

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Trần Thị Thùy Dương

NGHIÊN CỨU MỘT SỐ VẤN ĐỀ ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG DỊCH
VỤ VÀ CHẤT LƯỢNG TRẢI NGHIỆM CHO MẠNG KHÔNG DÂY

LUẬN VĂN THẠC SĨ HỆ THỐNG THÔNG TIN

Hà Nội - 2023

BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



TRẦN THỊ THÙY DƯƠNG

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ VẤN ĐỀ ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ
VÀ CHẤT LƯỢNG TRẢI NGHIỆM CHO MẠNG KHÔNG DÂY**

LUẬN VĂN THẠC SĨ HỆ THỐNG THÔNG TIN

Mã số: 8480104

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC :

1. TS.Ngô Hải Anh

Hà Nội - Năm 2023

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các kết quả được công bố với các tác giả khác đều được sự đồng ý của các đồng tác giả trước khi đưa vào luận văn. Các kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Hà Nội, ngày 27 tháng 12 năm 2023

HỌC VIÊN



Trần Thị Thùy Dương

LỜI CẢM ƠN

Luận văn được thực hiện tại Học viện Khoa học và Công nghệ – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, dưới sự hướng dẫn của TS. Ngô Hải Anh. Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Thầy về định hướng khoa học, người đã động viên, trao đổi nhiều kiến thức và chỉ bảo tôi vượt qua những khó khăn để hoàn thành luận văn này. Tôi trân trọng cảm ơn Học viện Khoa học và Công nghệ và Viện Công nghệ thông tin – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã tạo điều kiện thuận lợi cho tôi trong suốt quá trình nghiên cứu thực hiện luận văn.

Cuối cùng, tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới gia đình, bạn bè, những người đã luôn ủng hộ, giúp đỡ và hỗ trợ tôi về mọi mặt để tôi yên tâm học tập đạt kết quả tốt.

Hà Nội, ngày 27 tháng 12 năm 2023

HỌC VIÊN



Trần Thị Thùy Dương

MỤC LỤC

Lời cam đoan	1
Lời cảm ơn	2
MỤC LỤC	i
Danh mục các bảng	
Danh mục các hình vẽ, đồ thị	
MỞ ĐẦU	1
1. Tìm hiểu về mạng không dây và chuẩn IEEE 802.11	5
1.1. Giới thiệu	5
1.2. Chuẩn IEEE 802.11e cho dữ liệu đa phương tiện với các mạng không dây	10
1.3. Phương pháp đánh giá hiệu năng mạng không dây	12
1.3.1. Đánh giá bằng công cụ mô phỏng	13
1.3.2. Đánh giá bằng công cụ giả lập testbed	14
1.4. Kết luận	18
2. Tìm hiểu về chất lượng dịch vụ (QoS) và chất lượng trải nghiệm (QoE)	19
2.1. Giới thiệu	19
2.2. Phân tích so sánh QoS và QoE	20
2.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến QoE	25
2.3.1. Giới thiệu	25
2.3.2. IF mức con người	27
2.3.3. IF mức hệ thống	32
2.3.4. IF mức ngữ cảnh	35
2.4. Kết luận	40
3. Đánh giá thử nghiệm hiệu năng cho mạng không dây	41
3.1. Thử nghiệm hệ thống testbed phục vụ đánh giá hiệu năng mạng	41

3.1.1. Những ưu điểm của testbed và mô hình hoạt động của một hệ thống testbed cơ bản	41
3.1.2. Thiết lập hệ thống testbed	44
3.2. Phương pháp đánh giá mạng bằng testbed	47
3.3. Đánh giá mô hình mạng không dây đa chặng	49
3.3.1. Đánh giá ảnh hưởng của các tham số chất lượng dịch vụ	49
3.3.1.1. Đánh giá ảnh hưởng của tham số CW	52
3.3.1.2. Đánh giá ảnh hưởng của tham số TXOP	54
3.3.1.3. Đánh giá ảnh hưởng của tham số AIFS	56
3.3.2. Nhận xét ảnh hưởng của các tham số QoS đến hiệu năng mạng	58
3.4. Kết luận	59

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.2.1. Độ ưu tiên và các mức truy cập	11
Bảng 1.2.2. Các tham số EDCA mặc định	12
Bảng 2.2.1. Tổng hợp các định nghĩa về QoS và QoE	22
Bảng 3.3.1. Các tham số QoS mặc định	50
Bảng 3.3.2. Kết quả mô phỏng ở chế độ DCF	50
Bảng 3.3.3. Kết quả mô phỏng ở chế độ EDCA	50
Bảng 3.3.4. Các giá trị giống nhau cho các tham số WMM.	51
Bảng 3.3.5. Kết quả mô phỏng chế độ EDCA với các tham số QoS giống nhau	52

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 1.1.1. Quá trình phát triển của họ tiêu chuẩn IEEE-802.11.	7
Hình 2.2.1. QoE là hàm trọng số của KQI mà người dùng có thể cảm nhận được, có liên kết với các KPI liên quan đến QoS [1].	23
Hình 2.2.2. Kiến trúc mức khái niệm để quản lý mạng dựa trên QoE, với các cơ chế quản lý thường được sử dụng.	25
Hình 2.3.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng trải nghiệm có thể được nhóm thành các yếu tố ảnh hưởng đến con người, hệ thống và bối cảnh.	27
Hình 3.1.1. Wireless node trong hệ thống testbed được xây dựng	44
Hình 3.1.2. Sơ đồ tổng quan của hệ thống testbed được xây dựng	45
Hình 3.1.3. Sơ đồ logic của hệ thống testbed được xây dựng	46
Hình 3.1.4. Sơ đồ cài đặt của testbed	47
Hình 3.2.1. Thông tin WiFi tại môi trường thiết lập mô phỏng.	47
Hình 3.2.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm.	48
Hình 3.3.1. Mô hình mạng ad hoc đa chặng	49
Hình 3.3.2. So sánh thông lượng theo CW_{min} của dữ liệu Video	53
Hình 3.3.3. So sánh jitter theo CW_{min} của dữ liệu Video	53
Hình 3.3.4. So sánh tỷ lệ mất gói theo CW_{min} của dữ liệu Video	54
Hình 3.3.5. So sánh thông lượng theo TXOPlimit của dữ liệu Voice	55
Hình 3.3.6. So sánh jitter theo TXOPlimit của dữ liệu Voice	56
Hình 3.3.7. So sánh tỷ lệ mất gói tin theo TXOPlimit của dữ liệu Voice	56
Hình 3.3.8. So sánh thông lượng theo AIFSN của dữ liệu Video	57
Hình 3.3.9. So sánh jitter theo AIFSN của dữ liệu Video	58
Hình 3.3.10 So sánh tỷ lệ mất gói theo AIFSN của dữ liệu Video	58

MỞ ĐẦU

1. Giới thiệu

Hiện nay mạng máy tính đặc biệt là mạng không dây ngày càng đóng vai trò quan trọng trong cuộc sống. Các nghiên cứu về mạng và mạng không dây có phạm vi rất rộng và được nhiều nhà nghiên cứu tập trung tìm hiểu như đánh giá hiệu năng mạng, đảm bảo chất lượng mạng, an toàn an ninh mạng,... Thông thường, các nghiên cứu sẽ phân tích và đánh giá mạng một cách khách quan bằng cách đo lường một số tiêu chí để xác định chất lượng mạng. Việc định lượng này được gọi là *Chất lượng dịch vụ* (Quality of Service – QoS) của mạng. Thuật ngữ QoS đề cập đến khả năng mạng đạt được hành vi rõ ràng, xác định hơn, qua đó dữ liệu có thể được vận chuyển với các tiêu chí *mất gói* (packet loss) và *độ trễ* (delay) ở mức tối thiểu và tiêu chí *băng thông* (bandwidth) ở mức tối đa, đây là các tiêu chí thuần túy kỹ thuật. Tuy nhiên QoS không xem xét nhận thức của người dùng, do đó các nghiên cứu có thể xem xét một kỹ thuật khác có tính đến ý kiến hoặc cảm nhận, trải nghiệm của người dùng được gọi là *Chất lượng trải nghiệm* (Quality of Experience — QoE). QoE là một thước đo chủ quan liên quan đến các khía cạnh của con người; nó gắn kết nhận thức, kỳ vọng và trải nghiệm của người dùng về hiệu suất của mạng cũng như các ứng dụng chạy trên mạng, do vậy cũng có ý nghĩa thực tế.

Qua những thông tin ở trên, có thể thấy việc nghiên cứu về QoS và QoE cho mạng không dây, với một số loại dữ liệu thông dụng như dữ liệu đa phương tiện gồm âm thanh (voice), video, và hình ảnh (image) đang trở thành một lĩnh vực được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm tìm hiểu. Do vậy, tôi chọn theo hướng nghiên cứu tìm hiểu một số vấn đề đảm bảo chất lượng dịch vụ và chất lượng trải nghiệm cho mạng không dây làm đề tài luận văn của mình.

2. Tổng quan tình hình nghiên cứu

Các giải pháp khác nhau cho QoS đã được đề xuất ở nhiều tầng khác nhau trong Mô hình bảy tầng mạng của OSI. Hai tầng thường được sử dụng cho QoS là

tầng Ứng dụng và tầng Mạng [2]. Tầng Ứng dụng bao gồm các dịch vụ được cung cấp bởi ứng dụng để đạt được QoS yêu cầu. QoS của tầng ứng dụng liên quan đến các tham số như tốc độ khung hình, độ phân giải, màu sắc, loại codec video và âm thanh,... Mặt khác, các dịch vụ của tầng Mạng được cung cấp bởi các thiết bị như bộ chuyển mạch và bộ định tuyến. Tầng Mạng xem xét các tham số như độ trễ, biến đổi độ trễ (jitter) và tỷ lệ mất gói tin,... Các định nghĩa từ các nghiên cứu khác nhau gợi ý rằng có thể hình dung một lớp giả nhận thức bên trên cả hai lớp này, lớp này liên quan đến trải nghiệm của người dùng cuối (QoE) [3]. Một số nghiên cứu coi lớp giả này là phần mở rộng của tầng Ứng dụng [4], trong khi những người khác xem QoE là phần mở rộng của QoS truyền thống vì QoE cung cấp thông tin liên quan đến các dịch vụ được phân phối từ quan điểm của người dùng [4].

Chất lượng dịch vụ (QoS) ở Tầng Ứng dụng (Application layer) được điều khiển bởi nhận thức của con người. Nhận thức của con người về các dịch vụ video dựa trên hai đặc điểm: nhận thức không gian và nhận thức thời gian. Về mặt mã hóa video, ba kỹ thuật được sử dụng để đạt được quá trình nén; đó là các kỹ thuật mã hóa Intraframe, Interframe và Entropy. Còn QoS ở Tầng Mạng (Network layer) có thể được phân thành hai loại chính: ưu tiên và dự trữ tài nguyên. Các cơ chế và giải pháp khác nhau có thể được sử dụng để hình thành QoS ở Lớp mạng, chẳng hạn như trong các tài liệu kỹ thuật về Dịch vụ khác biệt (DiffServ) [5], Dịch vụ tích hợp [6] và Chuyển mạch nhãn đa giao thức (MPLS) [7].

Ngoài sự phổ biến của các nghiên cứu về QoS theo hướng mang yếu tố kỹ thuật, có thể thấy rằng người dùng cuối (con người)—mới có phán quyết quyết định về chất lượng dịch vụ nhận được. Trong một số nghiên cứu, các tác giả ([8–11]) đã chỉ ra rằng việc áp dụng phương pháp tiếp cận dựa trên chủ quan có thể dẫn đến những cải thiện đáng kể về chất lượng cảm nhận của người dùng, tức là Chất lượng trải nghiệm (QoE), so với các phương pháp lấy mạng làm trung tâm, chẳng hạn như tối đa hóa thông lượng hệ thống (tức là tổng tốc độ dữ liệu được phân phối đến tất cả các thiết bị đầu cuối). Do đó, có sự thay đổi về các kỹ thuật mạng chuyển từ cơ chế định hướng QoS sang QoE đã được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu trong những năm gần đây.

Qua một số phân tích tìm hiểu ở trên, chúng ta thấy nhiều yếu tố có thể ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ mạng (QoS) và chất lượng cảm nhận dịch vụ (QoE) của người dùng, bao gồm độ tin cậy của mạng, quy trình chuẩn bị nội dung và hiệu suất của thiết bị đầu cuối. QoS của các dịch vụ truyền phát đa phương tiện qua mạng không dây được xác định bởi một số tham số phụ thuộc lẫn nhau. Một số thông số có thể được điều chỉnh, chẳng hạn như *băng thông* và *độ phân giải* hình ảnh, trong khi những thông số khác thì không như *tỷ lệ mất gói* và *độ trễ*. Các tham số còn thiếu này phải được xem xét để tăng sự hài lòng của người dùng cuối. Tuy nhiên, sự hài lòng của người dùng không chỉ bị ảnh hưởng bởi các tham số QoS, mà còn có các yếu tố chủ quan (QoE) như trải nghiệm người dùng, sở thích của người dùng và kỳ vọng của người dùng. Do vậy việc tập trung tìm hiểu về đảm bảo QoS/QoE cho mạng không dây là cần thiết và có ý nghĩa thời sự.

3. Mục tiêu luận văn

Mục tiêu tổng quát của luận văn là nghiên cứu cơ sở lý thuyết và tìm hiểu một số giải pháp nâng cao chất lượng dịch vụ và chất lượng trải nghiệm trong mạng không dây. Cụ thể là:

1. Tìm hiểu về chất lượng dịch vụ và chất lượng trải nghiệm cho mạng không dây.
2. Nghiên cứu một số giải pháp đảm bảo/nâng cao chất lượng dịch vụ và chất lượng trải nghiệm cho mạng không dây.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Chất lượng dịch vụ và Chất lượng trải nghiệm trong mạng không dây là một chủ đề rất rộng và phức tạp. Để hoàn thành mục tiêu nghiên cứu, luận văn xác định đối tượng và phạm vi như sau:

- a) *Đối tượng*: Mạng không dây và một số tiêu chuẩn thông dụng của mạng không dây; Tìm hiểu về chất lượng dịch vụ (Quality of Service – QoS) và chất lượng trải nghiệm (Quality of Experience – QoE); Tìm hiểu một số phương pháp đảm bảo QoS/QoE cho mạng không dây.
- b) *Phạm vi*: Mạng máy tính nói chung có phạm vi nghiên cứu rất rộng, và các tiêu chuẩn không dây cũng rất đa dạng, nội dung luận văn tập trung vào tiêu chuẩn

mạng không dây IEEE 802.11 và nghiên cứu một số vấn đề đảm bảo QoS/QoE cho chuẩn này.

5. Phương pháp nghiên cứu

Đề tài được nghiên cứu theo phương pháp nghiên cứu lý thuyết và đánh giá sử dụng một trong các phương pháp phổ biến là mô hình hóa, mô phỏng, hoặc giả lập.

6. Bố cục luận văn

Luận văn được bố cục gồm 3 phần là Mở đầu, Nội dung và Kết luận. Trong đó phần quan trọng nhất là Nội dung gồm các chương sau:

- **Chương 1:** “*Tìm hiểu về mạng không dây và chuẩn IEEE 802.11*” tìm hiểu các chuẩn mạng không dây và vấn đề hiệu năng mạng không dây, đặc biệt với dữ liệu đa phương tiện.
- **Chương 2:** “*Tìm hiểu về chất lượng dịch vụ (QoS) và chất lượng trải nghiệm (QoE)*” nghiên cứu so sánh QoS và QoE.
- **Chương 3:** “*Đánh giá thử nghiệm hiệu năng cho mạng không dây*” thực hiện việc đánh giá dựa trên hệ thống thực nghiệm (testbed) mạng không dây đối với dữ liệu đa phương tiện.

7. Đóng góp của luận văn

Luận văn đã tập trung tìm hiểu hoạt động của mạng không dây, các dịch vụ dữ liệu đa phương tiện trên mạng không dây. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng của dịch vụ dữ liệu đa phương tiện trên mạng không dây, nhưng luận văn tập trung tìm hiểu hai vấn đề chính là *chất lượng dịch vụ* (Quality of Service – QoS) và *chất lượng trải nghiệm* (Quality of Experience – QoE). Luận văn cũng triển khai đánh giá hiệu năng mạng không dây với dữ liệu đa phương tiện, dựa trên mô hình mạng thật (testbed) có quy mô nhỏ.

CHƯƠNG 1. TÌM HIỂU VỀ MẠNG KHÔNG DÂY VÀ CHUẨN IEEE 802.11

1.1. Giới thiệu

Vào năm 1997, Viện Kỹ nghệ điện và điện tử (Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE) tạo ra chuẩn mạng không dây cục bộ (Wireless LAN – WLAN) đầu tiên, đó là chuẩn 802.11. Các tiêu chuẩn IEEE 802.11 đã trải qua quá trình phát triển lâu dài như Hình 1.1.1. Trong số nhiều tiêu chuẩn 802.11x thì chuẩn IEEE 802.11e được đề xuất năm 2005 [12] là đáng chú ý vì đưa ra các tập *chất lượng dịch vụ* (Quality of Service – QoS) tập trung vào các ứng dụng đa phương tiện như voice, video, và chuẩn IEEE 802.11e này đã được hợp nhất như một thành phần trong chuẩn WLAN IEEE 802.11 vào năm 2012 [13, 14].

Có thể khái quát quá trình phát triển của chuẩn không dây IEEE 802.11 cũng như các đề xuất bổ sung cho chuẩn này như sau:

Bắt đầu từ năm 1997, tiêu chuẩn cho mạng WLAN đã được đề xuất và *tiêu chuẩn* (standard) không dây được ký hiệu IEEE 802.11, tuy nhiên do giới hạn băng tần cực đại chỉ ở mức 2 Mbps nên không đáp ứng được thực tế sử dụng, các thiết bị không dây theo chuẩn ban đầu này gần như không được sản xuất và nhu cầu cải tiến 802.11 được đặt ra.

Một *đề xuất mở rộng* (amendment) cho IEEE 802.11 đã nhanh chóng được đề xuất vào tháng 7 năm 1999 và có tên *IEEE 802.11b*, hỗ trợ băng thông gần tương đương với Ethernet lúc đó là 11 Mbps. 802.11b sử dụng tần số 2.4 GHz vốn được dùng rộng rãi cho các thiết bị gia dụng như điện thoại không dây (kéo dài), lò vi sóng hoặc các thiết bị khác, do vậy các thiết bị 802.11b có thể bị xuyên nhiễu từ các thiết bị sử dụng cùng dải tần 2.4 GHz này, cách khắc phục có thể là đặt các thiết bị 802.11b cách xa các thiết bị cùng tần số để giảm được hiện tượng xuyên nhiễu. IEEE cũng trong năm 1999 này đã tạo ra mở rộng thứ hai cho chuẩn 802.11 có tên *IEEE 802.11a*, còn được coi là *WiFi thế hệ thứ hai – WiFi 2*, chuẩn này hỗ trợ băng thông lên đến 54 Mbps và tín hiệu trong một phổ tần số quy định quanh mức 5GHz. Tần số

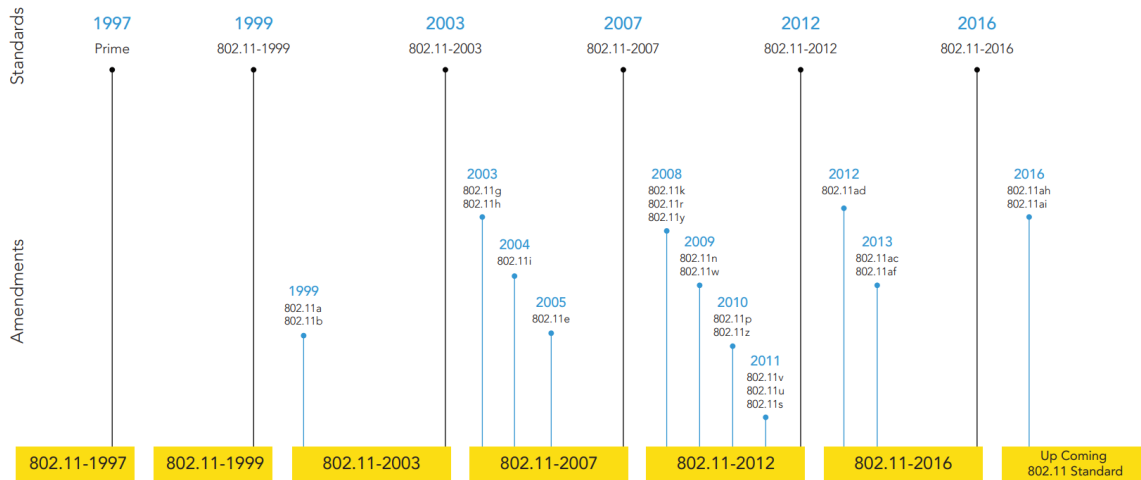
của 802.11a cao hơn so với 802.11b, và với tần số này, các tín hiệu 802.11a cũng khó xuyên qua các vách tường và các vật cản khác hơn. Hai chuẩn a và b này thường được gọi chung là chuẩn *IEEE-802.11 1999* [13].

Từ năm 2003, một loạt các mở rộng tiếp theo của IEEE 802.11 được đưa ra gồm: *IEEE 802.11g*, có thể nói 802.11g đã kết hợp các ưu điểm của cả 802.11 a và b trước đó nhằm hỗ trợ băng thông cao 54 Mbps và phạm vi tín hiệu tốt hơn và có khả năng tương thích ngược với các chuẩn trước đó. *IEEE 802.11h* là phiên bản nâng cao của 802.11a để hỗ trợ riêng cho các yêu cầu quy định của thị trường châu Âu. *IEEE 802.11i* tập trung cải tiến an toàn và bảo mật. *IEEE 802.11e* tập trung hỗ trợ các đáp ứng về yêu cầu *chất lượng dịch vụ* (QoS). Và đến năm 2007 thì các đề xuất mở rộng này đã được chính thức tích hợp vào chuẩn *IEEE-802.11 2007* [13].

Vào năm 2009, một mở rộng tiếp theo cho mạng WLAN được phê chuẩn là *IEEE 802.11n*, hay *Wireless N* nhằm cải tiến 802.11g và có thể thu/phát tín hiệu của kết nối không dây bằng cách sử dụng nhiều ăng-ten (Multiple In, Multiple Out – MIMO), băng thông của chuẩn n này có thể lên đến 300 Mbps và tần số hoạt động 2.4/5 GHz cho phép phạm vi phủ sóng lớn và khả năng chống nhiễu tốt hơn, cũng như tương thích ngược với các mở rộng tiêu chuẩn 802.11 trước đó. Các năm tiếp theo có nhiều mở rộng được đề xuất như *IEEE 802.11p* năm 2010 tập trung cho môi trường mạng xe cộ (Vehicles Network); *IEEE 802.11u* năm 2011 cung cấp khả năng liên mạng với mạng viễn thông di động/mạng 3G. Đến năm 2012 thì các đề xuất mở rộng này đã được chính thức tích hợp vào chuẩn *IEEE-802.11 2012*. [13]

Đến năm 2013, đề xuất mở rộng *IEEE 802.11ac* được đưa ra, 802.11ac sử dụng công nghệ không dây băng tần kép, hỗ trợ các kết nối đồng thời trên cả băng tần 2.4 GHz và 5 GHz. 802.11ac cung cấp khả năng tương thích ngược với các chuẩn 802.11b, 802.11g, 802.11n và băng thông đạt tới 1300 Mbps trên băng tần 5 GHz, 450 Mbps trên 2.4GHz. Cũng trong năm 2013, mở rộng *IEEE 802.11af* (còn có các tên gọi khác là Super WiFi hoặc White-Fi) dùng tần số thấp 1 GHz nhằm có bước sóng dài hơn để tín hiệu truyền đi xa hơn và lý thuyết có thể đến 10 km nhưng đổi lại băng thông chỉ ở mức quanh 20 Mbps. Chuẩn không dây có tích hợp các đề xuất mở rộng này đã được chính thức phê duyệt và được coi là chuẩn *IEEE-802.11 2016* [13].

Quá trình phát triển của các tiêu chuẩn không dây IEEE 802.11 cũng như các đề xuất mở rộng được tổng hợp khái quát trong Hình 1.1.1.



Hình 1.1.1. Quá trình phát triển của họ tiêu chuẩn IEEE-802.11.

Trong thực tế mô hình mạng TCP/IP đối với các loại hình mạng có dây (wired) và không dây (wireless) chủ yếu khác nhau ở các tầng vật lý (chủ yếu liên quan đến thiết bị) và MAC (Media Access Control), do vậy phần tiếp theo của luận văn sẽ trình bày một số cơ chế hoạt động tại tầng MAC của IEEE 802.11 nói chung và chuẩn IEEE 802.11e liên quan đến chất lượng dịch vụ cho mạng không dây.

Chuẩn 802.11 [15] định nghĩa hai chế độ làm việc chính cho các mạng cục bộ không dây (Wireless Local Area Networks – WLANs): dựa trên hạ tầng cơ sở (infrastructure based) và không cần hạ tầng cơ sở (infrastructure-less hay ad hoc) [16].

