

GIÁM SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG TRẢI NGHIỆM (QoE) CHO ỨNG DỤNG WEB

Hoàng Mạnh Quang, Hoàng Đăng Hải
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Tóm tắt: Cung cấp chất lượng trải nghiệm (Quality of Experience –QoE) đáp ứng nhu cầu người dùng là yêu cầu rất quan trọng đối với các nhà cung cấp dịch vụ ứng dụng Web. Nhiều thách thức đặt ra đối với giám sát và đánh giá QoE do vẫn chưa có một mô hình phù hợp cho định lượng QoE. Các nghiên cứu tới nay chủ yếu tập trung vào cải thiện QoE về các tham số liên quan đến thời gian, mối quan hệ tương tác giữa QoS và QoE, mối quan hệ giữa QoE và MOS (Mean Opinion Scores). Tuy nhiên, vấn đề giám sát QoE theo thời gian thực vẫn chưa được quan tâm đúng mức. Mặt khác, hầu hết các mô hình QoE tới nay đều dựa trên các tham số do ITU đề xuất cho mạng và ứng dụng đa phương tiện, chưa có mô hình cho ứng dụng Web. Dựa trên cơ sở các tham số theo tiêu chuẩn của ITU, bài báo này đề xuất một mô hình tham chiếu cho giám sát và đánh giá QoE cho ứng dụng Web. Mô hình tham chiếu WebQoE-RefMod có các đặc trưng: 1) Xác định tập hồ sơ tham chiếu để so sánh, đánh giá QoE, 2) Xác định tập các điểm đo tham chiếu, 3) Tính giá trị QoE là hàm của các chỉ số KPI và KQI, 4) Giám sát và đánh giá QoE theo công thức tính thống kê khoảng cách tới giá trị Ref-QoE.

Từ khóa: Ứng dụng Web, QoS, QoE, giám sát QoE, đánh giá định lượng QoE

I. MỞ ĐẦU

Mạng Internet đang phát triển theo hướng chuyển từ cung cấp thông tin truyền thống sang cung cấp dịch vụ [1]. Việc chuyển đổi này tạo ra những cơ hội đầy tiềm năng cho phát triển và cung cấp các dịch vụ mới trên Internet. Mặt khác, các ứng dụng Web đã phát triển từ các trang Web tĩnh đơn lẻ sang các hệ thống có độ phức tạp cao, có tính động và giàu nội dung thông tin hơn, đặc biệt là các nội dung đa phương tiện. Ngày càng có nhiều ứng dụng Web chứa đựng các nội dung đa phương tiện như các dòng video trực tuyến (Video Streaming). Theo số liệu thống kê đưa ra trong [2], lưu lượng Internet toàn cầu năm 2015 có chứa tới 70% nội dung là dòng video trực tuyến và dự báo sẽ tăng tới 82% trong năm 2020. Một phần quan trọng trong lưu lượng dòng video trực tuyến là các dịch vụ như Netflix, YouTube, MyTV, v.v. bao gồm cả video theo yêu cầu (Video On Demand), Internet Television (IPTV).

Tác giả liên hệ: Hoàng Mạnh Quang
Email: hoangmquang@gmail.com

Đến tòa soạn: 07/2019, chỉnh sửa: 8/2019, chấp nhận đăng: 8/2019.

Các yếu tố tác động đến sự gia tăng của các ứng dụng và dịch vụ trên Internet gồm:

- Sự phát triển của hạ tầng mạng và công nghệ (ví dụ các giao thức mạng và công nghệ mạng mới), hạ tầng điện toán đám mây [3] sử dụng cho lưu trữ và xử lý một lượng lớn dữ liệu trên mạng;
- Sự phát triển của các ứng dụng trên nền Web sử dụng trình duyệt là chuẩn để truy nhập hầu hết các dịch vụ Internet hiện nay;
- Sự phát triển của các mạng cung cấp nội dung số (Content Delivery Networks);
- Sự phát triển của các thiết bị di động có truy nhập Internet mọi lúc, mọi nơi.

