11k, 802.11r, and 802.11v on iOS, Truy cập: 21/09/2021. [Online]. Địa chỉ: <<https://support.apple.com/en-us/HT202628>>
8. A. Viviano, Fast Roaming with 802.11k, 802.11v, and 802.11r, Microsoft Docs, Truy cập: 21/09/2021. [Online]. Địa chỉ: <<https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/network/fast-roaming-with-802-11k--802-11v--and-802-11r>>.