Kiến trúc dựa trên hạ tầng cơ sở là chế độ thường dùng để xây dựng các điểm truy cập không dây (Wi-Fi hotspot) dựa trên một điểm truy cập mạng. Điều trở ngại với kiểu kiến trúc này là chi phí mua và cài đặt cơ sở hạ tầng, các chi phí loại này có thể không được chấp nhận trong các môi trường động, ở đó người và/hoặc các phương tiện chỉ cần kết nối tạm thời trong một vùng mà không cần một cơ sở hạ tầng truyền thông sẵn có, ví dụ như trường hợp cứu hộ khi có thảm họa động đất, sóng thần, lúc đó hạ tầng mạng gần như bị phá hủy hoàn toàn, hoặc trường hợp các sinh viên trong chuyến xe bus đi du lịch có nhu cầu muốn chia sẻ tài liệu hoặc chơi game tương tác với nhau trong lúc đi trên xe. Trong những trường hợp như vậy, một giải pháp hiệu quả hơn có thể được cung cấp, đó là chế độ hoạt động không cần hạ tầng cơ sở hay

mạng tùy biến không dây (wireless ad-hoc network), hay gọi tắt là mạng ad hoc.

Trong mạng ad hoc, kết nối được thiết lập cho khoảng thời gian tương ứng với một phiên làm việc và không cần trạm cơ sở (base station). Các thiết bị sẽ khám phá những thiết bị khác ở trong cùng một miền để hình thành nên mạng. Các thiết bị có thể sẽ tìm kiếm các trạm trong cùng miền bằng cách phát tràn (flooding) các thông điệp quảng bá mà được chuyển tiếp bởi mỗi trạm. Khi hoạt động ở chế độ này, các trạm được xem như đóng vai trò một *tập dịch vụ cơ sở độc lập* (Independent Basic Service Set – IBSS). Bất kỳ trạm nào ở trong miền phát (transmission range) của trạm khác, sau một bước đồng bộ hóa, đều có thể bắt đầu truyền thông. *Điểm truy cập* (Access Point – AP) không cần thiết với chế độ mạng này, nhưng nếu một trong số các trạm đang hoạt động ở chế độ ad hoc có kết nối với mạng có dây, các trạm trong mạng ad hoc sẽ có truy cập không dây đến Internet.

Mạng ad hoc đa chặng (multi-hop ad hoc networks) là các mạng ad hoc mà các kết nối của chúng có thể qua nhiều trạm. Các giao thức định tuyến do đó sẽ cung cấp các kết nối ổn định cho dù các trạm chuyển động liên tục. Mỗi trạm sẽ cố gắng chuyển tiếp dữ liệu đến các trạm khác, và do đó việc xác định trạm nào chuyển tiếp dữ liệu được thực hiện tự động dựa trên kết nối mạng. Điều này ngược lại với các công nghệ mạng truyền thống ở đó một vài trạm được thiết kế trước, thông thường với các thiết bị phần cứng như router, switch, hub và firewall, sẽ thực hiện nhiệm vụ chuyển tiếp dữ liệu.

Giao thức MAC trong chuẩn IEEE 802.11 cho việc truy cập đường truyền trong WLANs là một chuẩn không chính thức (de facto) cho các mạng không dây ad hoc. Công nghệ 802.11 là một nền tảng tốt để cài đặt các mạng ad hoc *đơn chặng* (single-hop) bởi tính đơn giản của nó. Tính đơn chặng có nghĩa là các trạm phải ở trong cùng miền phát (thường từ 100–200 mét) để có thể truyền thông trực tiếp với nhau. Sự hạn chế đó có thể được khắc phục bởi mạng ad hoc đa chặng.

Trong môi trường mạng ad hoc, các thiết bị di động của người dùng hình thành nên mạng và chúng phải cộng tác với nhau để cung cấp chức năng thông thường được cung cấp bởi cơ sở hạ tầng mạng (ví dụ routers, switches, và servers). Cách tiếp cận

này đòi hỏi mật độ người dùng phải đủ lớn để đảm bảo việc chuyển tiếp các gói tin giữa bên gửi và bên nhận. Nếu mật độ người dùng thấp, mạng có thể trở nên không hoạt động được. Tuy nhiên, nếu mật độ người dùng cao thì hiệu năng của mạng như độ trễ, tính công bằng sẽ suy giảm nghiêm trọng. Trong các mạng ad hoc đa chặng, các trạm cộng tác để chuyển tiếp các gói tin từ các trạm khác qua mạng. Do đó, một trạm phải truyền đi cả *luồng trực tiếp* (direct flow), sinh ra bởi chính trạm đó và các *luồng chuyển tiếp* (forwarding flow), được sinh ra bởi các trạm hàng xóm, do đó nó chia sẻ dung lượng kênh truyền với các trạm hàng xóm của nó. Hiệu ứng của sự tranh chấp tại tầng MAC và tầng liên kết sẽ ảnh hưởng đến hiệu năng của mạng, đặc biệt là sự công bằng.

Chức năng cộng tác phân tán (Distributed Coordination Function – DCF) là một kỹ thuật tầng MAC cơ bản trong IEEE 802.11, nó được thiết kế để cung cấp cơ hội công bằng cho mọi trạm để truyền đi các frames trong ngữ cảnh phân tán. DCF sử dụng giao thức *đa truy cập sử dụng sóng mang có tránh xung đột* (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – CSMA/CA) với cách truy cập dựa trên kỹ thuật *quay lui hàm mũ nhị phân* (Binary Exponential Back-off – BEB). Kỹ thuật BEB điều khiển tần suất truy cập kênh truyền của mỗi trạm bằng cách chọn ngẫu nhiên một giá trị quay lui từ một đến CW dựa trên phân phối ngẫu nhiên chuẩn, với CW là kích thước *cửa sổ tranh chấp* (Contention Window – CW). Do đó, dường như toàn bộ các trạm đang tranh chấp sẽ có cùng cơ hội để truy cập kênh truyền được chia sẻ, tuy nhiên, trong cấu hình mạng đa chặng bất đối xứng, kỹ thuật BEB lại gặp phải vấn đề *không công bằng* (unfairness) và *lưu lượng thấp* (low throughput), đặc biệt trong trường hợp *tải được cung cấp* (offered load) có lưu lượng lớn.

Kỹ thuật BEB xác định kích thước cửa sổ tranh chấp tương ứng với điều kiện tắc nghẽn. Kỹ thuật này sẽ nhân đôi giá trị CW sau mỗi lần đụng độ cho đến khi đạt ngưỡng CW_{max} và đặt lại (reset) giá trị CW thành CW_{min} với mỗi lần phát thành công. Tuy nhiên, kỹ thuật BEB không xem xét các điều kiện khác về các trạm hàng xóm, thông tin tầng trên, ... số luồng trong kênh truyền hoặc số người dùng trong hệ thống. Do đó, giá trị CW sau vài lần tắc nghẽn có thể sẽ không phải là giá trị tối ưu cho tính công bằng, đặc biệt trong các mạng đa chặng bất đối xứng. Thêm nữa, bởi vì

giá trị CW là như nhau với tất cả các luồng được sinh ra từ một trạm, mọi luồng sẽ truy cập kênh truyền với cùng độ ưu tiên. Sẽ có sự không công bằng giữa các luồng trong không gian bộ đệm (buffer space), vì vậy các giá trị CW khác nhau nên được gán cho mỗi luồng để giảm bớt sự tranh chấp giữa chúng.

1.2. Chuẩn IEEE 802.11e cho dữ liệu đa phương tiện với các mạng không dây

Công nghệ giao tiếp không dây dựa trên chuẩn 802.11 [15] đã trở nên phổ biến trong nhiều lĩnh vực, ví dụ các điểm truy cập Wi-Fi, mạng đô thị diện rộng, mạng giao thông (vehicular)... Tại các lĩnh vực đó, truyền thông không dây đa chặng (multi-hop) đóng một vai trò quan trọng. Tuy nhiên, chất lượng dịch vụ (QoS) được cung cấp trong các giao tiếp này vẫn là một vấn đề nghiên cứu có nhiều thách thức. Chuẩn IEEE 802.11e [12], dựa trên 802.11 được ra đời nhằm đưa ra các tiêu chuẩn tốt hơn trong việc đảm bảo chất lượng dịch vụ và đã được chấp nhận như một thành phần mở rộng hỗ trợ đa phương tiện (WiFi Multimedia – WMM hay Wireless Multimedia Extensions – WME) của IEEE 802.11 [13, 17]

Điểm nổi bật của IEEE 802.11e là có *chức năng cộng tác lai* (Hybrid Coordination Function – HCF) – là sự kết hợp của các chức năng DCF, PCF đã có từ 802.11, với những cơ chế đảm bảo QoS nâng cao nhằm hỗ trợ dịch vụ có phân biệt (Diff-Serv). HCF bao gồm hai cơ chế điều khiển là *truy cập kênh truyền phân tán nâng cao* (EDCA – Enhanced Distributed Channel Access) dựa trên cơ chế có tranh chấp (contention-based) và *điều khiển truy cập tập trung không có tranh chấp* (HCCA – HCF Controlled Channel Access) dựa trên cơ chế hỏi vòng (poll-based). Trong hai cơ chế này, kỹ thuật EDCA được sử dụng nhiều hơn vì phù hợp với đặc tính phân tán của các nút trong mạng không dây ad hoc.

Phương pháp EDCA dùng phương pháp truy cập môi trường truyền có phân biệt, sử dụng những mức ưu tiên khác nhau cho mỗi loại luồng dữ liệu. EDCA định nghĩa bốn loại ưu tiên theo *phân loại truy cập* (AC – Access Categories) cho các kiểu dữ liệu khác nhau và có các dịch vụ phân biệt cho từng loại AC này. Việc các khung dữ liệu khác nhau được ánh xạ vào những AC sẽ phụ thuộc vào sự đòi hỏi chất lượng dịch vụ của tầng trên. Mỗi khung tin từ tầng trên chuyển xuống tầng MAC được đánh trọng số *ưu tiên người dùng* (UP – User Priority) tùy thuộc vào ứng dụng sinh ra

khung đó. Có 8 giá trị trọng số ưu tiên được mô tả như trong Bảng 1.2.1 [12].

Bảng 1.2.1. Độ ưu tiên và các mức truy cập

Độ ưu tiên	UP	AC	Kiểu dữ liệu
thấp nhất	1	AC_BK	Background
-	2	AC_BK	Background
-	0	AC_BE	Best effort
-	3	AC_BE	Best effort
-	4	AC_VI	Video
-	5	AC_VI	Video
-	6	AC_VO	Voice
cao nhất	7	AC_VO	Voice

Kỹ thuật EDCA xử lý việc tranh chấp truy cập đường truyền dựa vào các tham số sau.

Số khoảng cách giữa các frame xen kẽ (Arbitrary InterFrame Space Number – AIFSN) là số khe thời gian (SlotTime) sau mỗi thời hạn SIFS mà một trạm phải chờ trước khi đi vào pha quay lui hoặc pha truyền dữ liệu. Giá trị AIFSN sẽ ảnh hưởng đến khoảng thời gian giữa các khung (AIFS), là giá trị xác định khoảng thời gian (tính bằng đơn vị thời gian cụ thể thay vì theo số khe thời gian) mà một trạm phải chờ trước khi truyền gói tin tiếp theo hoặc khởi động thuật toán quay lui:

$$AIFS = SIFS + AIFSN \times SlotTime$$

Theo đó một AC với giá trị AIFSN thấp hơn sẽ có AIFS nhỏ và do vậy có được độ ưu tiên cao hơn.

Cửa sổ tương tranh (Contention Window — CW) mỗi trạm tính ra tổng giá trị thời gian quay lui (backoff) từ một giá trị ngẫu nhiên lấy trong khoảng giới hạn của cửa sổ tương tranh:

$$Backoff = AIFS + random[1, CW] \quad (1.2.1)$$

Trong đó CW được xác định trong khoảng (CW_{min} , CW_{max}) phụ thuộc số

Bảng 1.2.2. Các tham số EDCA mặc định

Tham số	BK	BE	VI	VO
AIFS	7	3	2	2
CW_{min}	15	15	7	3
CW_{max}	1023	1023	15	7
TXOPLimit (ms)	0	0	1.504	3.008

lần truyền thông. Một AC với giá trị CW càng thấp sẽ có xác suất càng cao để nhận một số ngẫu nhiên nhỏ hơn, do vậy sẽ có được độ ưu tiên cao hơn.

Giới hạn của TXOP (TXOP limit) khoảng thời gian truyền tối đa cho mỗi trạm sau khi giành được một *cơ hội truyền* (Transmission Opportunity). Nếu giá trị này bằng không (0), nghĩa là khi kiểu truy cập (AC) có quyền truy cập kênh truyền, khi đó nó được phép gửi duy nhất một khung từ hàng đợi AC tương ứng. Điều này nhằm giới hạn lưu lượng có độ ưu tiên thấp. Nếu giá trị lớn hơn không (> 0), nghĩa là một AC có thể truyền nhiều khung từ hàng đợi AC của nó (lưu ý rằng giá trị TXOP limit được gán cho một loại AC cụ thể chứ không phải gán cho một trạm). Như vậy trong khoảng thời gian truyền không vượt quá giá trị giới hạn của TXOP, trạm sẽ được phép truyền một số khung từ một hàng đợi AC nào đó. Do vậy, một AC với giá trị $TXOP_{limit}$ cao hơn sẽ có độ ưu tiên cao hơn.

Nhìn chung AC có độ ưu tiên cao hơn sẽ có $AIFSN$, CW_{min} , CW_{max} nhỏ hơn và $TXOP_{limit}$ lớn hơn so với AC có độ ưu tiên thấp hơn.

Những tham số EDCA này là khác nhau với từng loại AC, và được thể hiện chi tiết trong Bảng 1.2.2 [12].

Tương ứng với các bộ tham số cho các độ ưu tiên này, các thông số hiệu năng mạng như *độ trễ truyền gói tin* (delay), *tỷ lệ mất gói tin khi truyền* (packet loss) và đặc biệt là *thông lượng* (throughput) cũng có sự khác biệt giữa các loại dữ liệu.

1.3. Phương pháp đánh giá hiệu năng mạng không dây

Để đi đến công nhận chính thức một tiêu chuẩn trong các mạng không dây IEEE 802.11 [13] cần trải qua quá trình đánh giá thử nghiệm nhằm chứng minh hiệu quả. Việc đánh giá các thông số mạng nói chung là khó khăn, đặc biệt với mạng không

dây do tính đa dạng của phần cứng, phần mềm, thông số mạng và khó có một phương pháp tối ưu nào cho việc đánh giá tất cả các thông số mạng. Một số phương pháp chính thường được thực hiện như *mô hình hóa* (modeling), *mô phỏng* (simulation) và *giả lập* (emulator). Phương pháp mô hình hóa có ưu điểm là dễ đưa thêm tham số, kết quả chính xác do có thể chứng minh bằng toán học, mô hình có tính tổng quát hóa rất cao; tuy nhiên nhược điểm là khó triển khai do môi trường thực tế mạng thường có nhiều yếu tố tác động. Phương pháp mô phỏng có ưu điểm là chi phí thấp, các thông số mạng có thể dễ dàng thay đổi, quan sát nhờ việc thiết lập giá trị trong phần mềm mô phỏng; nhược điểm của phương pháp này là khó chứng minh chính xác như phương pháp mô hình và các yếu tố đánh giá dù sao vẫn là do phần mềm mô phỏng thiết lập nên vẫn không đạt được mức độ giống các mạng chạy trong thực tế. Phương pháp giả lập hay nói cách khác là sử dụng thiết bị thật để giả lập một môi trường mạng gần giống như thực tế để đánh giá thử nghiệm, phương pháp này có ưu điểm hơn hẳn hai phương pháp mô hình và mô phỏng về tính chất giống thật, nhưng cũng có khó khăn do chi phí đầu tư thiết bị, chỉ giả lập một phần của mạng chứ không giống toàn bộ một mạng trong thực tế (do có nhiều thiết bị, nhiều người dùng). Trong phần này, luận văn sẽ tìm hiểu hai phương pháp mô phỏng và sử dụng testbed và áp dụng để phân tích, đánh giá giải pháp đề xuất của mình.

1.3.1. Đánh giá bằng công cụ mô phỏng

Việc mô phỏng mạng bằng công cụ phần mềm đem lại nhiều lợi ích do khả năng thiết lập cấu hình mạng, dễ thay đổi các tham số và điều chỉnh các điều kiện, thực hiện dễ dàng khi bị hạn chế về số lượng máy tính/thiết bị mạng. Một trong những công cụ mô phỏng mạng phổ biến nhất là NS-2 [18]. Và theo một số đánh giá [19,20] thì công cụ này phù hợp để sử dụng trong luận văn bởi đã được cộng đồng nghiên cứu sử dụng rộng rãi, miễn phí, có thể biểu diễn nhiều loại kịch bản mạng với nhiều tham số mạng khác nhau.

NS-2 hỗ trợ mô phỏng tốt cho cả mạng có dây và mạng không dây. Bao gồm các ưu điểm nổi bật sau:

- Khả năng trừu tượng hóa: Với bộ mô phỏng NS-2, chúng ta có thể thay đổi độ mịn các tham số đầu vào cho phù hợp với mục đích nghiên cứu.

- Khả năng phát sinh kịch bản: Bên trong phần mềm NS-2 bao gồm rất nhiều các gói bổ sung với nhiều công cụ hỗ trợ cho việc xây dựng các kịch bản như việc tạo mẫu lưu lượng, mô hình chuyển động của các nút.
- Khả năng mô phỏng tương tác với mạng thực: Đây là một điều khá đặc biệt ở bộ mô phỏng NS-2. Nó có một giao diện đặc biệt, cho phép lưu lượng thực đi qua nút mạng tương tác với bộ mô phỏng chạy trên nút mạng đó.
- Khả năng hiển thị trực quan: Trong bộ mô phỏng NS-2, có công cụ hiển thị NAM giúp chúng ta thấy được hình ảnh đã miêu tả trong kịch bản mô phỏng qua đó tìm ra điểm chưa hợp lý trong tham số đầu vào.
- Khả năng mở rộng được: Bộ mô phỏng NS-2 hỗ trợ khả năng mở rộng dễ dàng. Vì đây là phần mềm mã nguồn mở nên cộng đồng mã nguồn mở có thể đóng góp trực tiếp tùy theo mục đích nghiên cứu.

1.3.2. Đánh giá bằng công cụ giả lập testbed

Hiện nay Internet và các công nghệ mạng tiên tiến, đặc biệt là mạng không dây, đã cải thiện đời sống theo nhiều cách, song hành với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ mạng cũng là những giới hạn. Đó là việc các nhà nghiên cứu cũng như nhà sản xuất công nghiệp gặp khó khăn trong việc thiết kế và phát triển các công nghệ mạng mới. Những công nghệ mới này cần được đánh giá và tinh chỉnh trước khi được sử dụng chính thức trong các sản phẩm hoàn chỉnh.

Các *mô phỏng* (simulations) cho phép việc bắt đầu đánh giá ở mức thô các hành vi, hiệu năng, và khả năng mở rộng của một công nghệ mới. Do đó, việc mô phỏng là những bước bắt đầu rất có ích (và thường không tốn nhiều chi phí) trong việc đánh giá một công nghệ mới. Tuy nhiên, với sự phức tạp trong thiết kế và tính toán, các mô phỏng mạng, chẳng hạn như NS3 [21] và OMNet++ [22], lại thường sử dụng những mô hình được đơn giản hóa, và điều đó dễ dẫn đến sai lầm trong việc xử lý ở môi trường thực. Việc *giả lập* (emulator) là một sự thay thế, nó kết hợp việc sử dụng các nguyên mẫu được cài đặt và các thực thể thay thế để tái tạo lại các hành vi trong thế giới thực. Tuy nhiên, những thay thế kiểu như vậy lại thường không nắm bắt được sự phức tạp của môi trường thực tế. Và kết quả là chỉ những lần thí nghiệm sử

dụng các cài đặt nguyên mẫu trong thực tế và dùng trong những môi trường được điều khiển (ví dụ người dùng thật, các thiết bị vô tuyến không dây, sự chuyển động của các phương tiện, bố cục của các tòa nhà,...) mới cung cấp được những kết quả gần với thực tế. Những nền tảng hoặc phương tiện thí nghiệm kiểu như vậy được gọi là các **testbed**.

Như vậy, các testbed mạng là thành phần chính yếu trong việc phát triển các công nghệ mạng mới, và cách cách tiếp cận này đi kèm nhiều sáng kiến quy mô lớn toàn cầu nhằm tới việc thiết kế, cung cấp và điều hành các testbeds. Hiện nay rất nhiều các trường đại học, viên nghiên cứu trên thế giới đã và đang xây dựng các hệ thống phòng thí nghiệm sử dụng testbed của riêng mình, ví dụ PlanetLab [23] hay ORBIT [24]. Các testbed thường được xem như một sự thay thế hiệu quả cho việc mô phỏng hoặc giả lập, ở đó các công nghệ mới được đánh giá có kiểm soát, nhưng với môi trường và quy mô giống như trong môi trường thực.

Để công nhận vai trò quan trọng của các testbed trong việc đánh giá hệ thống mạng, các tổ chức tài trợ nghiên cứu lớn cấp chính phủ đã đầu tư những nguồn lực đáng kể không chỉ trong việc triển khai thử nghiệm phần cứng testbed, mà còn quan trọng hơn trong việc phát triển những hệ thống mới để hỗ trợ và tối ưu sự sử dụng của chúng ở quy mô toàn cầu. Dự án *GENI* (Global Environment for Network Innovations) [25] được tài trợ bởi *Quỹ Khoa học quốc gia Hoa Kỳ* (U.S. National Science Foundation – NSF), và dự án *OneLab Future Internet Testbed* [26] được tài trợ bởi các chương trình *FP6* và *FP7* (6th and 7th European Union Framework Programmes) là những ví dụ chính chứng tỏ hiệu quả của việc sử dụng testbed.

Để thấy được kết quả của một thí nghiệm mạng là đúng đắn và có thể hoạt động được trong môi trường thực, cần có một hạ tầng/hệ thống cho phép:

- Thiết lập các tài nguyên dùng cho thí nghiệm đó (đầu vào);
- Công cụ và phương pháp xử lý để có thể chạy thí nghiệm đó lặp lại nhiều lần và thậm chí cần được kiểm chứng chéo các trường hợp nhằm tăng độ chính xác;
- Xử lý kết quả đầu ra.

Và thậm chí hệ thống đó có thể có tính mở một mức nhất định để cộng đồng cùng có

thể sử dụng chúng để chạy các thí nghiệm của riêng mình. Các dự án testbed dưới đây ít nhiều đáp ứng được một hoặc vài tiêu chí như vậy.

Emulab [27] là một *bộ giả lập* (emulator), dựa trên một tập hợp các máy tính mà có thể được cấu hình theo rất nhiều tô-pô qua các đường liên kết mạng được giả lập. Framework điều khiển Emulab hỗ trợ ba môi trường thí nghiệm khác nhau: được mô phỏng, được giả lập, và các mạng diện rộng. Nó thống nhất toàn bộ ba môi trường dưới một giao diện người dùng chung. Emulab cung cấp các công cụ để mô tả một tô-pô và ánh xạ nó tới các tài nguyên thật. Vài công cụ điều khiển cũng được cung cấp, nhưng chúng cung cấp các đặc tính tối thiểu.

PlanetLab [23] là một nền tảng nghiên cứu toàn cầu dựa trên hơn 1000 máy tính phân tán, chúng được đặt chỗ bởi các tổ chức độc lập khắp thế giới. Nó là testbed quy mô lớn chủ yếu được dùng cho các hệ thống thí nghiệm mạng xếp chồng và mạng hướng dịch vụ (ví dụ lưu trữ phân tán, phân phối tranh đấu ngang-hàng). Nó đang bắt đầu di chuyển từ một testbed được quản lý tập trung sang một sự liên kết của các sắp xếp được chú trọng theo vùng địa lý dưới một mã cơ sở chung. Điều này sẽ có lợi cho các thí nghiệm viên về sự sẵn dùng và sự đa dạng của tài nguyên. PlanetLab cung cấp một bộ phần mềm, nó dùng các công cụ ảo hóa để chia sẻ hiệu quả các tài nguyên toàn cục giữa những thí nghiệm ngắn hạn hoặc dài hạn cùng một lúc. Giống như Emulab, những công cụ này tập trung chủ yếu vào việc cấp phát và truy cập tài nguyên, và chỉ cung cấp hỗ trợ tối thiểu trong việc mô tả, điều khiển và đo lường thí nghiệm.

Kiến trúc điều khiển tài nguyên mở (Open Resource Control Architecture – ORCA) [28] là một kiến trúc dựa trên khái niệm về việc *thuê tài nguyên* (resource leasing), nó cho phép việc quản lý các môi trường tính toán khác nhau trên một vùng chung gồm các tài nguyên phần cứng được nối mạng chẳng hạn các cụm, nơi lưu trữ, và phần tử mạng được ảo hóa. Trong ngữ cảnh của các testbed mạng, ORCA cung cấp những công cụ cho các phía cung cấp và phía môi giới tài nguyên để quản lý và cấp phát các tài nguyên được chia sẻ. Nó cũng cung cấp công cụ cho phía tiêu thụ tài nguyên (ví dụ các thí nghiệm viên) để đàm phán truy cập, cấu hình và sử dụng một vài trong số những tài nguyên này. Tuy nhiên, ORCA hiện tại chỉ cung cấp hỗ trợ có giới hạn đối với việc thiết kế và

phổ biến các thí nghiệm.