Yêu cầu luôn đặt ra đối với các nhà cung cấp dịch vụ mạng (Network Service Providers hay Internet Service Providers) là kiểm soát và bảo đảm chất lượng dịch vụ (QoS – Quality of Service) cũng như chất lượng trải nghiệm cho người dùng dịch vụ (QoE – Quality of Experience) để duy trì khách hàng và tăng doanh thu.

QoS là những tham số liên quan đến hiệu năng mạng (thông lượng, băng thông, độ trễ, tỷ lệ mất gói) biểu thị khả năng mạng hỗ trợ và đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật về chất lượng của ứng dụng người dùng.

Ngược lại với QoS, QoE được xem như cảm nhận chủ quan của người dùng về chất lượng dịch vụ được nhà mạng cung cấp. Theo nghĩa rộng, QoE được xem là tác động, hiệu năng của việc truyền tải nội dung thông tin trên mạng [1]. Khái niệm và định nghĩa về QoE thay đổi trong thời gian qua. Tuy nhiên, một định nghĩa tổng hợp về QoE đã được đưa ra bởi Cộng đồng Chất lượng mạng Châu Âu (EU Qualinet Community) [4] như sau:

“Chất lượng trải nghiệm (QoE) là cấp độ hài lòng hoặc thấy phiền toái của người dùng đối với một dịch vụ hoặc một ứng dụng. Đó là kết quả của việc đáp ứng sự mong đợi của người dùng về tính năng và/hoặc công dụng của ứng dụng hoặc dịch vụ dưới góc độ cá nhân người dùng và trạng thái hiện tại của họ. Trong ngữ cảnh dịch vụ truyền thông, QoE chịu ảnh hưởng của dịch vụ, nội dung, thiết bị, ứng dụng và ngữ cảnh sử dụng”.

Với định nghĩa trên, QoE không chỉ phụ thuộc vào hiệu năng mạng và chuỗi cung cấp dịch vụ, mà còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như nội dung, ứng dụng, mong đợi của người dùng, mục đích của họ và ngữ cảnh

sử dụng. Các ứng dụng và dịch vụ khác nhau có thể có các QoE khác nhau [5].

Cộng đồng mạng và các nhà cung cấp dịch vụ mạng đã dần nhận thức được tầm quan trọng của QoE thay vì chỉ quan tâm đến QoS [1, 5, 6, 7]. Như đã nêu ở trên, yêu cầu đối với nhà cung cấp dịch vụ mạng là giám sát và đo lường được chất lượng trải nghiệm dịch vụ QoE. Tuy nhiên, mô hình giám sát QoE cho các dịch vụ và ứng dụng khác nhau có thể rất khác nhau [8]. Các chỉ số đánh giá QoE và cách thức đo lường các chỉ số này cũng khác nhau [9, 6, 7, 10]. Thách thức đặt ra là liệu có thể đưa ra được một mô hình tham chiếu chung để giám sát và đánh giá QoE cũng như cách thức đo lường các chỉ số để đánh giá. Mặt khác, mô hình này cần đáp ứng yêu cầu cho mạng mới và ứng dụng mới [1, 8].

Cung cấp chất lượng trải nghiệm (Quality of Experience – QoE) đáp ứng nhu cầu người dùng là một yêu cầu hết sức quan trọng đối với các nhà cung cấp dịch vụ ứng dụng Web. Tuy nhiên, qua khảo sát của các tác giả cho thấy, vẫn chưa có một mô hình phù hợp cho định lượng QoE. Các nghiên cứu tới nay chủ yếu tập trung vào cải thiện QoE về các tham số liên quan đến thời gian [2, 6, 7, 9, 10], mối quan hệ tương tác giữa QoS và QoE [1, 3, 6, 8], mối quan hệ giữa QoE và MOS (Mean Opinion Scores) [4, 5, 8].