Khung công việc quản lý và điều khiển (cOntrol and Management Framework – OMF) là một bộ các thành phần phần mềm mà cung cấp các công cụ và dịch vụ cho việc điều khiển, quản lý, và đo lường tới người dùng và người vận hành các testbed mạng. OMF được phát triển ban đầu cho testbed không dây ORBIT tại Winlab, Đại học Rutgers [29]. Thông qua việc phát triển và những mở rộng tích cực tại NICTA, nó hiện tại đã phát triển thành một framework mã nguồn mở, nó hỗ trợ các tài nguyên hỗn hợp có dây và không dây. OMF là một trong số ít ứng cử viên hiện đang được đánh giá như một framework testbed tiềm năng bởi cả hai đề nghị của GENI và Onelab. Nó hiện được triển khai và sử dụng trên testbed khác nhau ở Australia, Hoa Kỳ [24], và châu Âu [30], trong đó nhiều testbed chạy 24/7.

Các *mạng dạng lưới* (mesh networks) được hình dung sẽ đóng một vai trò quan trọng trong tương lai của các công nghệ *thành phố thông minh* và *Internet vạn vật*, và có thể là một ứng dụng rất tốt trong việc thực hiện các nhiệm vụ quan trọng như tìm kiếm và cứu hộ, giúp hỗ trợ những người phản ứng đầu tiên (được tìm thấy đầu tiên) trong những tình huống cứu hộ cứu nạn đó. Trong bài báo [31], các tác giả đã chứng minh tính khả thi của việc phát triển các hệ thống thử nghiệm (testbed) cho mạng di động dạng lưới được thực hiện thuận tiện với các *sản phẩm bán sẵn trên thị trường* (Commercial-Off The Shelf – COTS) và thực hiện các thử nghiệm đo lường trong môi trường trong nhà (indoor). Các thử nghiệm trong bài báo sử dụng phần mềm nguồn mở, như Linux là hệ điều hành và giao thức *định tuyến theo trạng thái liên kết được tối ưu hóa* (Optimized Link State Routing – OLSR) để kích hoạt mạng đi động dạng lưới. Các thành phần vật lý bao gồm phần cứng nguồn mở như máy tính Raspberry Pi và sự di động của các thành phần mạng được kích hoạt thông qua việc sử dụng robot di động Pioneer 3. Nội dung của nghiên cứu đã tập trung đánh giá mạng trong các tình huống khác nhau, trước tiên thiết lập phép đo điểm chuẩn (benchmark) trong thiết lập tĩnh, sau đó so sánh với các biến thể di động để đạt được tính thực tế hơn.

Mặc dù giao thức IEEE 802.11 đang được sử dụng rộng rãi, nhưng nó không được thiết kế đặc biệt để xử lý lưu lượng đa phương tiện, chiếm một phần quan trọng

của lưu lượng truy cập Internet hiện nay. Truyền phát đa hướng bằng giọng nói và video là không hiệu quả, và vì thiếu độ tin cậy truyền dữ liệu trong cách tiếp cận của 802.11 nên độ trễ không được đảm bảo. Trong nghiên cứu [32], các tác giả tập trung vào hiệu năng của cơ chế *Truy cập kênh truyền phân tán nâng cao* (Enhanced Distributed Channel Access – EDCA) do IEEE 802.11e [12] đề xuất, cung cấp các mức độ ưu tiên lưu lượng và vì hầu hết các nghiên cứu trước đó được thực hiện dựa trên kết quả mô phỏng, nội dung bài báo đã kiểm tra hiệu suất của giao thức này trong một nền tảng thực sự sử dụng các *mạng được định nghĩa bởi phần mềm* (Software Defined Networks - SDNs). Kết quả của bài báo đã xác thực sự tác động của các tham số EDCA khác nhau (ví dụ như *AIFS* hoặc *TXOP*) bằng cách điều chỉnh chúng để xem tác động của chúng đối với độ trễ của mạng và lưu lượng truy cập mạng.

1.4. Kết luận

Trong chương này, luận văn đã tìm hiểu về chuẩn mạng không dây IEEE 802.11e là một đề xuất nhằm tập trung vào đảm bảo chất lượng dịch vụ cho dữ liệu đa phương tiện, chuẩn này hiện tại đã được chấp nhận như một thành phần của họ các chuẩn không dây IEEE 802.11. Luận văn cũng trình bày một số nghiên cứu liên quan đến 802.11e, đưa ra một số vấn đề ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ mạng không dây và một số phương pháp đánh giá hiệu năng mạng không dây.

CHƯƠNG 2. TÌM HIỂU VỀ CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ (QOS) VÀ CHẤT LƯỢNG TRẢI NGHIỆM (QOE)

2.1. Giới thiệu

Trước tiên, chúng ta sẽ tìm hiểu một số khái niệm về “*sự nhận thức*” (perception), “*sự trải nghiệm*” (experiencing) và “*chất lượng*” (quality) sử dụng trong nội dung luận văn này.

Ở đây, nhận thức là “*quá trình xử lý có ý thức các thông tin giác quan mà chủ thể con người tiếp xúc*”. Nhận thức được cho là bao gồm hai giai đoạn xử lý tiếp theo trước khi nhận thức cuối cùng xuất hiện trong thế giới của người nhận thức, cụ thể là: (1) Chuyển đổi các kích thích thông qua các cơ quan cảm giác thích hợp về mặt sinh lý tương ứng thành tín hiệu thần kinh, và (2) Việc xử lý và truyền các tín hiệu thần kinh này trong hệ thống thần kinh trung ương lên đến vỏ não, cuối cùng dẫn đến sự xuất hiện của các nhận thức cụ thể trong thế giới nhận thức của con người.

Dựa trên quan điểm này, chúng ta định nghĩa trải nghiệm “*là dòng nhận thức cá nhân (về cảm giác, nhận thức giác quan và khái niệm) xảy ra trong một tình huống tham chiếu cụ thể*.” Trải nghiệm có thể là kết quả, chẳng hạn, từ một con người gặp phải một hệ thống, dịch vụ hoặc hiện vật. Trải nghiệm theo định nghĩa này không bao gồm sự đánh giá chất lượng. Những đánh giá chất lượng được coi là kết quả của các quá trình nhận thức bổ sung bên cạnh trải nghiệm, như được mô tả chi tiết hơn trong phần dưới đây.

Chất lượng (quality) có thể liên quan đến khái niệm “Qualia” [33], Qualia có thể được coi là “*thuộc tính cố hữu của trải nghiệm mà không thể chia sẻ bằng mô tả bằng lời nói hoặc phương tiện kỹ thuật*”, nghĩa là, nó chỉ có thể được truy cập thông qua trải nghiệm của cá nhân. Xét trong phạm vi kỹ thuật của dữ liệu đa phương tiện trong các mạng không dây, ví dụ về khái niệm Qualia là việc nghe nhạc, xem phim, xem ảnh trên các thiết bị cá nhân hoặc qua mạng, thể hiện trải nghiệm không thể giải thích bằng lời cho một người chưa bao giờ có trải nghiệm tương đương. Nếu nhìn từ

tiêu chuẩn kỹ thuật thì chuẩn ISO 9000:2000 định nghĩa chất lượng “là khả năng của một tập hợp các đặc tính vốn có của sản phẩm, hệ thống hoặc quá trình nhằm đáp ứng các yêu cầu của khách hàng và các bên quan tâm khác.”

Tiếp theo chúng ta sẽ định nghĩa hai khái niệm là *chất lượng dịch vụ* (Quality of Service–QoS) và *chất lượng trải nghiệm* (Quality of Experience–QoE), theo tiêu chuẩn của Liên minh viễn thông quốc tế (ITU) [34] thì “QoS là tổng thể các đặc điểm của một dịch vụ viễn thông liên quan đến khả năng đáp ứng các nhu cầu đã nêu và tiềm ẩn của người sử dụng dịch vụ”, và “QoE là khả năng chấp nhận tổng thể của một ứng dụng hoặc dịch vụ, được người dùng cuối cảm nhận một cách chủ quan.” Như vậy chúng ta có thể thấy rằng QoS bao gồm các hiệu ứng đầu-cuối (end-to-end) của hệ thống, và QoE có thể bị ảnh hưởng bởi sự mong đợi của người dùng và ngữ cảnh trải nghiệm.

2.2. Phân tích so sánh QoS và QoE

Thông thường, trong tài liệu hiện tại, thuật ngữ “QoE” được sử dụng trong các bối cảnh mà “QoS” sẽ phù hợp hơn. Điều này có thể do một số lý do, một trong số đó là sự phổ biến hiện nay của tất cả những thứ liên quan đến QoE, nhưng cơ bản hơn là do ranh giới giữa QoS và QoE không được xác định rõ ràng—và thực sự, đôi khi khó xác định rõ ràng. QoE về bản chất là một lĩnh vực đa ngành và những người thực hành từ các nền tảng khác nhau nhìn thấy nó, một cách khá tự nhiên, từ những quan điểm khác nhau được tô điểm bởi chuyên môn của họ. Đặc biệt, đối với những người kết nối mạng, QoE đôi khi được xem như một phần mở rộng đơn giản hoặc thậm chí là đổi tên thương hiệu của khái niệm QoS đã có từ lâu. Trong phần này của luận văn, tôi sẽ đi sâu vào phân tích và so sánh sự khác biệt cũng như điểm tương đồng giữa hai loại này, với mục tiêu sử dụng hai loại chỉ tiêu này một cách hợp lý.

Chất lượng dịch vụ, hay QoS, là một lĩnh vực nghiên cứu lâu đời và đã có số lượng nghiên cứu rất lớn trong nhiều năm qua, theo Liên minh Viễn thông Quốc tế–ITU tại các tiêu chuẩn ITU-T E.800 [35], QoS được định nghĩa là “tổng thể các đặc điểm của một dịch vụ viễn thông tạo nên khả năng đáp ứng các nhu cầu đã nêu rõ và còn tiềm ẩn của người sử dụng dịch vụ.”, định nghĩa này thực tế gần đây được sử dụng nhiều hơn so với định nghĩa được nêu ở phần trước (tiêu chuẩn ITU-T

P.10/G.100 [34]).

Đối với trường hợp đặc biệt về chất lượng trải nghiệm khi sử dụng các dịch vụ và ứng dụng đa phương tiện (multimedia), Sách trắng Qualinet [36] đã đề xuất định nghĩa: “*QoE là mức độ hài lòng hoặc khó chịu của người dùng ứng dụng hoặc dịch vụ. Nó là kết quả của việc đáp ứng những mong đợi của họ về tiện ích và/hoặc sự thích thú đối với ứng dụng hoặc dịch vụ xét theo tính cách và trạng thái hiện tại của người dùng.*” Trong định nghĩa này có hai ý, một “*ứng dụng*” là “*Phần mềm và/hoặc phần cứng cho phép người dùng sử dụng và tương tác cho một mục đích nhất định. Mục đích đó có thể bao gồm giải trí hoặc truy xuất thông tin hoặc mục đích khác.*”; và “*dịch vụ*” là “*Một tình tiết trong đó một thực thể chịu trách nhiệm rằng điều gì đó mong muốn sẽ xảy ra thay mặt cho một thực thể khác.*” [37]

Phân tích ý hai định nghĩa ở trên, chúng ta có thể thấy rằng định nghĩa QoS của ITU-T có phạm vi hẹp hơn (rõ ràng hướng đến các dịch vụ viễn thông, trong khi định nghĩa QoE không chỉ giới hạn ở các dịch vụ đó) và chuyên sâu (nó không đề cập rõ ràng những điều cơ bản trong định nghĩa về QoE, chẳng hạn như bối cảnh sử dụng và đặc điểm tính cách của người dùng cũng như trạng thái tâm trí hiện tại). Việc đề cập đến “*nhu cầu còn tiềm ẩn*” của người sử dụng cũng cho thấy một quan điểm khá vị lợi về chất lượng, trong khi QoE cũng bao gồm thành phần hưởng thụ (“*... tiện ích và/hoặc sự thích thú...* ”), và tương ứng với khái niệm về chất lượng dựa trên trải nghiệm. Quan trọng hơn, QoS được xác định từ góc độ hệ thống—“*... đặc điểm của dịch vụ viễn thông...* ”, trong khi QoE được xác định hoàn toàn từ góc nhìn của người dùng—“*... mức độ vui vẻ hoặc khó chịu của một người...* ”, coi các khía cạnh của hệ thống là cấp dưới, bởi ảnh hưởng của chúng đến mức độ đáp ứng mong đợi của người dùng. Viện Tiêu chuẩn Viễn thông châu Âu (ETSI) áp dụng cách tiếp cận tương tự như định nghĩa của ITU trong [38], dựa trên phiên bản cũ (khoảng năm 1988) của khuyến nghị E.800. Còn Lực lượng Chuyên trách về Kỹ thuật Liên mạng (IETF), thậm chí còn hơn cả ITU và ETSI, đã đưa ra quan điểm lấy mạng làm trung tâm về QoS, đưa ra định nghĩa sau về QoS [39]: “*Một tập hợp các yêu cầu dịch vụ mà mạng phải đáp ứng trong khi truyền tải một luồng dữ liệu.*” Định nghĩa này không đề cập đến bất kỳ điều gì về người dùng và QoS được xác định theo “*các yêu cầu dịch vụ*”—không được

nói rõ hơn. Bảng tóm tắt và so sánh các định nghĩa về QoS do các cơ quan tiêu chuẩn khác nhau đưa ra được đưa ra trong Bảng 2.2.1.

Bảng 2.2.1. Tổng hợp các định nghĩa về QoS và QoE

Tổ chức	Mô tả	Mức chấp nhận	Khác với QoE	Tham khảo
ITU-T	Đặc điểm của dịch vụ viễn thông; nhu cầu đã nêu rõ và còn tiềm ẩn	Hiệu năng mạng/hệ thống	Chú trọng vào hệ thống	[35]
ETSI	Tương tự ITU-T	Hiệu năng mạng/hệ thống	Chú trọng vào hệ thống	[35, 38]
IETF	Các yêu cầu dịch vụ đáp ứng bởi mạng	Kiến trúc	Người dùng không được xem xét	[39]

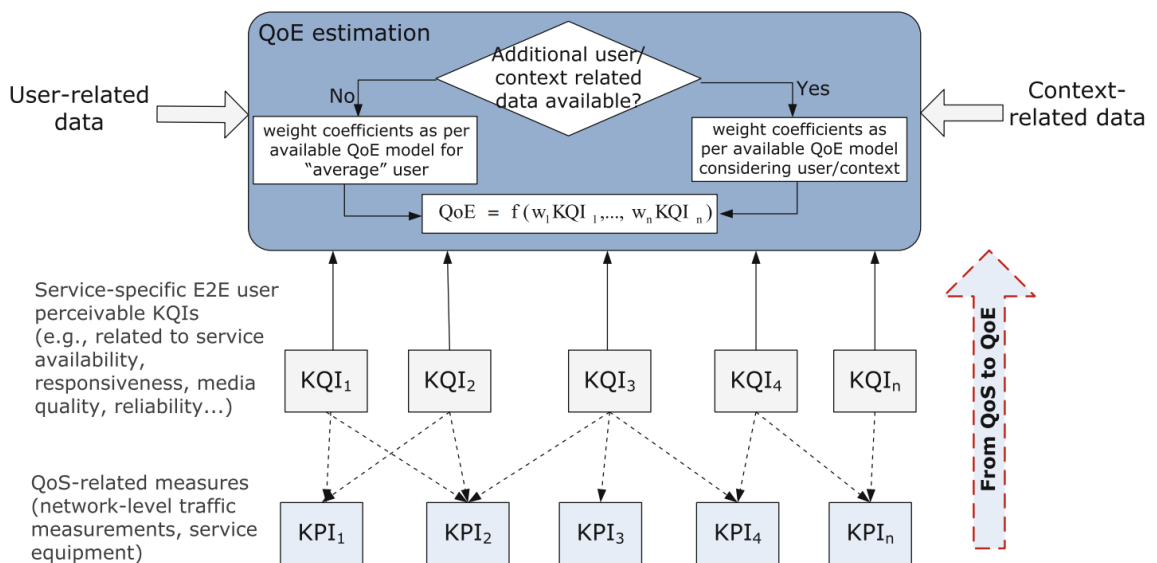
Đương nhiên, các định nghĩa và cách sử dụng phổ biến không phải lúc nào cũng phù hợp và đó là trường hợp của cả QoS và QoE. Ban đầu, QoS đề cập đến các khái niệm và thước đo về hiệu suất mạng, chẳng hạn như thông lượng, độ trễ, jitter,... Tiếp đó, nó đề cập đến các cơ chế như *Dịch vụ phân biệt* (DiffServ, trong đó việc chuyển tiếp gói được thực hiện theo trường DSCP của chúng trong tiêu đề IP, cho phép triển khai các hành vi khác nhau được gọi là *xử lý theo bước nhảy*—per-hop behaviours), *Dịch vụ tích hợp* (IntServ, là một cách tiếp cận dựa trên việc đặt trước tài nguyên dọc theo đường dẫn mạng) hoặc các dạng kỹ thuật lưu lượng khác (đôi khi cũng được gọi là “kiến trúc QoS” hoặc “cơ chế”), nhằm mục đích cải thiện các biện pháp hiệu suất nói trên. Ý nghĩa thứ hai này được IETF đặc biệt sử dụng. Trong cách sử dụng thông thường, chúng ta có thể đọc hoặc nghe thấy “mạng có QoS kém”, nghĩa là mạng có hiệu suất kém; hoặc nhà cung cấp dịch vụ “đã triển khai QoS trong mạng của họ”, nghĩa là họ đã triển khai một số cơ chế cải thiện hiệu suất cho mạng. Điều đáng chú ý là trong hầu hết các kiểu sử dụng phổ biến này, người sử dụng dịch vụ không thực sự được xem xét và nếu có thì theo cách gián tiếp.

QoE, như một thuật ngữ, cũng thường được sử dụng theo những cách không thực sự tuân theo định nghĩa của nó. Đối với các dịch vụ đa phương tiện nói riêng, người ta thường tìm thấy các kết quả có mục đích “cải thiện QoE”, trong đó thành tựu thực tế chẳng hạn là giảm độ trễ vận chuyển. Có thể lập luận rằng trong nhiều trường hợp, độ trễ thấp hơn thực sự có thể dẫn đến QoE tốt hơn, nhưng việc bỏ qua việc xem xét trực tiếp các khía cạnh liên quan đến người dùng dịch vụ, bối cảnh sử dụng của họ,... việc áp dụng thuật ngữ QoE trong những trường hợp như vậy trường hợp đang ở ranh giới của việc lạm dụng ngôn ngữ.

Do nhu cầu liên quan đến các tham số được thể hiện ở cấp độ người dùng/ứng dụng với các tham số xác định hiệu suất mạng, cả tiêu chuẩn thực [40] và lý thuyết [41]

đều đề cập đến đặc tả và ánh xạ QoS ở các cấp độ khác nhau. Gần đây, các phương pháp tiếp cận theo lớp đã được thảo luận liên quan đến các *Chỉ số hiệu năng chính* (Key Performance Indicators–KPI, ví dụ: độ trễ, mức mất mát, thông lượng,...) ở mức-mạng với ứng dụng mức-người-dùng đầu-cuối (end-to-end) xác định các *Chỉ số chất lượng chính* (Key Quality Indicators–KQI, ví dụ: tính khả dụng của dịch vụ), chất lượng phương tiện, độ tin cậy, v.v.), sau đó cung cấp đầu vào cho các mô hình ước tính QoE [1,42]. Ví dụ với một dịch vụ truyền phát video, các tham số truyền như mất hoặc trễ sẽ dẫn đến các tạo phẩm video ảnh hưởng đến chất lượng phương tiện, từ đó có thể được chuyển sang QoE của người dùng cuối.

Đầu vào bổ sung cho mô hình ước tính QoE sau đó có thể được cung cấp bởi các yếu tố ảnh hưởng đến bối cảnh và người dùng [42]. Kiến thức như vậy sẽ giúp ánh xạ từ KPI sang KQI nhằm cung cấp đầu để có thể phân tích nguyên nhân cốt lõi của sự suy giảm QoE, được minh họa như Hình 2.2.1 [1]).



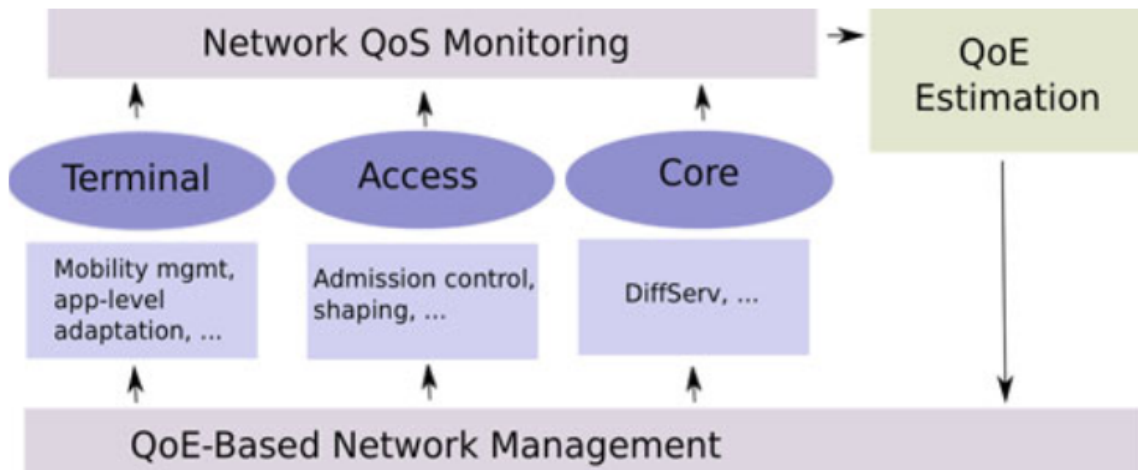
Hình 2.2.1. QoE là hàm trọng số của KQI mà người dùng có thể cảm nhận được, có liên kết với các KPI liên quan đến QoS [1].

Việc chuyển đổi từ QoS lấy nhà cung cấp làm trung tâm (provider-centric) sang QoE lấy người dùng làm trung tâm (user-centric) rõ ràng mang lại cái nhìn sâu sắc hơn về nhiều yếu tố ảnh hưởng khác nhau tác động đến trải nghiệm thực tế của người dùng cuối, vượt ra ngoài các thông số công nghệ bằng cách xem xét cả các yếu tố tâm lý và xã hội học. Tuy nhiên, theo quan điểm của nhà cung cấp, mục tiêu của các mô hình và công cụ ước tính QoE đáng tin cậy là cung cấp đầu vào cần thiết cho

các cơ chế tối ưu hóa và kiểm soát QoE hiệu quả, chủ yếu bằng quản lý QoS mạng. Trong môi trường mạng, các nhà cung cấp khác nhau tham gia vào chuỗi cung cấp dịch vụ (ví dụ: nhà cung cấp dịch vụ, nhà điều hành mạng, nhà cung cấp nội dung, nhà cung cấp thiết bị) cuối cùng sẽ giải quyết các chiến lược tối ưu hóa QoE theo quan điểm cụ thể của họ. Nhiều nghiên cứu cho thấy sự chuyển đổi từ “quản lý QoS” sang “quản lý QoE” [43, 44], theo đó các cơ chế quản lý QoS truyền thống (ví dụ: định tuyến dựa trên QoS, thuật toán phân bổ tài nguyên, kiểm soát chính sách, điều chỉnh dịch vụ,...) đang được xem xét lại để kết hợp khái niệm về tính chủ quan của người dùng cuối. Trong khi phần lớn các phương pháp tiếp cận kết hợp các mô hình nhận thức chất lượng chủ quan (ví dụ: trong bối cảnh cơ chế phân bổ tài nguyên theo định hướng QoE [45, 46]), các phương pháp khác được thúc đẩy bởi phản hồi liên quan đến QoE của người dùng cuối được cung cấp rõ ràng (ví dụ trong bối cảnh cơ chế quản lý tài nguyên vô tuyến [47]).

Ý tưởng sử dụng các phép đo hoặc ước tính chất lượng cấp ứng dụng để thúc đẩy các thay đổi trong mạng đã xuất hiện được một thời gian và một loạt cơ chế xuyên lớp (cross-layer) để kiểm soát một số khía cạnh mạng dựa trên hiệu suất tầng Ứng dụng đã được nghiên cứu. Các cơ chế này có thể hoạt động chẳng hạn bằng cách thực hiện các điều chỉnh ở tầng Ứng dụng như là phản ứng với việc thay đổi QoS của mạng, cũng như ở tầng Mạng, cả ở phía thiết bị đầu-cuối và phía mạng. Trong nhiều trường hợp, các ước tính dựa trên các khái niệm và mô hình đơn giản hoặc phức tạp hơn như là mục tiêu tối ưu hóa cho các cơ chế xuyên lớp này. Các kết quả trong [48] cung cấp cái nhìn sâu sắc hữu ích về tác động của sự thích ứng ở mức độ tầng Ứng dụng và Mạng đối với chất lượng cảm nhận. Hiểu được những mối quan hệ này giữa QoS và các khía cạnh nhất định của QoE (đặc biệt là các khía cạnh nhận thức của nó, trong trường hợp dịch vụ đa phương tiện) cho phép phát triển các cách thông minh hơn để kiểm soát hiệu suất mạng, ví dụ bằng cách thực hiện quản lý di động [49], kiểm soát đầu vào (admission control) [50], định hình lưu lượng và thích ứng băng thông [51] hoặc quản lý mức độ ưu tiên của các loại dịch vụ và các lớp thuê bao khác nhau [50], chẳng hạn bằng cách sử dụng kiến trúc QoS như DiffServ. Hình 2.2.2 trình bày một cái nhìn khái niệm về cách các hệ thống như vậy hoạt động nói chung, với một số ví

dụ cụ thể về các cơ chế quản lý QoS phổ biến.