Nhiều thách thức đặt ra đối với giám sát và đánh giá QoE, song vấn đề giám sát QoE theo thời gian thực vẫn chưa được quan tâm đúng mức. Hầu hết các mô hình QoE tới nay đều dựa trên các tham số do ITU đề xuất cho mạng và ứng dụng đa phương tiện, chưa có mô hình cho ứng dụng Web [8].

Trên cơ sở đó, bài báo này đề xuất một mô hình tham chiếu cho giám sát và đánh giá QoE cho ứng dụng Web dựa trên cơ sở các tham số theo tiêu chuẩn của ITU. Mô hình tham chiếu WebQoE-RefMod được bài báo đề xuất có các đặc trưng sau:

- 1) Xác định tập hồ sơ tham chiếu để so sánh, đánh giá QoE.
- 2) Xác định tập các điểm đo tham chiếu,
- 3) Tính giá trị QoE là hàm của các chỉ số KPI và KQI,
- 4) Giám sát và đánh giá QoE theo công thức tính thống kê khoảng cách tới giá trị Ref-QoE.

WebQoE-RefMod là mô hình đầu tiên đưa ra ý tưởng về tập hồ sơ tham chiếu (Reference Profile) dùng để so sánh đánh giá các giá trị QoE đo được theo thời gian thực trên mạng và cũng là mô hình đầu tiên đưa ra ý tưởng đánh giá theo công thức tính thống kê khoảng cách tới giá trị Ref-QoE.

Nội dung tiếp theo của bài báo gồm: Phần 2 trình bày các nghiên cứu liên quan, Phần 3 trình bày mô hình tham chiếu giám sát và đánh giá QoE cho ứng dụng Web, Phần 4 là một số thử nghiệm với MOS, Phần 5 là kết luận và hướng phát triển tiếp.

II. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Mặc dù QoE có tầm quan trọng đối với các nhà cung cấp dịch vụ mạng, song các nghiên cứu về QoE tới nay vẫn chủ yếu tập trung vào các mô hình đo chất lượng dịch

vụ như IPTV hay dòng video (Streaming Video) [11]. Vẫn còn rất ít mô hình QoE cho các ứng dụng Web.

Trong các sản phẩm trình duyệt như Google và Mozilla, đã có những phương thức được đưa ra nhằm tăng QoE bằng cách tăng tốc độ truyền tải nội dung, giảm kích thước nội dung [12]. Giao thức HTTP/2 đã được đưa ra bởi hiệp hội Web Performance Group [13]. HTTP/2 tăng tốc thời gian tải trang thông qua việc sử dụng truyền tải nội dung nhị phân thay vì nội dung văn bản, nén phân tiêu đề để giảm tải dư thừa, ép máy chủ phản hồi chủ động cho trình duyệt [13]. Một phương thức nén cũng đã được đưa ra bởi Google năm 2016 là tạo ra định dạng ảnh mới cho phép giảm 26% so với ảnh PNG truyền thống [13].

Cho tới nay, QoE vẫn còn được hiểu theo các cách khác nhau. Khái niệm QoE được chấp nhận phổ biến nhất là sự thể mức độ cảm nhận của người dùng về chất lượng của một dịch vụ hay mạng. Tuy nhiên, khái niệm này mang tính chủ quan của mỗi người dùng. Do vậy, cần có một định nghĩa QoE mang tính khách quan hơn. Đã có nhiều định nghĩa về QoE khác nhau đã được đưa ra (xem [5]). Từ góc độ khách quan và trên quan điểm của nhà cung cấp dịch vụ mạng, một khái niệm về QoE được ITU đưa ra như sau: “*QoE là mức độ chấp nhận cho một dịch vụ ứng dụng, bao hàm các yếu tố ảnh hưởng trên toàn tuyến đầu cuối từ mạng, hạ tầng dịch vụ, thiết bị đầu cuối*” [14].

Đã có một số mô hình QoE cho ứng dụng Web được đề xuất, điển hình như mô hình QoE của Schatz và Egger [15], mô hình tương tác QoE [16], mô hình quan hệ QoS-QoE [17],... Mô hình trong [15] nghiên cứu sự liên hệ giữa QoS và QoE nhận được dựa trên hàm dự đoán QoE sử dụng các chỉ số hiệu năng chính (Key Performance Indicators – KPI), song việc xác định QoE vẫn phụ thuộc nhiều vào yếu tố con người, tác động của ngữ cảnh dịch vụ. Trong [16], các tác giả đưa ra mô hình ảnh xạ giữa nhu cầu chất lượng dịch vụ kết hợp với yếu tố công nghệ, chỉ ra mối quan hệ tương tác giữa chúng tạo nên QoE. Trong [17], các tác giả đưa ra mô hình quan hệ QoS-QoE xem xét sự liên quan giữa băng thông, thời gian chờ dịch vụ với sự hài lòng của người dùng. Một số mô hình khác đưa ra mối quan hệ giữa Web QoE và thời gian phản hồi Web, thời gian tải trang (Page Load Time), thời gian biểu thị trên màn hình trình duyệt,...

Một mô hình QoE cho ứng dụng Web đang được nhiều nghiên cứu mới đây quan tâm. Trong [11], một mô hình QoE được gọi là QoEWA được đề xuất với việc tích hợp các cấu trúc tạo ra thẻ điểm cân bằng (Balanced Scorecard) cho QoE tổng thể trên quan điểm người thiết kế Web. Mô hình tích hợp chỉ số KPI (Key Performance Indicators) và chỉ số KQI (Key Quality Indicators). Mô hình trong [7] xem xét vấn đề đánh giá QoE trên cơ sở các đại lượng đo như ATF (Above The Fold), PLT (Page Load Time), thực hiện phân tích chỉ số tốc độ (SI – Speed Index) để xem xét mối quan hệ giữa SI và MOS (Mean Opinion Scores). Các tác giả trong [9] đề xuất một hệ thống đo lường hiệu năng Web với các công cụ đo hiệu năng Web, độ phức tạp, thời gian biểu diễn Web. Bài báo [6] đưa ra phương thức đo hiệu năng Web và Web QoE trong mạng di động với việc sử dụng các đặc trưng như thời gian kết nối TCP, thời gian TTFB (Time To First Byte), các tham số QoE như PLT (Page Load Time) và ATF (Above The Fold) time. Bài báo [8] chỉ ra mối quan hệ giữa các tham số QoE trong một hệ thống mạng, mối

quan hệ giữa QoE và các giá trị MOS (Mean Opinion Scores).

Sự ra đời của các giao thức mới nhằm tăng tốc trình duyệt Web như HTTP/2, QUIC đã thúc đẩy nhiều nghiên cứu về QoE cho ứng dụng Web [18]. Điển hình là các công trình nghiên cứu như: tăng tốc trình duyệt Web và cải thiện Web QoE trên di động [19], mô hình hóa Web QoE trên trình duyệt Web [20], nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi băng thông mạng tới Web QoE [21, 22], nghiên cứu về ảnh hưởng của các yếu tố như hiển thị trực quan (Visual Appeal) và độ khả dụng (Usability) tới Web QoE [23, 24], các nghiên cứu về tác động của thời gian chờ tới Web QoE [18, 25, 26, 27]. Một số mô hình xem xét QoE dựa theo phiên [28], hay dựa trên tác vụ [29].

Có thể phân loại các mô hình Web QoE theo hai loại chính là: 1) Mô hình Web QoE dựa trên các đo lường trình duyệt hay dựa theo Page Load Time (PLT) [30, 17, 31], định nghĩa một hàm QoE của PLT và tổng hợp các tham số thiết kế vào một bảng tham chiếu; 2) Mô hình dựa theo dữ kiện (Data-driven), sử dụng các tham số thời gian làm đặc trưng và áp dụng học máy để phân tích dữ liệu [32, 33, 27].