Hình 2.2.2. Kiến trúc mức khái niệm để quản lý mạng dựa trên QoE, với các cơ chế quản lý thường được sử dụng.

2.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến QoE

Trong phần này, các yếu tố khác nhau có thể ảnh hưởng đến Chất lượng trải nghiệm (QoE) trong bối cảnh sử dụng phương tiện truyền thông, dịch vụ nổi mạng cũng như các ứng dụng và dịch vụ liên lạc điện tử khác sẽ được tìm hiểu. QoE có thể phụ thuộc vào một loạt các yếu tố phức tạp và có liên quan chặt chẽ với nhau, phân thành ba loại *yếu tố ảnh hưởng* (Influence Factors–IF): *con người* (human), *hệ thống* (system) và *ngữ cảnh*. Đối với IF con người, phần này sẽ phân tích về các yếu tố biến thể và ổn định có khả năng ảnh hưởng đến QoE cấp độ thấp (từ dưới lên – bottom-up) hoặc cao (từ trên xuống – top-down). IF hệ thống được phân thành bốn loại riêng biệt, gồm *nội dung* (content), *phương tiện* (media), *mạng* (network) và *thiết bị* (device). Cuối cùng, danh mục rộng các IF ngữ cảnh có thể được phân tách thành các yếu tố liên quan đến ngữ cảnh thông tin vật lý, thời gian, xã hội, kinh tế, nhiệm vụ và kỹ thuật. Cái nhìn tổng thể được đưa ra ở đây sẽ minh họa sự phức tạp của QoE và phạm vi rộng các khía cạnh có khả năng có ảnh hưởng lớn đến nó.

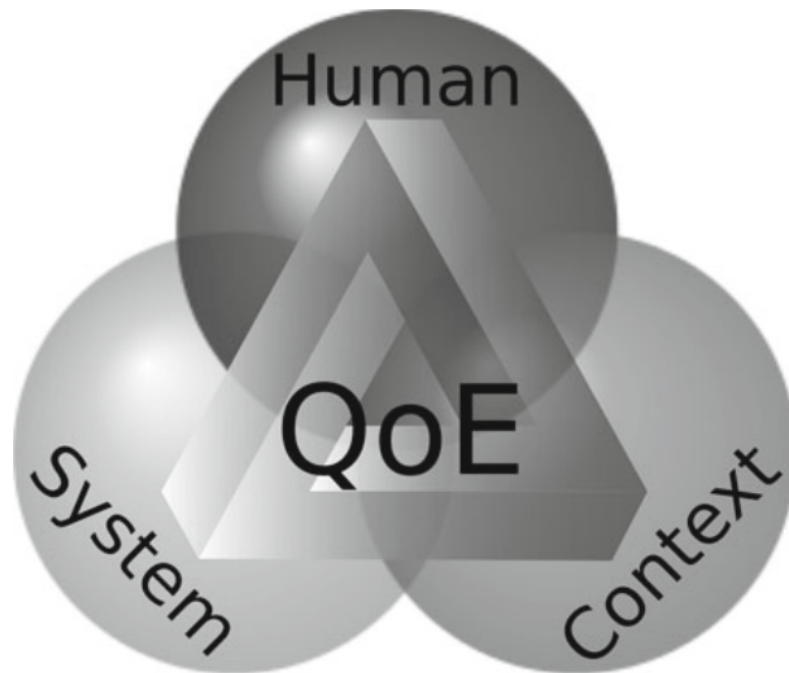
2.3.1. Giới thiệu

Trong bối cảnh sử dụng phương tiện truyền thông, dịch vụ nổi mạng cũng như các ứng dụng và dịch vụ liên lạc điện tử khác, trải nghiệm của con người có thể bị ảnh hưởng bởi rất nhiều yếu tố tác động đến QoE. Một số trong số này đơn giản hơn

và tác động của chúng đã được mô tả và định lượng kỹ lưỡng. Tuy nhiên, những cách khác phụ thuộc vào tình huống, khó mô tả hơn hoặc chỉ có hiệu quả trong một số trường hợp nhất định, ví dụ: kết hợp với hoặc vắng mặt những người khác. Sách trắng Qualinet về Định nghĩa Chất lượng Trải nghiệm xác định các yếu tố này ảnh hưởng đến QoE như sau: “*Yếu tố ảnh hưởng (IF) là bất kỳ đặc điểm nào của người dùng, hệ thống, dịch vụ, ứng dụng hoặc bối cảnh có trạng thái hoặc cài đặt thực tế có thể ảnh hưởng đến chất lượng trải nghiệm của người dùng.* [36]”

Theo nghĩa này, các Yếu tố ảnh hưởng được thảo luận ở đây là các biến độc lập, trong khi QoE thu được theo cảm nhận của người dùng cuối là biến phụ thuộc. Một tập hợp các Yếu tố ảnh hưởng nhất định có thể được người dùng mô tả về tác động của chúng đối với QoE. Điều này có nghĩa là người dùng không nhất thiết phải biết về các IF cơ bản, nhưng họ thường—ở một mức độ nhất định—có thể mô tả những gì họ thích hoặc không thích về trải nghiệm.

Sau đây, nội dung luận văn sẽ thảo luận về các Yếu tố ảnh hưởng thành ba loại, đó là IF con người (HIF), IF hệ thống (SIF) và IF bối cảnh (CIF), đồng thời luận văn sẽ đưa ra các ví dụ và giải thích chuyên sâu. Tuy nhiên, các IF không được coi là tách biệt vì chúng thường xuyên có liên quan với nhau, xem Hình 2.3.1. Ví dụ: HIF và CIF có thể xác định cách thức và mức độ tác động thực sự của tập hợp SIF đến QoE: cùng một video clip có thể để lại ấn tượng chất lượng hoàn toàn khác khi xem trên điện thoại di động khi đang đi xe buýt so với khi xem trên máy tính. Màn hình TV tại nhà người dùng.



Hình 2.3.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng trải nghiệm có thể được nhóm thành các yếu tố ảnh hưởng đến con người, hệ thống và bối cảnh.

2.3.2. IF mức con người

Có thể hiểu rằng “Yếu tố ảnh hưởng của con người (HIF) là bất kỳ thuộc tính hoặc đặc điểm biến thể hoặc bất biến nào của người dùng là con người. Đặc điểm này có thể mô tả bối cảnh nhân khẩu học và kinh tế xã hội, thể chất và tinh thần hoặc trạng thái cảm xúc của người dùng . [36]”

HIF có thể ảnh hưởng đến một trải nghiệm nhất định và cách nó diễn ra cũng như chất lượng của nó. Chúng rất phức tạp vì tính chủ quan và mối quan hệ của chúng với các trạng thái và quy trình bên trong. Điều này làm cho chúng khá vô hình và do đó khó nắm bắt hơn nhiều. Ngoài ra, HIF có mối liên hệ chặt chẽ với nhau và cũng có thể tương tác mạnh mẽ với các IF khác được mô tả trong chương này. Do đó, ảnh hưởng của yếu tố con người đến QoE không thể chỉ được xem xét ở mức độ chung chung.

Ở cấp độ lý thuyết và khái niệm hơn, tầm quan trọng của các yếu tố con người và ảnh hưởng có thể có của chúng đối với QoE thường được nhấn mạnh. Hơn nữa, ở mức độ cụ thể hơn, một số nghiên cứu đã điều tra ảnh hưởng của các yếu tố con người cụ thể đến chất lượng cảm nhận và QoE. Tuy nhiên, trong hầu hết các nghiên cứu thực nghiệm, yếu tố con người chỉ được tính đến ở một mức độ hạn chế. Các ví dụ phổ

biến về HIF thường bao gồm giới tính, độ tuổi, trình độ chuyên môn (chuyên gia so với nghiệp dư). Kết quả là, do tính phức tạp vốn có và thiếu bằng chứng thực nghiệm, người ta vẫn chưa hiểu rõ các yếu tố con người ảnh hưởng đến QoE như thế nào.

Trong phần này, luận văn đưa ra ví dụ về các yếu tố con người có thể ảnh hưởng đến quá trình hình thành nhận thức và phẩm chất. Cụ thể hơn, luận văn xem xét các yếu tố liên quan ở cả quá trình xử lý cấp thấp và cấp cao hơn. Theo định nghĩa của HIF, luận văn phân biệt giữa các đặc điểm (tương đối) ổn định và biến thể của người dùng. Tuy nhiên, điều quan trọng cần lưu ý là phần tổng quan được trình bày ở đây không thể được coi là đầy đủ và rằng sự khác biệt giữa các yếu tố ổn định và biến thể không nên được coi là màu đen và trắng.

Xử lý cấp độ thấp và các IFs con người

Ở cấp độ cảm giác ban đầu—hay còn gọi là xử lý cấp độ thấp—các đặc tính liên quan đến thể chất, cảm xúc và tinh thần của người dùng có thể đóng một vai trò quan trọng. Những đặc điểm này có thể mang tính khuynh hướng (ví dụ: thị lực và thính giác của người dùng, giới tính, độ tuổi) cũng như có thể thay đổi và năng động hơn (ví dụ: cảm xúc bậc thấp, tâm trạng, động lực, sự chú ý của người dùng). Ở cùng cấp độ, các đặc điểm có liên quan chặt chẽ đến nhận thức của con người về các kích thích bên ngoài có thể có ảnh hưởng mạnh nhất đến QoE.

Trong hệ thống thị giác của con người (HVS), độ nhạy thị giác có thể là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến chất lượng hình ảnh. Các nghiên cứu tâm sinh lý truyền thống cho rằng độ nhạy thị giác với các kích thích bên ngoài được xác định bởi tần số không gian và thời gian của các kích thích. Ngoài ra, do sự phân bố không đồng đều của các thụ thể ảnh (tức là tế bào hình nón và hình que) trên võng mạc, HVS có độ nhạy cao nhất xung quanh điểm cố định của mắt (hốc mắt) và giảm mạnh khi ra khỏi điểm này. Vì cơ chế độ nhạy thị giác luôn đóng vai trò thiết yếu trong trải nghiệm xem theo cảm nhận nên QoE của nội dung hình ảnh có thể được cải thiện đáng kể bằng cách tính đến yếu tố này. Ví dụ, các mô hình độ nhạy thị giác đã được áp dụng rộng rãi trong nhiều thuật toán nén video/hình ảnh tiên tiến và các phương pháp đánh giá chất lượng. Tương tự như HVS, chất lượng thính giác và QoE phụ thuộc vào quá trình

xử lý cảm giác ở ngoại vi hệ thống thính giác của con người (HAS). Ở đây, các mô hình xử lý thính giác cũng được áp dụng rộng rãi trong mã hóa âm thanh và thậm chí cả các mô hình dự đoán chất lượng dựa trên tín hiệu.

Xử lý cấp độ cao và các IFs con người

Từ trên xuống—hay còn gọi là quá trình xử lý nhận thức ở cấp độ cao hơn—liên quan đến sự hiểu biết về các kích thích cũng như các quá trình diễn giải và đánh giá liên quan. Nó dựa trên kiến thức, tức là “bất kỳ thông tin nào mà người nhận thức mang đến cho một tình huống”. Kết quả là, một loạt các HIF bổ sung rất quan trọng ở cấp độ này. Một số trong chúng có tính chất bất biến hoặc tương đối ổn định. Các ví dụ về mặt này bao gồm trước hết là nền tảng văn hóa xã hội và giáo dục, giai đoạn cuộc sống và vị trí kinh tế xã hội của người dùng. Đặc biệt là trong bối cảnh các nghiên cứu điều tra khía cạnh giá thành của QoE, điều sau có tầm quan trọng cốt yếu. Các HIF được đề cập ở trên có mối liên hệ chặt chẽ với một tập hợp các đặc điểm khác của con người, những đặc điểm này cũng có thể được coi là tương đối ổn định. Ví dụ, chúng bao gồm các chuẩn mực và niềm tin mà một người có, thường được xác định ở cấp độ cao hơn và do đó liên kết chặt chẽ với bối cảnh văn hóa và xã hội rộng lớn hơn. Một đặc điểm cấp cao hơn khác thường liên quan đến hành vi xem hoặc nghe khi sử dụng các dịch vụ đa phương tiện, được hướng dẫn bởi cơ chế chú ý. Chú ý là một quá trình nhận thức tập trung có chọn lọc vào một số đối tượng bên ngoài nhất định (ví dụ: thị giác hoặc thính giác) trong khi chú ý ít hơn hoặc không chú ý đến người khác. Các đối tượng có thể nổi bật không chỉ vì đặc điểm của chúng mà còn vì các đối tượng xung quanh thì không.

Các HIF tương đối ổn định khác mà chúng ta sẽ thảo luận ngắn gọn bao gồm các giá trị, nhu cầu và mục tiêu cá nhân, động cơ, sở thích và tình cảm, thái độ và đặc điểm tính cách. QoE nói chung và tầm quan trọng tương đối của các tính năng QoE cụ thể nói riêng, có thể bị ảnh hưởng mạnh mẽ bởi mục tiêu của người dùng cũng như các giá trị và nhu cầu tương ứng. Một số cách phân loại đã được đề xuất trong tài liệu: trong có sự phân biệt giữa giá trị cuối cùng và giá trị công cụ. Cái trước liên quan đến các mục tiêu cuối cùng trong cuộc sống (ví dụ: hạnh phúc, niềm vui, cuộc sống thoải mái) và cái sau tương ứng với các phương thức hành vi và các mục tiêu thực dụng

hơn (ví dụ: vui vẻ, tham vọng). Hassenzahl phân biệt giữa “mục tiêu đặt ra” và “mục tiêu thực hiện” mà mọi người muốn thực hiện ở khía cạnh này (xem Chương 3 để thảo luận sâu hơn). Những mục tiêu như vậy là động lực cơ bản cho hành vi của con người và định hướng động cơ của con người. Trong tài liệu, người ta lập luận rằng động lực mang tính cá nhân và chủ quan và có thể khác nhau về mức độ và định hướng (tức là bản chất và trọng tâm). Một sự khác biệt phổ biến được thực hiện trong nghiên cứu động lực là sự khác biệt giữa động lực bên trong và bên ngoài. Trong khi câu trước ngụ ý rằng điều gì đó được thực hiện vì nó “vốn dĩ là thú vị hoặc thú vị”, thì câu sau ám chỉ “làm điều gì đó vì nó dẫn đến một kết quả có thể tách rời”. Tuy nhiên, nhìn chung, mặc dù nghiên cứu trước đây về động lực của con người đã chỉ ra rằng loại động lực có thể ảnh hưởng mạnh mẽ đến hiệu suất và QoE, nhưng ảnh hưởng của động lực đến QoE vẫn là một lãnh thổ phần lớn chưa được khám phá.

Có thể lập luận rằng một tập hợp các yếu tố ảnh hưởng khác ở cấp độ con người có tính chất năng động và thậm chí gay gắt hơn. Ở cấp độ trạng thái cảm xúc của con người, ảnh hưởng của tâm trạng và cảm xúc đến QoE (và ngược lại) ngày càng nhận được sự quan tâm nghiên cứu. Mặc dù cả hai đều có đặc điểm là thời gian tồn tại tương đối ngắn, nhưng tâm trạng thường kéo dài hơn (từ vài giờ đến vài ngày) so với cảm xúc (từ vài giây đến vài phút). Hơn nữa, tâm trạng không được kích hoạt bởi một đối tượng cụ thể cũng như không hướng tới nó. Cảm xúc lần lượt là những phản ứng nhất thời, hướng tới một đối tượng hoặc sự kiện cụ thể. Nghiên cứu trước đây đã chỉ ra ảnh hưởng của các trạng thái cảm xúc khác nhau đến nhận thức (ví dụ, về thời gian dành cho việc xử lý các chi tiết phù hợp với tâm trạng và về các phán đoán mang tính đánh giá, về động lực xử lý thông tin và sự chú ý đến chi tiết, và về nhận thức về thời gian). Bên cạnh những đặc điểm tình cảm này của người dùng là con người, một số yếu tố khác có tính chất biến đổi và không ổn định có thể ảnh hưởng đáng kể đến QoE. Chúng bao gồm ví dụ như kinh nghiệm trước đây, kiến thức (trước), kỹ năng và năng lực cũng như kỳ vọng. Những trải nghiệm trước đây có thể liên quan đến những trải nghiệm đã sống, những trải nghiệm trước đây và những ký ức dựa trên những trải nghiệm đó, cũng như những trải nghiệm gián tiếp trước đó (ví dụ: thông qua câu chuyện từ những người khác) và những điều này—ngoài các nguồn khác—đóng góp

vào kiến thức liên quan mà người dùng có được. Tương tự, kỳ vọng cũng có thể dựa trên nhiều nguồn khác nhau. Kỳ vọng được định nghĩa là “*niềm tin trước khi dùng thử về sản phẩm hoặc dịch vụ và hiệu suất của nó tại một thời điểm nào đó trong tương lai*”. Có sự khác biệt giữa các loại kỳ vọng khác nhau. Trong [8], ảnh hưởng của kỳ vọng (liên quan đến loại mạng truy cập được sử dụng) đến QoE đã được nghiên cứu và chỉ ra. Tuy nhiên, cho đến nay chỉ có một số nghiên cứu hạn chế đã điều tra ảnh hưởng của kỳ vọng đến QoE, hoặc khám phá cách thiết lập thử nghiệm có thể ảnh hưởng đến kỳ vọng. Kiến thức và kỹ năng trước đây cũng có thể ảnh hưởng đến QoE và quá trình hình thành chất lượng liên quan. Như đã đề cập ở trên, trong thử nghiệm chủ quan, người ta thường tạo ra sự khác biệt giữa các đối tượng thử nghiệm là chuyên gia (do kiến thức và kinh nghiệm cụ thể trước đó của họ) và những người được gọi là người dùng ngẫu nhiên. Trong khi nhóm trước có xu hướng phê phán hơn và trả lời theo cách nhất quán hơn, thì một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng nhóm sau ít tập trung vào khiếm khuyết hơn và có xu hướng cho xếp hạng cao hơn. Trong một nghiên cứu gần đây [34] trong bối cảnh dịch vụ điện thoại HD, những người tham gia được phân loại thành sáu phân khúc người dùng với các đặc điểm khác nhau về kiến thức trước đó cũng như thái độ của họ đối với việc áp dụng các công nghệ mới cũng như vị trí kinh tế và nhân khẩu xã hội. Kết quả chỉ ra xếp hạng chất lượng khác nhau đáng kể giữa các phân khúc này và kêu gọi một cách tiếp cận kết hợp để tính đến HIF. Bên cạnh kiến thức, các kỹ năng cũng có thể ảnh hưởng mạnh mẽ đến QoE, chẳng hạn như trong bối cảnh chơi game: việc thiếu kỹ năng để thành thạo cách điều khiển trò chơi có thể dẫn đến sự thất vọng và ngăn cản người chơi tiến bộ. Đây là một trong những phát hiện từ một nghiên cứu thực địa về QoE trong bối cảnh Trò chơi nhập vai trực tuyến nhiều người chơi (MMORPG) trên thiết bị di động theo thời gian thực dựa trên vị trí.

Các khía cạnh được đề cập ở trên có thể, nhưng không nhất thiết, có tác động trực tiếp đến QoE. Chúng cũng có thể ảnh hưởng gián tiếp đến QoE thông qua các yếu tố tình cảm, thái độ và sở thích, v.v. Ngoài các tiêu chí và yếu tố nêu trên, Yếu tố ảnh hưởng của con người có mối liên hệ mật thiết với các đặc tính kỹ thuật của hệ thống. Đây là trọng tâm của phần tiếp theo.

2.3.3. IF mức hệ thống

Có thể hiểu rằng “*Các yếu tố ảnh hưởng hệ thống (SIF) đề cập đến các thuộc tính và đặc điểm xác định chất lượng được sản xuất về mặt kỹ thuật của một ứng dụng hoặc dịch vụ.* [36]”

Các IFs mức hệ thống có liên quan đến nội dung

Bản thân nội dung và loại của nó có ảnh hưởng lớn đến QoE tổng thể của hệ thống, vì các đặc điểm nội dung khác nhau có thể yêu cầu các thuộc tính hệ thống khác nhau. Đối với thông tin thính giác, băng thông âm thanh và dải động là hai SIF chính và các yêu cầu của chúng thay đổi tùy theo nội dung, ví dụ: cho nội dung giọng nói/lời nói so với nội dung âm nhạc.

Khi nói đến thông tin hình ảnh, số lượng chi tiết cũng như số lượng chuyển động trong cảnh là quan trọng. Ở một mức độ lớn, điều này liên quan đến HIF như độ nhạy tương phản và che phủ hình ảnh, nhưng cũng liên quan đến thực tế là các kỹ thuật nén hiện tại bị ảnh hưởng bởi những điều này. Hơn nữa, nó còn bị ảnh hưởng bởi chính nội dung, cũng như bị ảnh hưởng bởi quá trình xử lý ở cấp độ cao hơn. Trong nội dung hình ảnh và video 3D, độ sâu là một khía cạnh cũng ảnh hưởng đến chất lượng và đặc biệt là sự thoải mái khi xem.

Các IFs mức hệ thống có liên quan đến phương tiện truyền

SIF liên quan đến phương tiện đề cập đến các yếu tố cấu hình phương tiện, chẳng hạn như mã hóa, độ phân giải, tốc độ lấy mẫu, tốc độ khung hình, đồng bộ hóa phương tiện. Chúng có liên quan với nhau với các SIF liên quan đến nội dung. SIF liên quan đến phương tiện có thể thay đổi trong quá trình truyền do sự thay đổi của SIF liên quan đến mạng.

Trong hầu hết các trường hợp, nguồn lực để phân phối phương tiện truyền thông bị hạn chế. Có cả lý do liên quan đến kinh tế cũng như phần cứng để hạn chế kích thước của phương tiện. Điều này thường được thực hiện bằng cách áp dụng nén, có thể là không mất dữ liệu hoặc có mất dữ liệu. Nén tổn thất mang lại tốc độ nén cao hơn với chi phí chất lượng. Tuy nhiên, ảnh hưởng phụ thuộc vào nguyên tắc xây

dựng mã hóa tổn hao. Ví dụ đối với hình ảnh và video, các kỹ thuật nén dựa trên khối như trong JPEG và MPEG4/AVC hay còn gọi là H.264 là phổ biến nhất. Để nén mạnh hơn, chúng thường tạo ra các biến dạng và làm mờ chận có thể nhìn thấy (hình chữ nhật), trong khi các kỹ thuật dựa trên wavelet chủ yếu tạo ra các biến dạng làm mờ như trong JPEG 2000.

Đối với âm thanh, việc mã hóa cũng phụ thuộc vào loại nội dung và tình huống dịch vụ/ứng dụng. Codec điện thoại (chẳng hạn như G.711, G.729) được sử dụng cho các tình huống chỉ có giọng nói (ví dụ: VoIP). QoE tốt hơn thường có thể đạt được nếu các codec băng rộng (ví dụ AMRWB) được hỗ trợ trên toàn bộ chuỗi truyền dẫn. Một số codec nén bị mất được sử dụng cho phương tiện âm thanh (MP3, AC-3 và Vorbis). Để nén có tổn thất, mã hóa cảm nhận dựa trên nguyên tắc âm thanh tâm lý là một phương pháp được sử dụng rộng rãi. Tốc độ lấy mẫu và độ phân giải khác nhau giữa các codec và kịch bản sử dụng chúng, đồng thời là sự thỏa hiệp giữa tốc độ của codec và chất lượng đạt được. Sự chậm trễ là điều không mong muốn trong các dịch vụ giao tiếp đàm thoại. Việc đồng bộ hóa phương tiện có thể có ảnh hưởng quan trọng nếu phương tiện (ví dụ: phim) chứa âm thanh và video.

Các IFs mức hệ thống có liên quan đến mạng

SIF liên quan đến mạng đề cập đến việc truyền dữ liệu qua mạng. Các đặc điểm chính của mạng là băng thông, độ trễ, jitter, tỷ lệ mất mát, lỗi và phân phối cũng như thông lượng. SIF liên quan đến mạng có thể thay đổi theo thời gian hoặc khi người dùng thay đổi vị trí của mình và liên quan chặt chẽ đến Chất lượng dịch vụ (QoS) của mạng.

SIF liên quan đến mạng bị ảnh hưởng bởi các lỗi xảy ra trong quá trình truyền qua mạng. Đặc biệt trong trường hợp có sự chậm trễ, tác động của SIF cũng phụ thuộc vào việc dịch vụ có tính tương tác hay được sử dụng thụ động hơn, ví dụ như trong điện thoại so với phát thanh, hoặc hội nghị truyền hình so với truyền phát video. Trong dịch vụ tương tác, ví dụ: dịch vụ đàm thoại, độ trễ có thể có tác động tiêu cực đến QoE. Độ trễ có thể gây ra hạn chế lớn nếu các công nghệ mạng di động cũ hơn được sử dụng cho các ứng dụng âm thanh thời gian thực như VoIP. Truyền phát video

và IPTV là ví dụ về các dịch vụ có mức tiêu thụ thụ động hơn, nhưng tùy thuộc vào cách chúng được phân phối qua mạng, chúng sẽ bị ảnh hưởng rất khác nhau. Thông thường, video bị trì hoãn một cách có chủ ý bằng cách sử dụng bộ đệm được đặt ở vị trí chiến lược để có khả năng phục hồi tốt hơn trước những thay đổi và lỗi về dung lượng mạng.

Đối với việc truyền dựa trên Giao thức gói dữ liệu người dùng (UDP) và Giao thức truyền tải thời gian thực (RTP), lỗi nghiêm trọng nhất là mất gói. Khả năng hiển thị của những phần này chủ yếu phụ thuộc vào việc che giấu được áp dụng ở đầu nhận cũng như vào nội dung và sơ đồ mã hóa: các phần lớn hơn của hình ảnh có thể biến mất theo kiểu khối trong một thời gian (xem Chương 19). Giọng nói thường được trình bày theo từng cụm trong dịch vụ VoIP. Vì vậy, việc phân phối mất gói đóng một vai trò quan trọng. Mức độ mất gói tương tự có thể dẫn đến tác động nghiêm trọng hơn nếu âm thanh được sử dụng cho một số xử lý bổ sung, như trong trường hợp hệ thống điện thoại hội thoại bằng giọng nói.

Gần đây, sự phổ biến của video phát trực tuyến qua mạng (OTT), ví dụ: Youtube hay Netflix, đã tăng rất nhanh. Phương thức phân phối dựa trên TCP và http (Giao thức điều khiển truyền tải và Giao thức truyền siêu văn bản tương ứng), và ở đây ảnh hưởng của việc mất gói và giới hạn băng thông là hoàn toàn khác nhau. Sự cố mạng sẽ dẫn đến tình trạng treo mà không làm mất nội dung trong video. Việc đóng băng cũng có ảnh hưởng xấu đến chất lượng trải nghiệm, nhưng có thể tránh được bằng cách sử dụng codec thích ứng hoặc có thể mở rộng kết hợp với dịch vụ video OTT.

Device-related System IFs

Các IFs mức hệ thống có liên quan đến thiết bị

SIF liên quan đến thiết bị đề cập đến các hệ thống hoặc thiết bị đầu cuối của đường dẫn truyền thông. Giao diện trực quan cho người dùng là màn hình. Công suất của nó sẽ có tác động to lớn đến trải nghiệm của người dùng cuối, nhưng chất lượng nội dung và tín hiệu sẽ tương tác với nó. Ví dụ: nếu hình ảnh chất lượng cao, độ phân giải cao (ở đây có nghĩa là về số lượng pixel) được hiển thị trên màn hình có độ phân

giải thấp với ít màu sắc thì hầu hết mục đích ban đầu của hình ảnh có thể bị mất. Tuy nhiên, nếu hình ảnh có độ phân giải thấp được hiển thị trên màn hình lớn có độ phân giải cao, rất có thể hình ảnh rất mờ và bị mờ sẽ được hiển thị, nhưng kết quả cuối cùng sẽ phụ thuộc nhiều vào quy trình chia tỷ lệ hình ảnh cuối cùng. Để biết cách xử lý chuyên sâu về ảnh hưởng của việc chia tỷ lệ và kết xuất hiển thị, cũng như ảnh hưởng của khả năng động của màn hình trong việc tái tạo chuyển động.

Trong những năm gần đây, sự phát triển kỹ thuật của màn hình đã phát triển rất nhanh, cả về mặt TV và thiết bị di động. Một xu hướng quan trọng, đặc biệt là trên thị trường điện thoại thông minh, là việc tăng độ phân giải màn hình. Ngoài ra, màu sắc và độ sáng đã được cải thiện. Về phía TV, sự phát triển đang diễn ra theo từng bước lớn hơn trong vài năm hoặc thậm chí nhiều thập kỷ, ví dụ: sự chuyển đổi từ TV độ nét tiêu chuẩn sang TV độ nét cao. Xu hướng có ảnh hưởng nhất trong những năm gần đây, với ảnh hưởng đáng kể đến trải nghiệm, là các thiết bị 3D lập thể. Nguyên tắc cơ bản là trình bày hai góc nhìn của cùng một cảnh. Tùy thuộc vào cách thực hiện điều này về mặt kỹ thuật, nhiều IF liên quan đến thiết bị sẽ xuất hiện. Ví dụ: sự rò rỉ của một chế độ xem sang chế độ xem khác hay còn gọi là nhiễu xuyên âm sẽ dẫn đến hiện tượng bóng mờ nhìn thấy được.

Có đến 1,75 tỷ thiết bị di động (ví dụ: điện thoại thông minh, máy tính bảng) được bán trên toàn thế giới vào năm 2022, vượt xa số lượng sử dụng của bất kỳ loại thiết bị đầu cuối nào khác. Về kích thước hình thức của thiết bị, loa tích hợp chỉ thể hiện khả năng phát âm thanh ở mức trung bình. Tiến bộ chính trong lĩnh vực thiết bị đầu vào là việc sử dụng màn hình cảm ứng ngày càng nhiều, nhằm giải quyết phương thức xúc giác của con người. Màn hình cảm ứng với vai trò là thiết bị đầu vào có thể gây ra hạn chế nếu người dùng cần nhập lượng thông tin lớn hơn. Các thiết bị di động hiện đại có bộ xử lý đa lõi và Bộ xử lý đồ họa (GPU) tiên tiến có thể cung cấp một lượng sức mạnh tính toán đáng kể nhưng phải trả giá bằng quyền tự chủ. Tính di động, là Ngữ cảnh IF, do đó ảnh hưởng mạnh mẽ đến các đặc điểm khác nhau của thiết bị.

2.3.4. IF mức ngữ cảnh

Có thể hiểu rằng “Các yếu tố ảnh hưởng bối cảnh (CIF) là các yếu tố bao gồm bất kỳ thuộc tính tình huống nào để mô tả môi trường của người dùng. [36]”

CIF đã được xem xét trong các ứng dụng và dịch vụ đa phương tiện khác nhau [54–59]. Trong hầu hết các tác phẩm này, yếu tố bối cảnh xuất hiện xen lẫn với yếu tố con người và hệ thống, do đó không có bất kỳ cấu trúc hay sự phân loại nào. Tuy nhiên, các tài liệu khác nhau nhấn mạnh vào tiến bộ về chất lượng đa phương tiện, dẫn đến việc phân loại có cấu trúc hợp lý các loại yếu tố ảnh hưởng khác nhau. Trong trường hợp CIF, cách phân loại mới nhất và đầy đủ nhất đã được đề xuất trong.

Việc lập mô hình CIF có thể cung cấp lựa chọn các mức chất lượng phù hợp cho trải nghiệm nhất định, nâng cao hiệu quả và độ tin cậy của ứng dụng/hệ thống hoặc điều chỉnh các đặc điểm nội dung. Tầm quan trọng của kiến thức CIF về Chất lượng Trải nghiệm được cung cấp có thể được hiểu bằng các ví dụ sau: nội dung dài không thú vị vào giờ ăn trưa các ngày trong tuần, nhạc có tiết tấu nhanh sẽ tốt hơn nhạc chậm trong phòng tập thể dục và quảng cáo trong phòng tập thể dục. mạng xã hội thường xem xét hồ sơ người dùng. Hơn nữa, các bối cảnh khác nhau có thể thay đổi hồ sơ người dùng (ví dụ: sử dụng dịch vụ tại nhà hoặc tại nơi làm việc).

Theo ý tưởng của CIF, các dịch vụ/cơ sở hạ tầng đa phương tiện nhận biết ngữ cảnh đã thu hút hoạt động nghiên cứu đáng kể trong những năm gần đây. Ví dụ, cơ sở hạ tầng cho các dịch vụ đa phương tiện nhận biết ngữ cảnh trong môi trường nhà thông minh được đề xuất. Hệ thống như vậy được cho là có khả năng thích ứng với sở thích điển hình của người dùng hệ thống đa phương tiện, chẳng hạn như ghi lại các chương trình TV yêu thích của các thành viên trong gia đình, hiển thị nội dung phù hợp dựa trên hoạt động xã hội của người dùng (ví dụ: tổ chức tiệc sinh nhật) và hiển thị nội dung dưới hình thức phù hợp theo khả năng kỹ thuật. Hệ thống nhiều lớp dựa trên bộ ba cho bối cảnh: tổng hợp, lý luận và học tập.

Ngữ cảnh vật lý

Bối cảnh vật lý mô tả các đặc điểm của vị trí và không gian, bao gồm các chuyển động bên trong và chuyển tiếp giữa các vị trí; vị trí không gian (ví dụ: ngoài trời hoặc trong nhà, ở địa điểm cá nhân, nghề nghiệp hoặc xã hội), địa điểm và không gian chức năng; các thuộc tính môi trường được cảm nhận (ví dụ: nơi yên bình so với nơi ồn ào, ánh sáng và nhiệt độ); chuyển động và khả năng di chuyển (ví dụ: ngồi,

đứng, đi bộ hoặc chạy bộ); hiện vật. Bối cảnh cá nhân được mô tả trong có thể được đưa vào đây một phần, cụ thể là ở vị trí người dùng, hoạt động của người dùng² và cấp độ thông tin sinh lý của người dùng. Một số công trình sử dụng bối cảnh vật lý để mô hình hóa chất lượng ứng dụng. Tùy chọn của người dùng có thể khác nhau trong các bối cảnh khác nhau, chẳng hạn như vị trí, thời gian, trạng thái chuyển động và nhiệt độ. Ví dụ, một người đang chạy bộ có thể thích hip-hop hơn nhạc cổ điển. Một cuộc khảo sát cho thấy hoạt động ảnh hưởng đáng kể đến tâm trạng của người nghe. Các tác giả trong sử dụng phát hiện này và kết luận rằng thông tin ngữ cảnh là một yếu tố quan trọng để đưa ra lời khuyên lựa chọn âm nhạc phù hợp với tâm trạng của người nghe. Họ đề xuất nhóm người dùng theo các điều kiện bối cảnh tương tự để tìm ra các mô hình nhận thức tiềm ẩn và phù hợp hơn. Thông qua việc tích hợp khai thác cả thông tin ngữ cảnh và nội dung âm nhạc, các đề xuất âm nhạc phổ biến phù hợp sẽ được cung cấp. Do đó, các yếu tố vật lý như nhịp tim, nhiệt độ cơ thể, nhiệt độ không khí, độ ồn, độ ẩm, điều kiện ánh sáng, chuyển động và vị trí không gian được sử dụng để có được các cụm người dùng tương tự. Các yếu tố bối cảnh vật lý này cũng cho phép xử lý theo ngữ cảnh cụ thể để tăng QoE, ví dụ: việc điều chỉnh độ sáng màn hình trên điện thoại di động, tùy thuộc vào điều kiện ánh sáng. Hơn nữa, việc sử dụng bối cảnh không gian được đề xuất để cung cấp khả năng hiển thị và theo dõi tốt hơn trong các hệ thống giám sát video nhiều camera trong.

Ngữ cảnh thời gian

Bối cảnh thời gian có liên quan đến các khía cạnh thời gian của một trải nghiệm nhất định, ví dụ: thời gian trong ngày (sáng, chiều hoặc tối), tuần, tháng, mùa (xuân, hạ, thu, đông) và năm; thời lượng và tần suất sử dụng (của dịch vụ/hệ thống); trước/trong/sau trải nghiệm; hành động liên quan đến thời gian; sự đồng bộ. Trong văn học, việc gộp bối cảnh vật chất và bối cảnh thời gian vào cùng một phạm trù là điều khá phổ biến. Ví dụ, việc phân loại bao gồm bối cảnh thời gian trong bối cảnh cá nhân, cụ thể là thời gian truy cập hệ thống và ảnh hưởng của danh sách nhiệm vụ. Trên thực tế, ảnh hưởng của hai loại bối cảnh này thường có mối tương quan cao. Hơn nữa, bối cảnh lịch sử được xem xét, sử dụng thông tin bối cảnh trong quá khứ của chủ đề được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu tương tự như hồ sơ người dùng hoặc hồ sơ tài

nguyên (ví dụ: Twitter cung cấp nguồn bối cảnh người dùng phong phú về các hoạt động hiện tại và quá khứ; 10-phút dữ liệu sinh lý tối thiểu hoặc dữ liệu môi trường xung quanh của một người được lưu trữ trong điện thoại thông minh).

Ngữ cảnh xã hội

Bối cảnh xã hội được xác định bởi các mối quan hệ giữa các cá nhân tồn tại trong quá trình trải nghiệm. Do đó, điều quan trọng là phải xem xét liệu người dùng ứng dụng/hệ thống ở một mình hay với những người khác và thậm chí cả những người khác nhau tham gia vào trải nghiệm như thế nào, cụ thể là bao gồm các hành động giữa các cá nhân. Hơn nữa, các cấp độ văn hóa, giáo dục, chuyên môn (cụ thể là sự phụ thuộc theo thứ bậc, bên trong so với bên ngoài) và giải trí (phụ thuộc vào việc sử dụng ngẫu nhiên hoặc nhịp nhàng) cũng cần được xem xét.

Việc phân tích bối cảnh xã hội của người dùng cho phép suy ra dữ liệu thú vị về sở thích của người dùng thông qua thông tin do chính người dùng cung cấp và phân tích hành vi và thói quen trên mạng của bạn bè anh ta. Tương tự như vậy, một số nỗ lực nghiên cứu nhằm mục đích tìm hiểu và tự động trích xuất từ thông tin xã hội lưu trữ các mối quan hệ, sở thích và thậm chí cả tâm trạng của người dùng.

Sự kết hợp giữa bối cảnh vật lý và xã hội được đề xuất trong để thúc đẩy việc cung cấp dịch vụ di động hiệu quả hơn. Mô hình đó khai thác thực tế là một thành phần rất nhẹ như các nút di động, có thể được triển khai để giám sát thông tin kỹ thuật xã hội trong ba lĩnh vực chính: vị trí và hoạt động thực tế của người dùng (chạy, lái xe,...), bối cảnh xã hội của người dùng (bạn bè, sở thích chung,...), và mức độ sử dụng dịch vụ (tần suất sử dụng, lần đăng nhập gần đây nhất,...). Một giải pháp cá nhân hóa dịch vụ IPTV dựa trên nhận thức ngữ cảnh dựa trên các danh mục vật lý, thời gian và xã hội, bằng cách thu thập thông tin ngữ cảnh theo thời gian thực về người dùng, môi trường của họ (thiết bị và mạng) và dịch vụ.

Như các ví dụ trước đã chỉ ra, bối cảnh xã hội trở nên rất quan trọng ở cấp độ khuyến nghị. Đề xuất nội dung dựa trên thông tin ngữ cảnh được thu thập cho phép đảm bảo trải nghiệm người dùng tốt hơn. Đề xuất cộng tác, trong đó người dùng đề xuất các mặt hàng được người dùng khác sử dụng có sở thích tương tự, cũng có thể

được thực hiện.

Ngữ cảnh tác vụ

Bối cảnh nhiệm vụ được xác định bởi bản chất của trải nghiệm. Tùy thuộc vào điều này, ba tình huống có thể phát sinh: đa nhiệm (các hoạt động song song tiềm năng của người dùng), gián đoạn hoặc loại nhiệm vụ. Ví dụ, một bài báo gần đây của Sackl et al. điều tra tác động của các tác vụ bổ sung đến chất lượng cảm nhận trong thử nghiệm đánh giá QoE trong đó khám phá ảnh hưởng của việc dừng video. Các tác giả kết luận rằng một nhiệm vụ bổ sung không có ảnh hưởng đến chất lượng nhận thức, độc lập với độ khó (khó hay dễ) của nhiệm vụ đó, vì việc trì hoãn đã ảnh hưởng đến chất lượng nhận thức ở mức độ tương tự trong cả hai điều kiện nhiệm vụ. Tuy nhiên, mối quan hệ giữa QoE và nhiệm vụ có thể không đơn giản như vậy: Reiter et al. trước đây đã chỉ ra trong một loạt thử nghiệm rằng một nhiệm vụ đầy thách thức thực sự có thể có ảnh hưởng đến chất lượng cảm nhận trong một kịch bản tương tác, đặc biệt khi cả thuộc tính chất lượng thay đổi (hoặc nổi bật) chính và nhiệm vụ đều nằm ở cùng một phương thức. Theo những nghiên cứu này, ảnh hưởng (hoặc sự mất tập trung) của nhiệm vụ theo phương thức bên trong lớn hơn đáng kể so với ảnh hưởng của nhiệm vụ xuyên phương thức. Điều này cũng được đề xuất bởi các lý thuyết phổ biến về giới hạn năng lực trong sự chú ý của con người.

Ngữ cảnh thông tin và kỹ thuật

Cuối cùng, bối cảnh thông tin và kỹ thuật mô tả mối quan hệ giữa hệ thống quan tâm với các hệ thống và dịch vụ liên quan khác, bao gồm: thiết bị (ví dụ: khả năng kết nối hiện có của các thiết bị qua Bluetooth hoặc Giao tiếp trường gần, NFC), các ứng dụng (ví dụ: tính khả dụng của ứng dụng thay vì giải pháp dịch vụ dựa trên trình duyệt hiện đang được sử dụng), mạng (ví dụ: tính khả dụng của các mạng khác ngoài mạng hiện đang được sử dụng) hoặc các tạo phẩm thông tin bổ sung (ví dụ: sử dụng thêm bút và giấy để tiếp thu thông tin tốt hơn từ dịch vụ được sử dụng). Các đặc điểm như khả năng tương tác, tạo tác và truy cập thông tin hoặc thực tế hỗn hợp cũng cần được xem xét.

2.4. Kết luận

Trong phần này, luận văn đã đề cập đến cả những khác biệt về khái niệm và mối liên hệ giữa QoS và QoE, phân tích về sự thay đổi từ các số liệu hiệu suất mạng thuần túy kỹ thuật sang ước tính chất lượng cảm nhận chủ quan của người dùng. Các phân tích cho thấy các biện pháp QoE thực sự cuối cùng phải tính đến tính chủ quan của người dùng cuối và tác động của các yếu tố bổ sung theo ngữ cảnh và liên quan đến người dùng. Cũng như thấy được rằng các phương pháp đánh giá chất lượng chủ quan và khách quan là cần thiết nhằm mục đích mô hình hóa tác động của cả các yếu tố ảnh hưởng kỹ thuật (liên quan đến QoS) và phi kỹ thuật (ví dụ người dùng, ngữ cảnh) lên QoE. Từ quan điểm thực tế của các nhà cung cấp dịch vụ và nhà khai thác mạng đã quen với việc hỗ trợ các cơ chế QoS, có thể thấy thách thức vẫn là làm thế nào để kết hợp các mô hình QoE trong việc thúc đẩy các cơ chế đó hướng tới tối ưu hóa trải nghiệm của người dùng cuối.

CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ THỬ NGHIỆM HIỆU NĂNG CHO MẠNG KHÔNG DÂY

3.1. Thử nghiệm hệ thống testbed phục vụ đánh giá hiệu năng mạng

3.1.1. Những ưu điểm của testbed và mô hình hoạt động của một hệ thống testbed cơ bản

Hiện nay Internet và các công nghệ mạng tiên tiến, đặc biệt là mạng không dây, đã cải thiện đời sống theo nhiều cách, song hành với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ mạng cũng là những giới hạn. Đó là việc các nhà nghiên cứu cũng như nhà sản xuất công nghiệp gặp khó khăn trong việc thiết kế và phát triển các công nghệ mạng mới. Những công nghệ mới này cần được đánh giá và tinh chỉnh trước khi được sử dụng chính thức trong các sản phẩm hoàn chỉnh.

Các *mô phỏng* (simulations) cho phép việc bắt đầu đánh giá ở mức thô các hành vi, hiệu năng, và khả năng mở rộng của một công nghệ mới. Do đó, việc mô phỏng là những bước bắt đầu rất có ích (và thường không tốn nhiều chi phí) trong việc đánh giá một công nghệ mới. Tuy nhiên, với sự phức tạp trong thiết kế và tính toán, các mô phỏng lại thường sử dụng những mô hình được đơn giản hóa, và điều đó dễ dẫn đến sai lầm trong việc xử lý ở môi trường thực. Việc *giả lập* (emulator) là một sự thay thế, nó kết hợp việc sử dụng các nguyên mẫu được cài đặt và các thực thể thay thế để tái tạo lại các hành vi trong thế giới thực. Tuy nhiên, những thay thế kiểu như vậy lại thường không nắm bắt được sự phức tạp của môi trường thực tế. Và kết quả là chỉ những lần thí nghiệm sử dụng các cài đặt nguyên mẫu trong thực tế và dùng trong những môi trường được điều khiển (ví dụ người dùng thật, các thiết bị vô tuyến không dây, sự chuyển động của các phương tiện, bố cục của các tòa nhà, . . .) mới cung cấp được những kết quả gần với thực tế. Những nền tảng hoặc phương tiện thí nghiệm kiểu như vậy được gọi là các **testbed**.

Như vậy, các testbed mạng là thành phần chính yếu trong việc phát triển các công nghệ mạng mới, và cách nhìn sâu sắc này đã dẫn đến nhiều sáng kiến quy mô

lớn toàn cầu nhằm tới việc thiết kế, cung cấp và điều hành các testbeds. Hiện nay rất nhiều các trường đại học, viên nghiên cứu trên thế giới đã và đang xây dựng các hệ thống phòng thí nghiệm sử dụng testbed của riêng mình, ví dụ PlanetLab (<https://www.planet-lab.org>) hay ORBIT (<http://orbit-lab.org>).

Các nền tảng thí nghiệm (hay *testbed*) là phương tiện cho việc phát triển và đánh giá những công nghệ mạng mới. Việc đánh giá dựa trên mô phỏng cung cấp những kết quả không tốn kém nhưng có giá trị về hiệu năng mạng đối với một cách tiếp cận mới hoặc một công nghệ mới. Tuy nhiên, các *bộ mô phỏng* (simulator), chẳng hạn NS3 [21] và OMNet++ [22], vốn dĩ đã làm đơn giản hóa các giả định. Ngược lại, khả năng chính xác để công nghiệp mạng và cộng đồng chấp nhận rộng rãi và triển khai những thuật toán mới hoặc các kỹ thuật mới thường yêu cầu sự kiểm thử và phân tích một cách bao quát (và tốn kém) trong những thiết lập thế giới thực với những người dùng thực. Các testbed thường được xem như một sự thay thế hiệu quả, ở đó các công nghệ mới được đánh giá trong kiểm soát, nhưng với môi trường và quy mô giống như trong đời thường.

Về việc công nhận vai trò quan trọng của các testbed trong việc đánh giá hệ thống mạng, các tổ chức tài trợ nghiên cứu lớn cấp chính phủ đã đầu tư những nguồn lực đáng kể như các dự án *GENI* (Global Environment for Network Innovations) [25] được tài trợ bởi *Quỹ Khoa học quốc gia Hoa Kỳ* (U.S. National Science Foundation – NSF), và dự án *OneLab Future Internet Testbed* [26] được tài trợ bởi các chương trình *FP6* và *FP7* (6th and 7th European Union Framework Programmes) là những ví dụ tiêu biểu.

So sánh với các lĩnh vực nghiên cứu khoa học khác, chẳng hạn khoa học sự sống, một thói quen kiểm chứng chéo chặt chẽ về kết quả của thí nghiệm đến nay vẫn thiếu vắng ở lĩnh vực mạng máy tính và viễn thông. Điều này chủ yếu là do thực tế rằng ngay cả khi sẵn có một hạ tầng thí nghiệm giống như vậy, hiện tại không có cách rõ ràng nào để mô tả một thí nghiệm cho phép các thí nghiệm lặp đi lặp lại cho đến khi đạt được mức độ ổn định phù hợp của dữ liệu hoặc kịch bản thử nghiệm. Do vậy, để tăng sự chặt chẽ về mặt khoa học trong lĩnh vực mạng, cần có những công cụ và phương thức hiệu quả để hỗ trợ toàn bộ một chu kỳ nghiên cứu. Đặc biệt, chúng ta cần

những đặc tả có tính hệ thống về thí nghiệm, bao gồm cả các tài nguyên được dùng, và các phép đo được lấy. Và như vậy, một nhà nghiên cứu có thể dễ dàng lặp lại thí nghiệm trong cùng hoặc khác một ngữ cảnh và thậm chí cho phép những nhà nghiên cứu khác làm lại những thí nghiệm tương tự như vậy.

Tối ưu việc dùng testbed trên quy mô toàn cầu cũng là một vấn đề được xem xét. Lý do là bởi chi phí cài đặt và vận hành lớn, các testbed thường được giới hạn trong khả năng sử dụng và công nghệ sẵn có. Ví dụ, testbed PlanetLab [23] tập trung vào kiểu mạng xếp chồng (overlay) qua mạng Internet có dây cố định, trong khi testbed Orbit [24] lại tập trung vào các mạng truy cập không dây và di động. Việc liên kết các testbed tại các cơ sở nghiên cứu trên thế giới dưới một framework điều khiển và quản lý được thống nhất sẽ cho phép truy cập và chia sẻ các tài nguyên ở quy mô lớn nhưng vẫn duy trì việc điều khiển quản trị trong phạm vi của tổ chức sở hữu tài nguyên testbed. Để làm được như vậy, *khung quản lý và điều khiển* (Control and Management Framework – OMF) [52] là một framework gồm các bộ công cụ phần mềm cho phép:

- Quản lý các tài nguyên phần cứng trong testbed như các nút (node) mạng có dây, không dây, các thiết bị mạng;
- Điều khiển các thành phần trong testbed, như thiết lập các kịch bản mô phỏng mạng thông qua ngôn ngữ Ruby, dưới dạng các script *ngôn ngữ mô tả thí nghiệm OMF* (OMF Experiment Description Language – OEDL), các kịch bản có thể dễ dàng chạy lặp đi lặp lại nhiều lần nhằm đảm bảo kết quả được chính xác (vì chạy trong môi trường thực nghiệm luôn có sai số giữa các lần thực nghiệm cao hơn môi trường chạy mô phỏng bằng phần mềm);
- Đo kiểm các kết quả chạy các kịch bản mô phỏng trên testbed, cho phép phân tích và biểu diễn các kết quả dưới những thông số đánh giá phổ biến trong mạng như độ trễ, thông lượng, tỷ lệ mất gói. . .

Từ những tìm hiểu nói trên, học viên nhận thấy việc sử dụng testbed để phân tích và đánh giá hiệu năng mạng là một xu hướng tiên tiến trong nghiên cứu về mạng máy tính. Tuy nhiên việc đầu tư hệ thống testbed là tốn kém do cần một số lượng nhất định phần cứng. Do vậy trong phần sau đây của luận văn sẽ đánh giá điều khiển thông

lượng dữ liệu đa phương tiện dựa trên một hệ thống testbed có quy mô một phòng thí nghiệm quy mô trung bình, phù hợp với hoàn cảnh nghiên cứu tại Việt Nam.

3.1.2. Thiết lập hệ thống testbed

Dựa trên bộ phát triển OMF [52] được phát triển để điều khiển và quản lý testbed, luận văn cũng tiến hành xây dựng một testbed nhằm đánh giá một số thử nghiệm cơ bản về hiệu năng mạng. Bộ phần mềm OMF hỗ trợ một số lượng lớn các tài nguyên có dây và không dây khác nhau và có quy trình cài đặt dễ dàng cho phép việc triển khai nhanh chóng một testbed với những chức năng cơ bản và một ngôn ngữ mô tả thí nghiệm phong phú giúp thực hiện các mô phỏng mạng một cách thuận tiện dưới dạng kịch bản thí nghiệm. Hệ thống testbed sử dụng trong luận văn được xây dựng sử dụng thành phần phần cứng chính gồm các wireless nodes như trong Hình 3.1.1



(a) Mặt trước



(b) Mặt sau

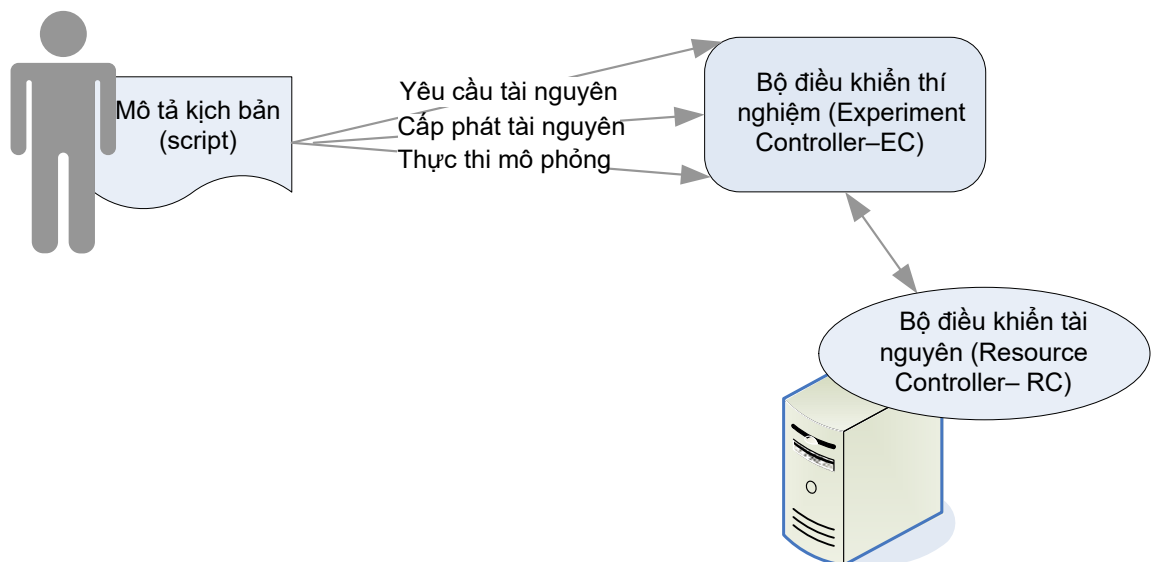
Hình 3.1.1. Wireless node trong hệ thống testbed được xây dựng

Các nút mạng trong sơ đồ trên được đặt thiết kế riêng dựa trên *nút mạng không dây kiểu Orbit* [53]. Hình 3.1.1 là hình ảnh thực tế của các nút mạng này, với cấu hình phần cứng cơ bản như sau:

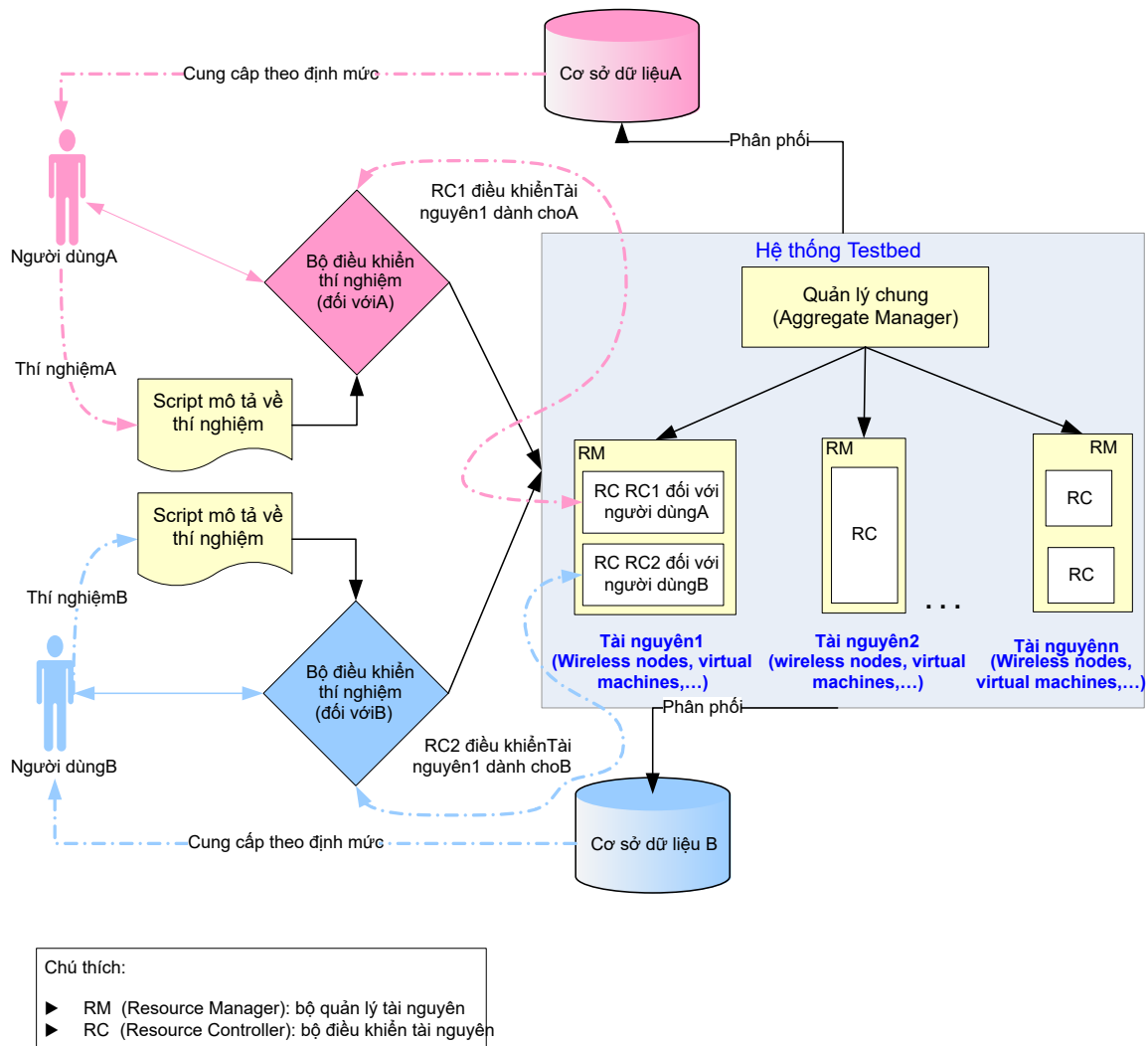
- CPU Pentium G3240 3.1GHz, 3MB cache, 4GB RAM, 500GB HDD
- Wi-Fi card hỗ trợ chuẩn IEEE 802.11 a/b/g/n/ac
- Antenna: Dual Band WiFi Antenna 9dBi, u.FL/IPX to RP-SMA (F) Extension Cable

Mục tiêu của hệ thống testbed được luận văn thiết lập để đánh giá hiệu năng mạng không dây dựa trên phần cứng thật cũng như cung cấp dịch vụ đánh giá và thử

nghiệm mạng không dây cho người dùng bên ngoài. Các Hình 3.1.2 và 3.1.3 thể hiện tương ứng sơ đồ tổng quan và sơ đồ logic của hệ thống. Với hệ thống này, người dùng sử dụng *mô tả thí nghiệm* (Experiment Description – ED) để mô tả các thành phần tham gia thí nghiệm, các tài nguyên cần thiết để chạy thí nghiệm, thời gian chạy, các tham số liên quan... Sau đó script đặc tả này sẽ được gửi tới *Bộ Quản lý thí nghiệm* (Experiment Controller – EC) để thực thi script, EC sẽ liên hệ với *Bộ Quản lý tài nguyên* (Resource Controller – RC) để yêu cầu các tài nguyên cần thiết cho việc chạy thí nghiệm đã được mô tả trong script. RC sẽ cấp phát tài nguyên để chạy thí nghiệm, trả về kết quả cho EC để người dùng có thể phân tích, đánh giá, xử lý đầu ra của thí nghiệm. Với mỗi người dùng A, B,... nói chung việc mô tả thí nghiệm, yêu cầu tài nguyên, chạy và nhận kết quả thí nghiệm được lặp lại tương tự nhau.

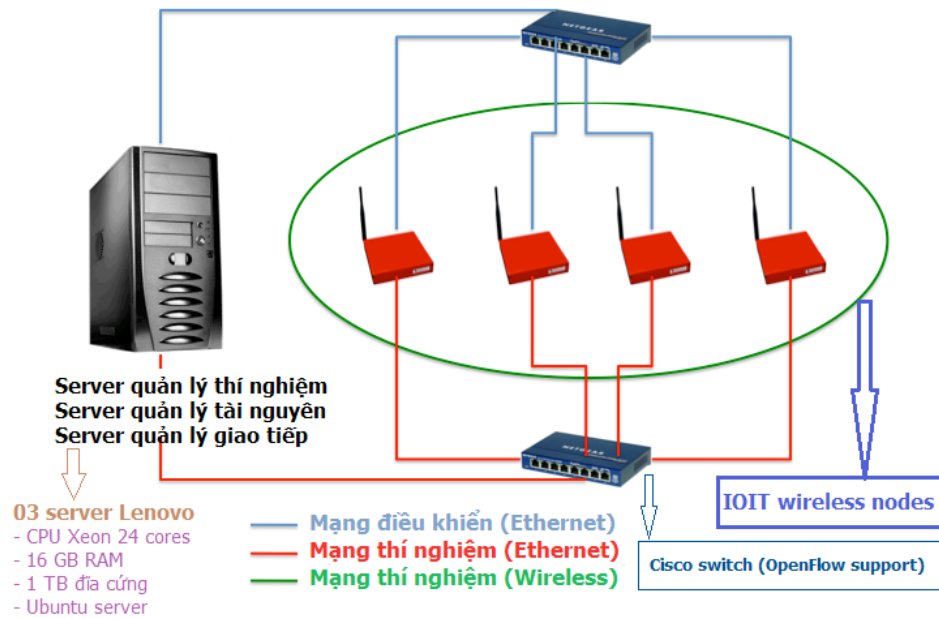


Hình 3.1.2. Sơ đồ tổng quan của hệ thống testbed được xây dựng



Hình 3.1.3. Sơ đồ logic của hệ thống testbed được xây dựng

Hình 3.1.4 là sơ đồ cài đặt của testbed. Để quản lý các thông tin điều khiển chẳng hạn truyền thông tin về script mô tả thí nghiệm từ các node mạng tới các server quản lý tài nguyên, quản lý thí nghiệm thì sử dụng kết nối có dây trực tiếp nhằm tăng tốc độ xử lý. Bản thân kết nối giữa các node mạng cũng có hai phía giao tiếp: giao tiếp có dây dùng cho việc kết nối với các server, còn kết nối giữa các node mạng nhằm phục vụ các thí nghiệm về mạng không dây thì sử dụng giao tiếp không dây, và tương lai sẽ có các module mở rộng cho các bài toán về mạng cảm biến không dây, OpenFlow, ZigBee... Việc mở rộng này là dễ dàng vì các node này đã được đặt hàng tùy biến theo nhu cầu của nội dung nghiên cứu trong luận văn.



Hình 3.1.4. Sơ đồ cài đặt của testbed

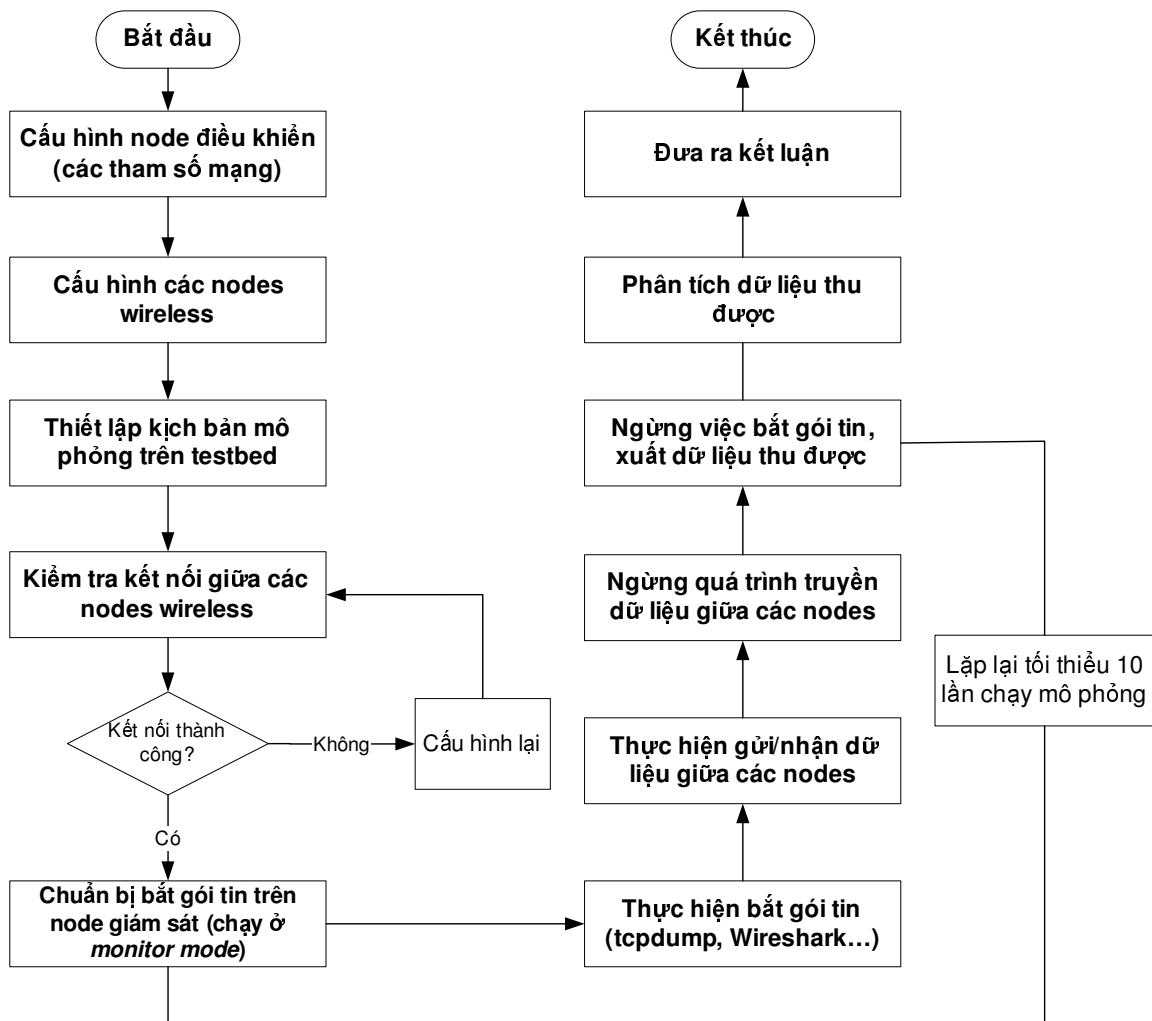
3.2. Phương pháp đánh giá mạng bằng testbed

Trong thực tế hiện nay, môi trường không dây có rất nhiều thiết bị có thể gây ảnh hưởng đến kết quả thực nghiệm, ví dụ như các thiết bị lân cận với phòng thí nghiệm, các thiết bị di động cá nhân... Để loại trừ các yếu tố đó, đầu tiên luận văn thực hiện quét các thông số không dây để “nhìn” ra các thiết bị xung quanh vị trí tiến hành thực nghiệm, như Hình 3.2.1 cho thấy các tần số 1MHz, 5MHz, 11MHz đang có nhiều thiết bị Access Point cùng sử dụng, do đó hệ thống testbed sử dụng tần số 8MHz.

SSID	MAC Address	PHY Type	RSSI	Signal Quality	Average Signal Quality	Frequency	Channel
IOIT-WIFI	00:6B:F1:EC:6E:00	802.11g/n	-63	51	51.4	2.462	11
IoIT-WiFiFree	00:6B:F1:EC:6E:01	802.11g/n	-63	53	51.9	2.462	11
IoIT-WiFiMobile	00:6B:F1:EC:6E:02	802.11g/n	-62	53	52.3	2.462	11
Miss teen	EC:84:B4:CF:C9:B5	802.11g/n	-82	9	10.2	2.412	1
NETCORE	CC:2D:21:80:76:F1	802.11g/n	-67	34	31.1	2.417	2
NONET	00:25:86:F7:90:06	High-Rate DSSS	-44	84	85.9	2.437	6
testbed	E4:A7:A0:B6:41:30	High-Rate DSSS	-49	82	82.3	2.447	8
Testbed noQoS AP	10:FE:ED:BD:75:6E	802.11g/n	-50	83	83.0	2.412	1
THVT-WiFi	00:14:F1:71:3A:B0	802.11g	-46	99	89.3	2.432	5
TP-LINK_0080	30:B5:C2:FD:00:80	802.11g/n	-82	9	8.9	2.447	8

Hình 3.2.1. Thông tin WiFi tại môi trường thiết lập mô phỏng.

Tiếp theo luận văn đề xuất lưu đồ như trong Hình 3.2.2 cho thấy toàn bộ quá trình thực nghiệm.



Hình 3.2.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm.

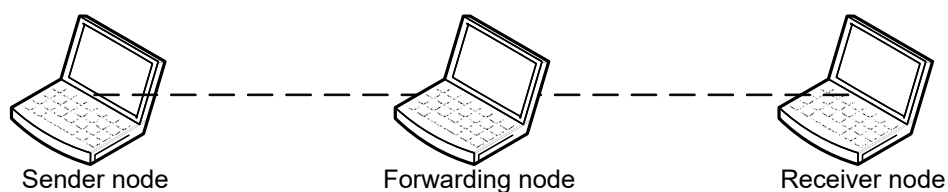
Bắt đầu quá trình thực nghiệm là việc *cấu hình node điều khiển*, tùy theo nhu cầu thiết lập topo mạng kiểu gì cũng như đánh giá những tham số mạng nào. Tiếp theo là bước *cấu hình các node không dây* tham gia kịch bản mô phỏng, ví dụ giữa các node sẽ gửi nhận dữ liệu loại thông thường hay đa phương tiện, chuẩn không dây dùng là IEEE 802.11 b hay g... Bước *thiết lập kịch bản mô phỏng* trên testbed sẽ hệ thống hóa lại các bước trước đó dưới dạng script để có thể dễ dàng chỉnh sửa, thay đổi. Trong mô phỏng mạng, bước *kiểm tra kết nối giữa các node không dây* là rất cần thiết vì nếu kết nối không đúng thì việc chạy mô phỏng sẽ sai ngay từ đầu. Để quan sát toàn bộ quá trình gửi nhận dữ liệu giữa các node trong mô phỏng, testbed cần bước thiết lập một *node giám sát (monitor)* để quan sát thông tin gửi nhận của toàn bộ các

node, để làm được như vậy thì wireless card của node giám sát cần được cấu hình để chạy ở chế độ monitor để bắt được toàn bộ gói tin ở tầng Data-Link, nếu không thì việc quan sát gửi/nhận bắt buộc phải thực hiện ở tất cả các node đích (node nhận dữ liệu) và điều đó không khả thi với việc có nhiều node tham gia mô phỏng. Quá trình các bước tiếp theo *bắt gói tin, truyền tin, lưu dữ liệu đầu ra của mô phỏng* cần được lặp đi lặp lại ít nhất mười (10) lần nhằm đảm bảo dữ liệu thu được đủ nhiều để tính trung bình nhằm giải quyết việc sai khác dữ liệu (vốn rất dễ gặp với môi trường đánh giá thực). Bước cuối cùng là *phân tích dữ liệu và đánh giá* các thông tin về hiệu năng mạng.

3.3. Đánh giá mô hình mạng không dây đa chặng

3.3.1. Đánh giá ảnh hưởng của các tham số chất lượng dịch vụ

Phần này của luận văn trình bày một số kết quả đánh giá về hiệu năng mạng không dây đối với dữ liệu đa phương tiện. Với loại hình dữ liệu này, có thể sử dụng các phương pháp mô hình hóa [54] và mô phỏng [55] vì dựa trên các phân tích mô hình cũng như mã nguồn mô phỏng phù hợp với chuẩn IEEE 802.11e – là chuẩn dành riêng cho dữ liệu đa phương tiện. Tuy nhiên do thực tế hiện nay các thông số cho loại dữ liệu này đã được đưa vào họ các chuẩn IEEE 802.11a, b, g, n nên luận văn sẽ thiết lập mô hình testbed sử dụng ngay các chuẩn nói trên để tiến hành đánh giá, thử nghiệm.



Hình 3.3.1. Mô hình mạng ad hoc đa chặng

Hình 3.3.1 mô tả testbed gồm hai nút mạng không dây kết nối với nhau qua một nút *chuyển tiếp* (forwarding node) có hỗ trợ QoS cho dữ liệu đa phương tiện (chức năng WiFi Multimedia – WMM) với mạng IEEE 802.11g. AP này được thiết lập nhờ hostapd [56] với chức năng WMM bật. Các tham số QoS mặc định của IEEE 802.11g, ở đó phân loại bốn kiểu dữ liệu có độ ưu tiên tăng dần là: AC_BK (background), AC_BE (best effort), AC_VI (video) và AC_VO (voice) với giá trị được cho trong

Bảng 3.3.1 như sau:

Bảng 3.3.1. Các tham số QoS mặc định

AC	CWmin	CWmax	AIFSN	TXOP limit (ms)
AC_BK	15	1023	7	0
AC_BE	15	1023	3	0
AC_VI	7	15	2	3.008
AC_VO	3	7	2	1.504

Để đánh giá quá trình gửi nhận dữ liệu giữa các nút gửi/nhận (*Sender/Receiver*) trong Hình 3.3.1, luận văn sử dụng iPerf [57], đây là một phần mềm đánh giá hiệu năng mạng phổ biến có thể sinh dữ liệu TCP và UDP, cũng như cho phép thay đổi các tham số như băng thông, kích thước gói tin TCP/UDP, số lượng gói tin gửi/nhận, kết nối hai chiều, Window Size (với dữ liệu TCP)...

Để đánh giá độ ưu tiên giữa các dữ liệu Voice, Video và Background với IEEE 802.11g, luận văn thực hiện mô phỏng phát đồng thời ba (3) luồng dữ liệu với tốc độ phát ở trạng thái bão hòa (saturation) trong 60 giây, và mô phỏng như vậy được lặp lại mười (10) lần để thu được thông lượng trung bình trong 60 giây, nhằm đảm bảo sự ổn định của dữ liệu thu được.

Trước tiên, chúng ta thực hiện mô phỏng nhằm so sánh sự khác nhau giữa hai cơ chế: *DCF* (mặc định trong 802.11) và *EDCA* (hỗ trợ QoS cho dữ liệu đa phương tiện trong 802.11). Kết quả được cho trong các Bảng 3.3.2 và 3.3.3.

Bảng 3.3.2. Kết quả mô phỏng ở chế độ DCF

Kiểu dữ liệu	Throughput (Mbps)	Jitter (ms)	Loss ratio (%)
Voice	3.16	41.21	0
Video	3.15	32.39	0
Background	3.15	32.62	0

Bảng 3.3.3. Kết quả mô phỏng ở chế độ EDCA

Kiểu dữ liệu	Throughput (Mbps)	Jitter (ms)	Loss ratio (%)
Voice	8.47	13.59	0.03
Video	2.07	26.74	9.99
Background	0.11	1667.40	92.4

Nhìn vào kết quả hiệu năng của DCF và EDCA khi mạng ở trạng thái bão hòa. Chúng ta thấy rằng bởi vì DCF không phân biệt mức ưu tiên giữa các kiểu dữ liệu, hiệu năng của ba kiểu dữ liệu khá giống nhau ở cả ba giá trị: *thông lượng* (throughput), *biến đổi độ trễ* (jitter) và *tỷ lệ mất gói tin* (packet loss). Jitter là thước đo sự dao động (biến động) của thời gian gói tin đến đích. Trong điều kiện lý tưởng, các gói tin đến đích trong cùng một lúc, chẳng hạn các gói tin đến đích sau mỗi một mili-giây (1 ms). Jitter cao có thể dẫn đến mất gói tin và tắc nghẽn mạng. Trong các ứng dụng voice và video, nhiều jitter có thể ảnh hưởng tới chất lượng truyền dữ liệu. Ở đây, jitter trung bình cho cả ba kiểu dữ liệu đều giống nhau có thể dẫn đến các vấn đề QoS đối với các luồng đa phương tiện.

Với EDCA, mức độ ưu tiên có ảnh hưởng rõ rệt tới hiệu năng mạng. Rõ ràng, thông lượng của dữ liệu nền (background data), vốn có mức ưu tiên thấp nhất gần như bằng không – tương ứng với tỷ lệ mất gói rất lớn (coi như gói tin hoàn toàn bị mất mà không đến đích), cũng như giá trị jitter lớn dẫn đến sự không ổn định khi truyền dữ liệu. Trong khi dữ liệu có độ ưu tiên cao hơn lại chiếm gần hết băng thông, cũng như có jitter và tỷ lệ mất gói khá nhỏ, thể hiện việc truyền dữ liệu là ổn định, thích hợp với dữ liệu đa phương tiện.

Tiếp theo, luận văn tiếp tục thực hiện đánh giá ảnh hưởng của các tham số QoS như (CW_{min} , $AIFS$, và $TXOP_{limit}$) tới các kiểu dữ liệu khác nhau. Để làm điều đó, trước tiên cần đặt giá trị các tham số giống nhau như trong Bảng 3.3.4.

Bảng 3.3.4. Các giá trị giống nhau cho các tham số WMM.

Mức ưu tiên	AC	CW_{min}	CW_{max}	AIFS	$TXOP_{limit}$
thấp	AC_BK	7	1023	7	0
bình thường	AC_BE	7	1023	7	0
cao	AC_VI	7	1023	7	0
cao nhất	AC_VO	7	1023	7	0

Nhìn vào kết quả mô phỏng với các tham số nói trên như Bảng 3.3.5. Dễ dàng thấy rằng Bảng 3.3.5 sẽ cho các giá trị giống như Bảng 3.3.2, nhưng kết quả xấu hơn một chút (jitter và tỷ lệ mất gói lớn hơn, thông lượng nhỏ hơn) bởi vì độ trễ gây ra bởi AIFS và thời gian truyền bị ảnh hưởng bởi CW_{min} hoặc TXOP. Điều này cho thấy các

tham số QoS có ảnh hưởng rõ ràng tới hiệu năng mạng, ngay cả khi chúng được đặt giống nhau cho các loại dữ liệu khác nhau.

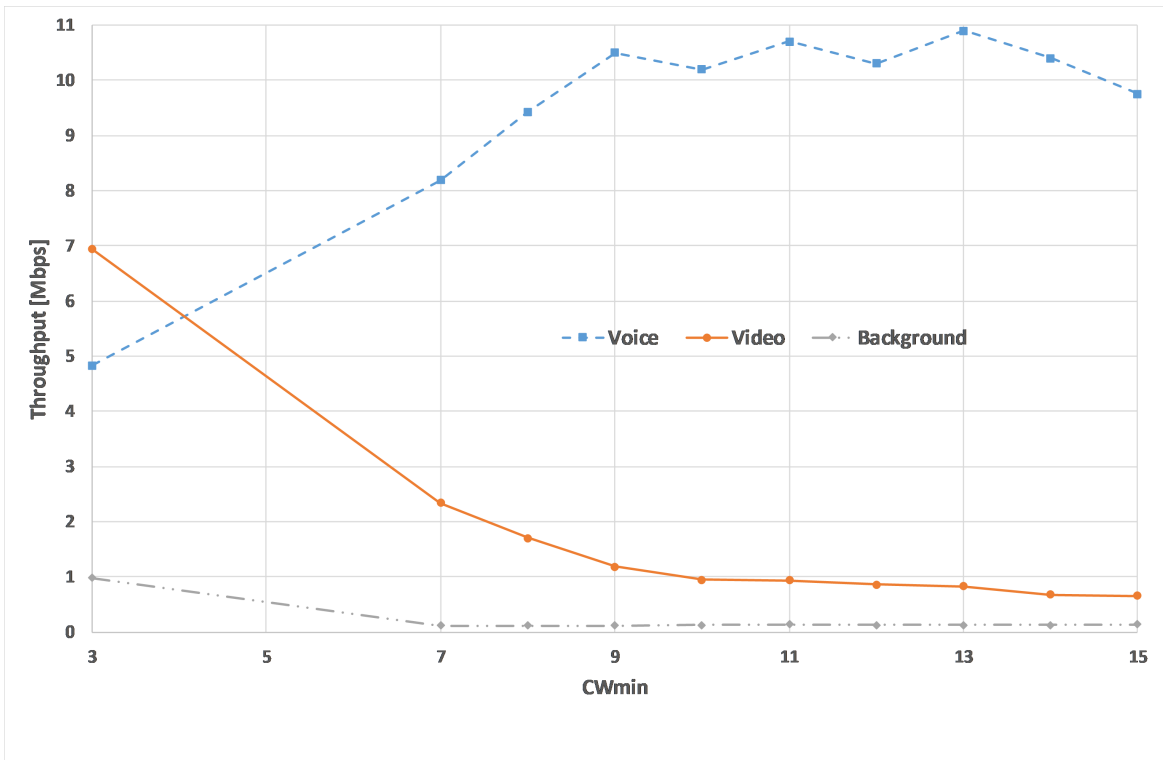
Bảng 3.3.5. Kết quả mô phỏng chế độ EDCA với các tham số QoS giống nhau

Kiểu dữ liệu	Throughput (Mbps)	Jitter (ms)	Loss ratio (%)
Voice	3.08	36.71	0.19
Video	3.07	39.02	0.18
Background	3.09	37.08	0.16

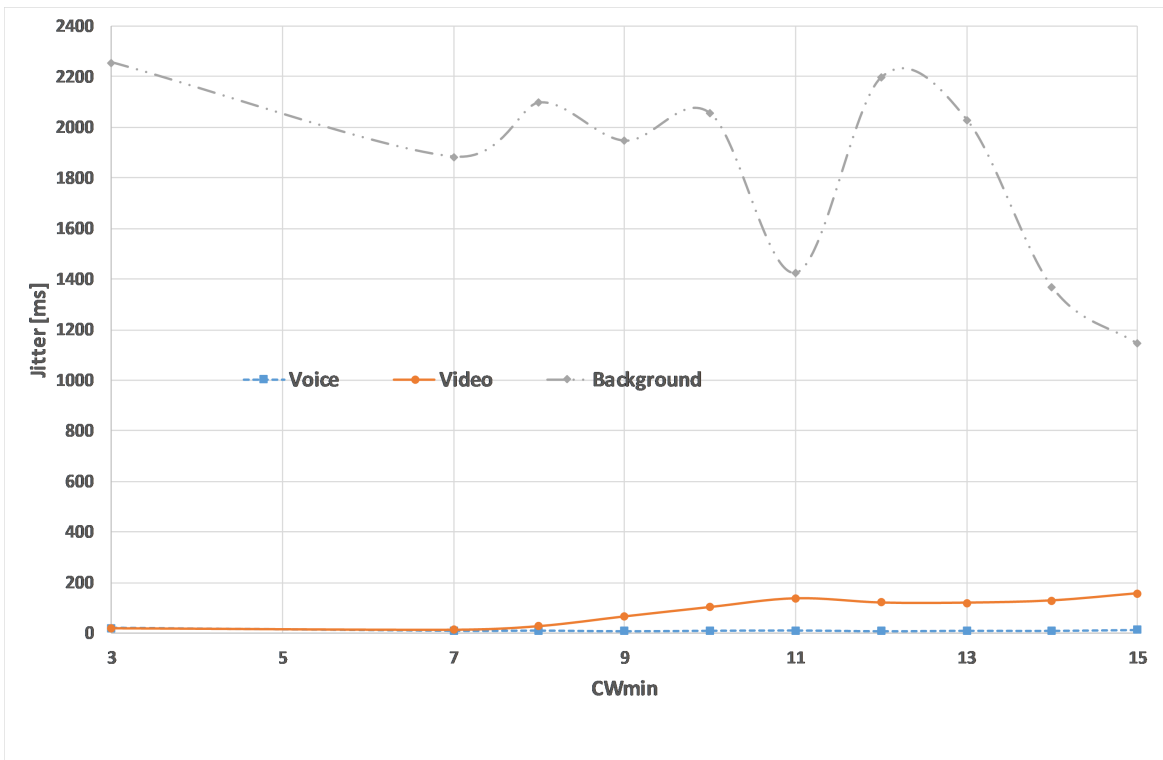
3.3.1.1. Đánh giá ảnh hưởng của tham số CW

Tiếp theo chúng ta minh họa mối quan hệ giữa kích thước Contention Window (CW) của ba loại dữ liệu (Voice, Video, và Background). Để làm điều đó, có thể giữ cố định giá trị hai bộ tham số của hai kiểu dữ liệu có độ ưu tiên cao nhất (voice data) và thấp nhất (background data) rồi thay đổi từng bước CW-size của dữ liệu video. Phạm vi giá trị CW của ba loại dữ liệu này thay đổi theo như Bảng 3.3.1 và CW_{min} của dữ liệu video sẽ thay đổi trong khoảng đó (3 tới 15) để quan sát thấy tỷ lệ thông lượng của ba loại dữ liệu thay đổi ra sao khi CW thay đổi.

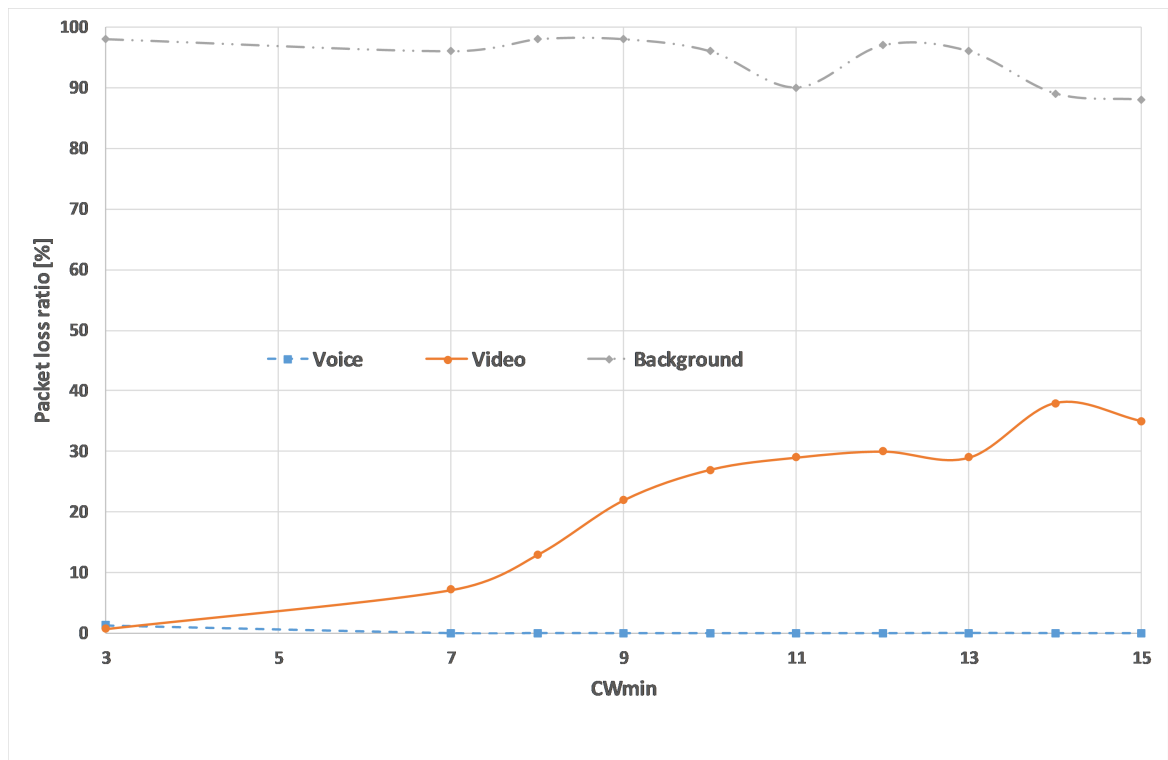
Nhìn vào kết quả thí nghiệm ở các Hình 3.3.2, 3.3.3, và 3.3.4, chúng ta thấy rằng kích thước CW_{min} size ảnh hưởng lớn tới thông lượng mạng, CW nhỏ dẫn đến thông lượng lớn, và ngược lại. Với CW_{min} mặc định (7), thông lượng của video vẫn lớn như mức ưu tiên mặc định. Nhưng khi CW_{min} tăng lên, thông lượng của video giảm xuống rất nhanh, cũng như các chỉ số jitter và packet loss ratio trở nên tồi đi.



Hình 3.3.2. So sánh thông lượng theo CW_{min} của dữ liệu Video



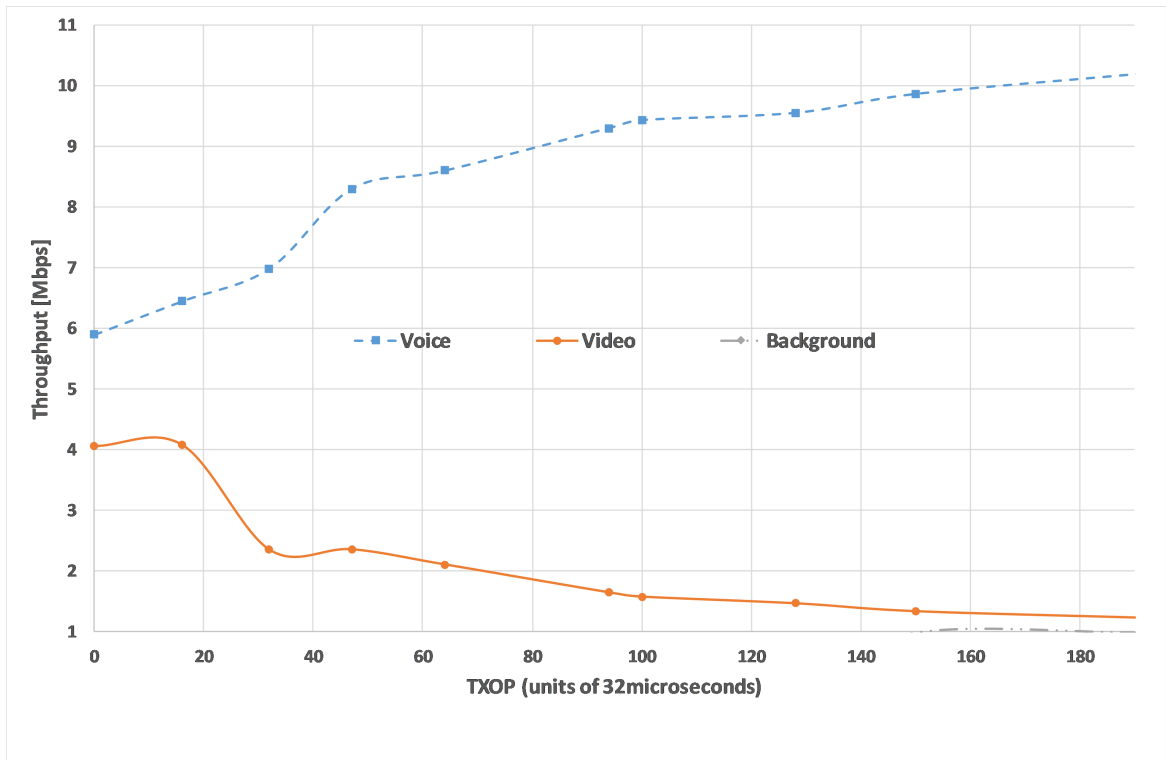
Hình 3.3.3. So sánh jitter theo CW_{min} của dữ liệu Video



Hình 3.3.4. So sánh tỷ lệ mất gói theo CW_{min} của dữ liệu Video

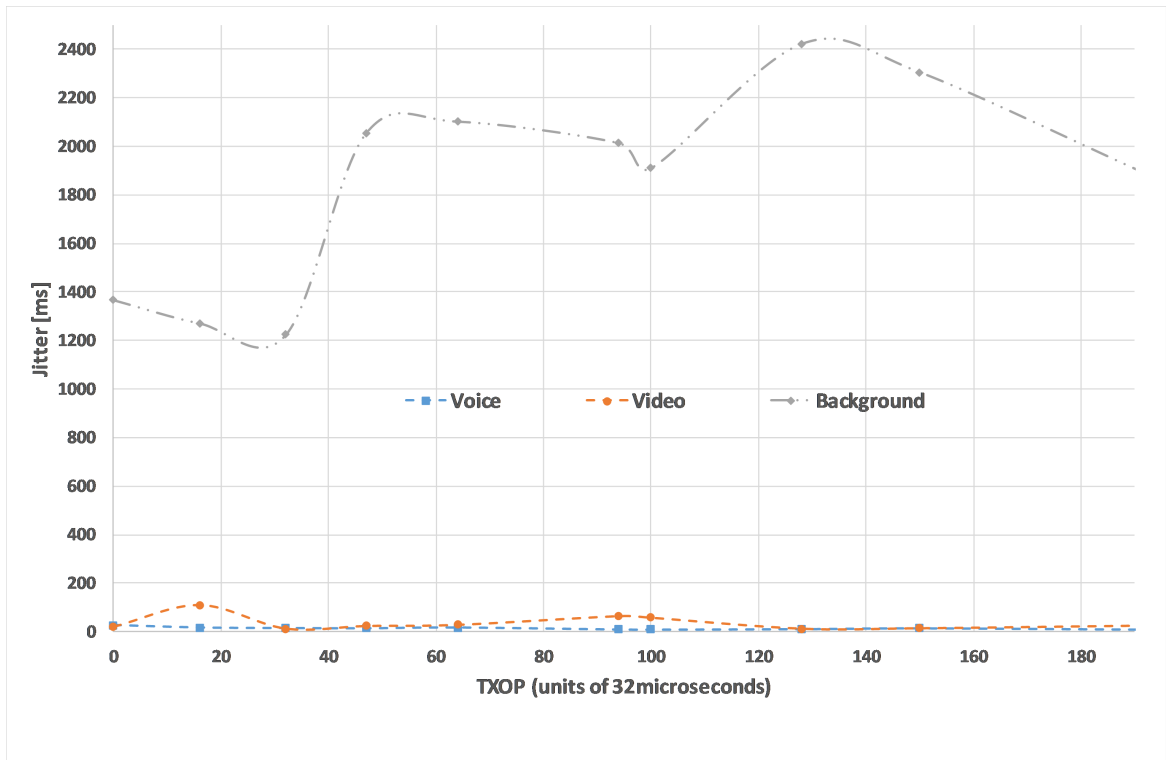
3.3.1.2. Đánh giá ảnh hưởng của tham số TXOP

Tác động của tham số Transmission Opportunity (TXOP) khá đơn giản. Nếu giá trị này lớn, thông lượng của các node tương ứng cũng trở nên lớn. Ngược lại, độ trễ trung bình (có thể đánh giá thông qua giá trị biến đổi độ trễ – jitter) của các node khác sẽ trở nên lớn hơn bởi vì chúng phải chờ một khoảng thời gian dài hơn để truyền các gói tin của mình. Bởi vì giá trị lớn nhất của TXOP_{limit} là 3008 micro-giây được cho mặc định trong IEEE 802.11. Luận văn quan sát sự thay đổi của hiệu năng mạng bằng cách thay đổi các giá trị TXOP của dữ liệu voice thay vì dữ liệu video (có TXOP bằng 1504 micro-giây nhỏ hơn). Như kết quả ở Hình 3.3.5, nếu giá trị TXOP của dữ liệu voice trở nên lớn hơn, thông lượng tương ứng cũng tăng theo. Khi TXOP của voice tăng tới giá trị mặc định của nó (47 trong Hình 3.3.5 hay 1504 trong Bảng 3.3.1), thông lượng vẫn tăng nhưng với mức độ khá nhẹ.

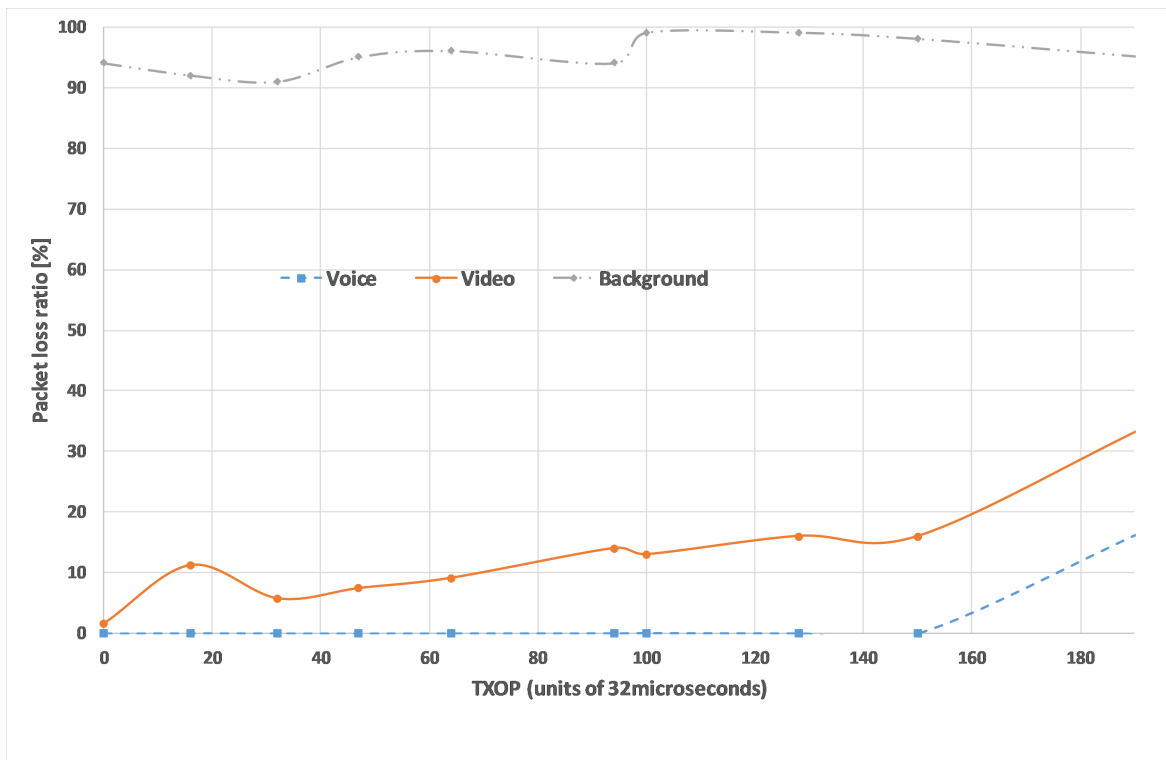


Hình 3.3.5. So sánh thông lượng theo TXOPlimit của dữ liệu Voice

Các Hình 3.3.6 và 3.3.7 cho thấy rằng TXOP không ảnh hưởng nhiều đến các chỉ số *jitter* và *packet loss ratio* nhiều như *throughput*. Sự biến đổi của độ trễ của dữ liệu voice vẫn nhỏ hơn (tốt hơn) so với, và tỷ lệ mất gói tin của video vẫn lớn hơn (tồi hơn) so với voice. Và dữ liệu dạng background luôn luôn có hiệu năng tồi hơn so với hai loại dữ liệu voice và video.



Hình 3.3.6. So sánh jitter theo TXOPlimit của dữ liệu Voice

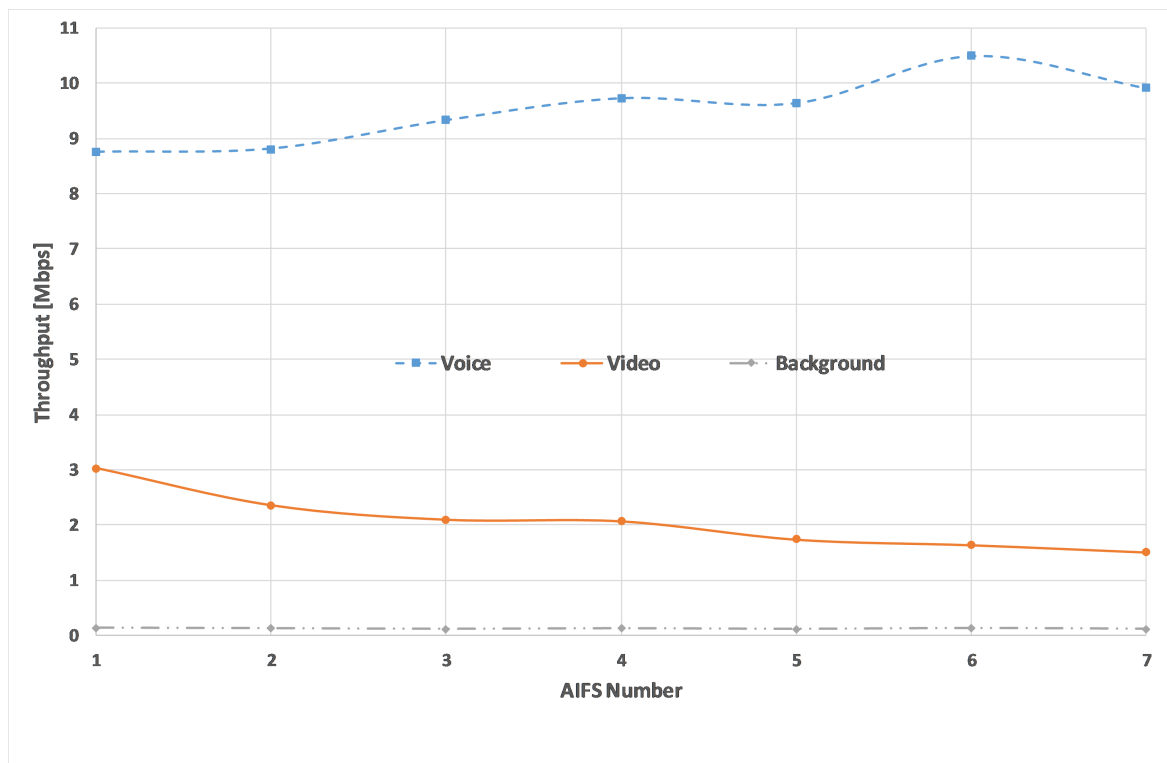


Hình 3.3.7. So sánh tỷ lệ mất gói tin theo TXOPlimit của dữ liệu Voice

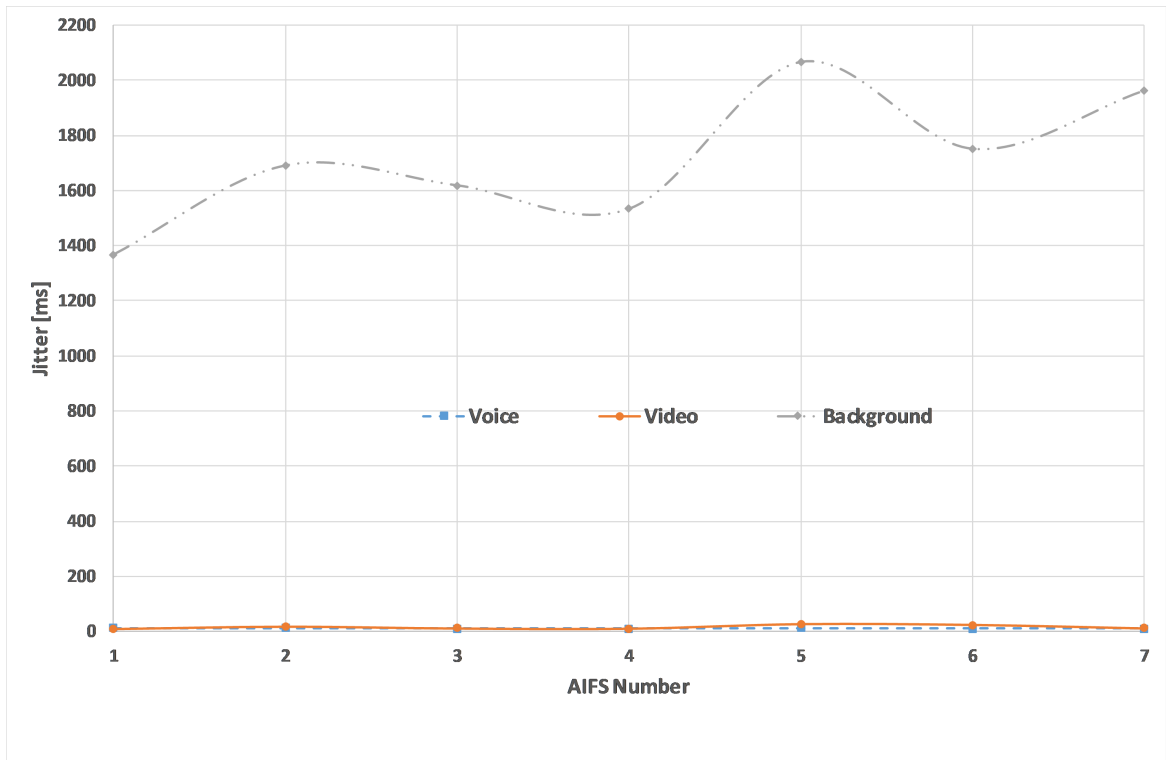
3.3.1.3. Đánh giá ảnh hưởng của tham số AIFS

Ảnh hưởng của số AIFS (AIFSN) được cho trong các Hình 3.3.8, 3.3.9, và 3.3.10. Một node cần cảm nhận độ rỗi của kênh truyền trong khoảng thời gian AIFS để có thể

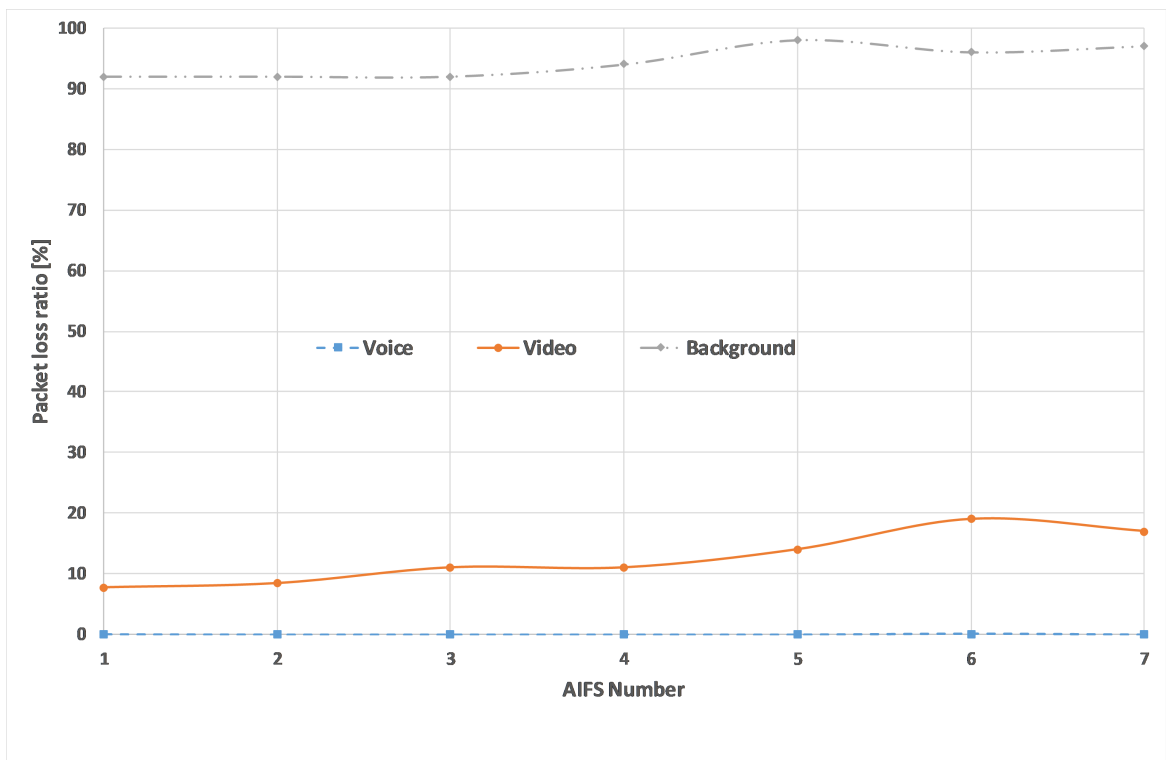
quay lại bộ đếm ngược (back-off counter) của nó. Khi phương tiện truyền bận thì bộ đếm ngược dừng, và nó được đếm trở lại khi kênh trở nên rảnh trong khoảng AIFS. Nếu AIFS tăng cho một node, cơ hội truyền sẽ bị giảm đi, do đó nó cần chờ lâu hơn mới truyền gói tin được. Khi tải của mạng trở nên lớn, AIFS sẽ có ảnh hưởng nhỏ tới độ trễ, nhưng khi tải tăng lên, các node với AIFS lớn hơn sẽ bị “trùng phạt” và thông lượng trở nên tồi đi.



Hình 3.3.8. So sánh thông lượng theo AIFSN của dữ liệu Video



Hình 3.3.9. So sánh jitter theo AIFSN của dữ liệu Video



Hình 3.3.10. So sánh tỷ lệ mất gói theo AIFSN của dữ liệu Video

3.3.2. Nhận xét ảnh hưởng của các tham số QoS đến hiệu năng mạng

Sau khi đã đánh giá ảnh hưởng của các tham số CW, TXOP và AIFS ở trên. Chúng ta nhận thấy rằng giá trị CW có ảnh hưởng lớn đến thông lượng của dữ liệu đa

phương tiện, rõ ràng chỉ cần sự thay đổi nhỏ của CW cũng làm cho thông lượng tăng lên hoặc giảm xuống rất nhanh. Trong khi các giá trị TXOP và AIFS cũng tạo ra sự thay đổi nhưng nhỏ hơn. Mà với dữ liệu đa phương tiện thì thông lượng là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu năng mạng. Như vậy có thể thấy nếu muốn điều chỉnh tỷ lệ thông lượng giữa các loại dữ liệu đa phương tiện, chúng ta có thể điều khiển thông qua giá trị CW.

3.4. Kết luận

Mạng không dây ngày càng trở thành một cơ sở hạ tầng quan trọng của gia đình, kinh doanh, thậm chí phạm vi công nghiệp. Tuy nhiên, các công nghệ sử dụng trong mạng không dây cần phải được thử nghiệm, kiểm tra, đánh giá trước khi chúng được phát hành sử dụng chính thức. Trước đây, những nghiên cứu về các công nghệ mạng không dây chủ yếu được kiểm tra, đánh giá hoặc dựa trên các mô hình toán học, hoặc dựa trên các công cụ mô phỏng. Các giải pháp này có ưu điểm là không tốn chi phí phần cứng vì chủ yếu là chứng minh toán học hoặc dùng các bộ công cụ phần mềm để viết kịch bản thử nghiệm, phân tích kết quả, . . . Tuy nhiên, nhược điểm của chúng lại là bị giới hạn bởi những điều kiện, giả thiết lý tưởng mới có thể đánh giá được, vì việc mô hình hóa hay mô phỏng đều không thể phản ánh hết các yếu tố vật lý trong mạng. Xu hướng sử dụng testbed để đánh giá các thông số mạng ngày càng thể hiện sự ưu việt so với các phương pháp mô hình hóa, mô phỏng. Do vậy phần này của luận văn đã tập trung xây dựng một testbed về mạng với cố gắng tiếp cận với các testbed đã có trên thế giới. Bước đầu đã triển khai thành công việc xây dựng testbed và dựa trên đó đánh giá sự ảnh hưởng một số tham số mạng tới chất lượng dịch vụ dữ liệu đa phương tiện trong mạng không dây. Kết quả thực nghiệm cho thấy được sự khác biệt lớn giữa những thông số lý thuyết và hệ thống chạy trong thực tế.

KẾT LUẬN

Vấn đề chất lượng dịch vụ (QoS) và chất lượng trải nghiệm (QoE) cho dữ liệu đa phương tiện trong mạng không dây là chủ đề nghiên cứu được quan tâm trong những năm gần đây, việc nghiên cứu là cần thiết và có ý nghĩa thực tế. Qua thời gian nghiên cứu, luận văn đã đạt được một số kết quả như tìm hiểu các khái niệm liên quan đến QoS/QoE và thiết lập một số đánh giá thử nghiệm, nhưng cũng còn một số hạn chế như mô hình đánh giá còn nhỏ chưa phù hợp với quy mô mạng không dây trong thực tế, cần tiếp tục phát triển trong thời gian tới.

a) Kết quả đạt được:

Luận văn đã tập trung tìm hiểu hoạt động của mạng không dây, các dịch vụ dữ liệu đa phương tiện trên mạng không dây. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng của dịch vụ dữ liệu đa phương tiện trên mạng không dây, nhưng luận văn tập trung tìm hiểu hai vấn đề chính là *chất lượng dịch vụ* (Quality of Service – QoS) và *chất lượng trải nghiệm* (Quality of Experience – QoE). Luận văn cũng triển khai đánh giá hiệu năng mạng không dây với dữ liệu đa phương tiện, dựa trên mô hình mạng thật (testbed) có quy mô nhỏ.

b) Hạn chế và hướng phát triển:

Mạng không dây trong thực tế luôn bao gồm nhiều thiết bị và có tính di động cao. Do vậy các nghiên cứu liên quan khó để có thể cài đặt thử nghiệm. Các đánh giá thử nghiệm trong luận văn có quy mô nhỏ, trong tương lai có thể mở rộng để phù hợp với tình hình thực tế hơn.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

[CB1] Trần Thị Thùy Dương, Ngô Hải Anh. *Nghiên cứu so sánh chất lượng dịch vụ và chất lượng trải nghiệm cho mạng không dây*. Kỷ yếu Hội thảo quốc gia lần thứ XXVI: Một số vấn đề chọn lọc của Công nghệ thông tin và truyền thông, trang 267–271, Bắc Ninh, 5–6/10/2023.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Harold J. Batteram, Gérard Damm, Amit Mukhopadhyay, Laurent Philippart, Rhodo Odysseos, and Carlos Urrutia-Valdés, *Delivering quality of experience in multimedia networks*, Bell Labs Technical Journal, 2010, 15, 175–193.
2. Edson Gallo, Mario Siller, and John Woods, *An Ontology for the Quality of Experience framework*, In 2007 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2007, 1540–1544.
3. Ben Bauer and Andrew Patrick, *A Human Factors Extension to the Seven-Layer OSI Reference Model*, 08 2002.
4. D. Lopez, F. Gonzalez, L. Bellido, and A. Alonso, *Adaptive multimedia streaming over IP based on customer oriented metrics*, In 2006 International Symposium on Computer Networks, 2006, 185–191.
5. David L. Black, Zheng Wang, Mark A. Carlson, Walter Weiss, Elwyn B. Davies, and Steven L. Blake. *An Architecture for Differentiated Services*. RFC 2475, December 1998.
6. Robert T. Braden, Dr. David D. Clark, and Scott Shenker. *Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview*. RFC 1633, June 1994.
7. Arun Viswanathan, Eric C. Rosen, and Ross Callon. *Multiprotocol Label Switching Architecture*. RFC 3031, January 2001.
8. Shoaib Khan, Svetoslav Duhovnikov, Eckehard Steinbach, and Wolfgang Kellerer, *Mos-based multiuser multiapplication cross-layer optimization for mobile multimedia communication*, Advances in Multimedia, Jul 2007, 2007, 094918.
9. Andreas Saul, *Simple optimization algorithm for mos-based resource assignment*, In VTC Spring 2008 - IEEE Vehicular Technology Conference, 2008, 1766–1770.

10. Andreas Saul and Gunther Auer, *Multiuser resource allocation maximizing the perceived quality*, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Mar 2009, 2009(1), 341689.
11. Srisakul Thakolsri, Shoaib Khan, Eckehard Steinbach, and Wolfgang Kellerer, *QoE-Driven Cross-Layer Optimization for High Speed Downlink Packet Access*, Journal of Communications, 2009, 4(9), 669–680.
12. *IEEE 802.11e Amendment*. https://standards.ieee.org/standard/802_11e-2005.html, last accessed on 12/11/18.
13. *IEEE 802.11 Working Group Project Timelines*. http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11_Timelines.htm, last accessed on 02/12/18.
14. *IEEE-802.11 Standards Timeline*. https://www.semfonetworks.com/uploads/2/9/8/3/29831147/802.11_timeline_v3.pdf, last accessed on 22/02/2018.
15. *IEEE 802.11*. https://standards.ieee.org/standard/802_11-1999.html, last accessed on 02/11/18.
16. Silvia Giordano, *Handbook of wireless networks and mobile computing*, John Wiley & Sons, Inc., 2002, chapter Mobile Ad Hoc Networks, 325–346. New York, NY, USA.
17. *IEEE 802.11-2012*. https://standards.ieee.org/standard/802_11-2012.html, last accessed on 02/12/18.
18. *The Network Simulator: ns-2*. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
19. *A Survey of Network Simulation Tools: Current Status and Future Developments*. <https://www.cse.wustl.edu/jain/cse567-08/ftp/simtools/index.html>.
20. Irin Dorathy and M. Chandrasekaran, *Simulation tools for mobile ad hoc networks: a survey*, Journal of applied research and technology, 00 2018, 16, 437 – 445.
21. *NS3 Network Simulator*. <http://www.nsnam.org/>.

22. *OMNet++ Simulator*. <http://www.omnetpp.org/>.
23. PlanetLab Consortium. *Planetlab: An open platform for developing, deploying, and accessing planetary-scale service*. <http://www.planet-lab.org/>.
24. D. Raychaudhuri, I. Seskar, M. Ott, S. Ganu, K. Ramachandran, H. Kremo, R. Siracusa, H. Liu, and M. Singh, *Overview of the ORBIT radio grid testbed for evaluation of next-generation wireless network protocols*, In Wireless Communications and Networking Conference, 13-17 March 2005, volume 3, 1664 – 1669. IEEE.
25. David Clark, Scott Shenker, and Aaron Falk. *GENI: Global Environment for Network Innovations*. <http://groups.geni.net/geni/raw-attachment/wiki/OldGPGDesignDocuments/GDD-06-28.pdf>.
26. *OneLab: Future Internet Testbed*. <https://onelab.eu/>.
27. Brian White, Jay Lepreau, Leigh Stoller, Robert Ricci, Shashi Guruprasad, Mac Newbold, Mike Hibler, Chad Barb, and Abhijeet Joglekar, *An integrated experimental environment for distributed systems and networks*, In ACM SIGOPS Operating Systems Review - OSDI '02: Proceedings of the 5th symposium on Operating systems design and implementation, Winter 2002, volume 36, 255–270.
28. *The ORCA GENI Control Framework*. <http://groups.geni.net/geni/wiki/OrcaGeniControlFramework>
29. M. Ott, I. Seskar, R. Siracusa, and M. Singh, *ORBIT testbed software architecture: supporting experiments as a service*, In Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities, 2005. Tridentcom 2005. First International Conference on, 23-25 Feb 2005, 136 – 145. IEEE.
30. *The Network Implementation Testbed Laboratory*. <http://nitlab.inf.uth.gr/NIT/NITLab>.
31. Paulo Alexandre Regis, Cayler Miley, and Shamik Sengupta, *Multi-hop Mobile Wireless Mesh Network Testbed Development and Measurements*, International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, Aug 2017, 5(8).

32. Farideh Parastar and Shian Wang, *Quality of Service in IEEE 802.11 WLANs: An Experimental Study*, ArXiv, 2019, abs/1910.07743.
33. Frank Jackson, *Epiphenomenal Qualia*, *The Philosophical Quarterly* (1950-), 1982, 32(127), 127–136.
34. ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector), *P.10 : Vocabulary for performance, quality of service and quality of experience*, Technical report, ITU, 2019.
35. ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector), *E.800 : Definitions of terms related to quality of service*, Technical report, ITU, 2008.
36. Kjell Brunnström, Katrien De Moor, Ann Doods, Sebastian Egger-Lampl, Marie-Neige Garcia, Tobias Hossfeld, Satu Jumisko-Pyykkö, Christian Keimel, Chaker Larabi, Bob Lawlor, Patrick Le Callet, Sebastian Möller, Fernando Pereira, Manuela Pereira, Andrew Perkis, Antonio Pinheiro, Ulrich Reiter, Peter Reichl, Raimund Schatz, and Andrej Zgank, *Qualinet White Paper on Definitions of Quality of Experience*, 03 2013.
37. Benjamin Weiss, Sebastian Möller, Ina , and Christine Kühnel, *Quality of experiencing multi-modal interaction*, 11 2011.
38. European Telecommunications Standards Institute, *Network Aspects (NA); General aspects of Quality of Service (QoS) and Network Performance (NP)*, Technical report, ETSI, 1994.
39. Eric S. Crawley, Raj Nair, Dr. Bala Rajagopalan, and Hal J. Sandick. *A Framework for QoS-based Routing in the Internet*. RFC 2386, August 1998.
40. ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector), *H.360 : An architecture for end-to-end QoS control and signalling*, Technical report, ITU, 2004.
41. Jingwen Jin and Klara Nahrstedt, *Qos specification languages for distributed multimedia applications: A survey and taxonomy*, *IEEE MultiMedia*, jul 2004, 11(3), 74–87.

42. P. Reichl, S. Egger, R. Schatz, and A. D'Alconzo, *The Logarithmic Nature of QoE and the Role of the Weber-Fechner Law in QoE Assessment*, In 2010 IEEE International Conference on Communications, 2010, 1–5.
43. Florence Agboma and Antonio Liotta, *QoE-Aware QoS Management*, In Proceedings of the 6th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia, 2008, MoMM '08, page 111–116, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
44. Maria Martini, Chang-Wen Chen, Zhibo Chen, Tasos Dagiuklas, Lingfen Sun, and Xiaoqing Zhu, *QoE-Aware Wireless Multimedia Systems*, Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, 08 2012, 30, 1153–1156.
45. Pablo Ameigeiras, Juan J. Ramos-Munoz, Jorge Navarro-Ortiz, Preben Mogenssen, and Juan M. Lopez-Soler, *QoE oriented cross-layer design of a resource allocation algorithm in beyond 3G systems*, Computer Communications, 2010, 33(5).
46. Srisakul Thakolsri, Wolfgang Kellerer, and Eckehard Steinbach, *QoE-Based Cross-Layer Optimization of Wireless Video with Unperceivable Temporal Video Quality Fluctuation*, 06 2011, 1–6.
47. G. Aristomenopoulos, T. Kastrinogiannis, V. Kaldanis, G. Karantonis, and S. Papavassiliou, *A Novel Framework for Dynamic Utility-Based QoE Provisioning in Wireless Networks*, In 2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010, 2010, 1–6.
48. Blazej Lewcio, Benjamin Belmudez, Theresa Enghardt, and Sebastian Möller, *On the way to high-quality video calls in future mobile networks*, In 2011 Third International Workshop on Quality of Multimedia Experience, 2011, 43–48.
49. Martín Varela and Jukka-Pekka Laulajainen, *QOE-driven mobility management — Integrating the users' quality perception into network — Level decision making*, 09 2011, 19–24.
50. Martín Varela and Janne Seppänen, *QoE-Driven Network Management for Real-Time Over-the-Top Multimedia Services*, 04 2013.

51. E. Jammeh, I. Mkwawa, A. Khan, M. Goudarzi, L. Sun, and E. Ifeakor, *Quality of experience (qoe) driven adaptation scheme for voice/video over ip*, Telecommunication Systems, Jan 2012, 49(1), 99–111.
52. *OMF, the testbed control and management framework*. <http://omf.mytestbed.net>.
53. D. Raychaudhuri, I. Seskar, M. Ott, S. Ganu, K. Ramachandran, H. Kremo, R. Siracusa, H. Liu, and M. Singh, *Overview of the ORBIT radio grid testbed for evaluation of next-generation wireless network protocols*, In IEEE Wireless Communications and Networking Conference, 2005, March 2005, volume 3, 1664–1669 Vol. 3.
54. I. Tinnirello and G. Bianchi, *Rethinking the IEEE 802.11e EDCA Performance Modeling Methodology*, IEEE/ACM Transactions on Networking, April 2010, 18(2), 540–553.
55. Ngo Hai Anh and Pham Thanh Giang, *An Enhanced MAC-Layer Improving to Support QoS for Multimedia Data in Wireless Networks*, Indian Journal of Science and Technology, 2016, 9(20).
56. *hostapd: IEEE 802.11 AP, IEEE 802.1X/WPA/WPA2/EAP/RADIUS Authenticator*. https://standards.ieee.org/standard/802_11-1999.html, last accessed on 30/09/19.
57. *iPerf – The ultimate speed test tool for TCP, UDP and SCTP*. <https://iperf.fr/>, last accessed on 03/12/19.