Liên quan đến QoE, tổ chức tiêu chuẩn quốc tế (ISO - International Standard Organisation) và Hiệp hội viễn thông thế giới (ITU - International Telecommunications Union) cũng đưa ra một số khuyến nghị như ISO 9241-11 [34], Khuyến nghị P.801 về MOS (Mean Opinion Scores) [35], Khuyến nghị G.1031 về các tham số QoE cho trình duyệt Web [36], Khuyến nghị G.1080 về QoE cho ứng dụng IPTV [37], tiêu chuẩn ISO/IEC TR 9126-3 cho các chỉ số trong thiết kế và chất lượng sản phẩm [38].

III. MÔ HÌNH THAM CHIẾU GIÁM SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ QoE CHO ỨNG DỤNG WEB

Ý tưởng của mô hình tham chiếu giám sát và đánh giá QoE cho ứng dụng Web (WebQoE-RefMod) được xây dựng dựa theo mô hình QoEWA [11]. Mô hình WebQoE-RefMod cũng sử dụng các chỉ số KPI (Key Performance Indicators) và KQI (Key Quality Indicators) như mô hình QoEWA. Tuy nhiên, mô hình QoEWA là mô hình dựa

- Mô hình WebQoE-RefMod đưa ra một tập hồ sơ bình thường (Normal Profile) được gọi là tập tham chiếu (Reference Profile) cho các điểm đo QoE, so sánh tập dữ liệu đo được với tập hồ sơ bình thường để giám sát và đánh giá QoE

- Mô hình WebQoE-RefMod xác định một tập điểm đo tham chiếu cho ứng dụng Web.

A. Mô hình WebQoE-RefMod

Mô hình WebQoE-RefMod được mô tả trên hình 1, gồm các thành phần sau:

- Thiết lập tập hồ sơ tham chiếu: Căn cứ tập các điểm đo tham chiếu được xác định từ thời điểm thiết lập dịch vụ ứng dụng Web, thực hiện đo các chỉ số KPI và KQI. Tính toán giá trị Ref-QoE dựa trên các chỉ số KPI và KQI.

- Đo dữ liệu tại các điểm tham chiếu: Thực hiện thu thập dữ liệu tại các điểm đo tham chiếu phục vụ cho tính toán QoE.

- Tính giá trị QoE là hàm của KPI và KQI

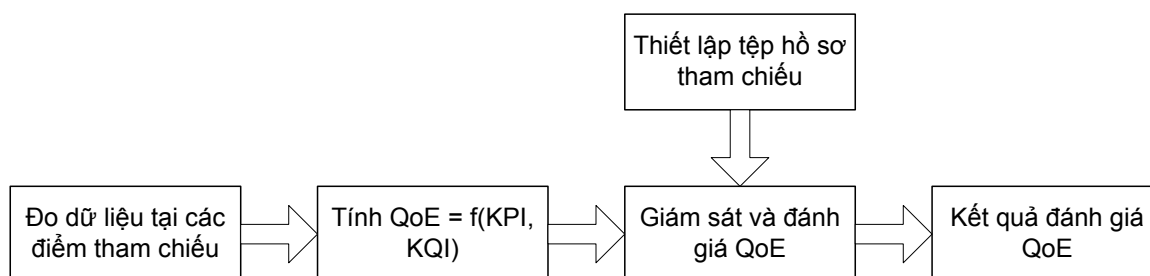
- Giám sát và đánh giá QoE: So sánh QoE tính được với giá trị QoE tham chiếu (Ref-QoE) để xác định mức độ chất lượng trải nghiệm dịch vụ cho ứng dụng Web theo yêu cầu.

- Kết quả đánh giá QoE: Hiển thị kết quả giám sát và đánh giá QoE

B. Thiết lập các điểm giám sát

Mô hình tổng quát cung cấp ứng dụng Web được mô tả trên hình 2 gồm 4 miền mạng: Miền cung cấp nội dung Web, miền cung cấp dịch vụ Web, miền cung cấp dịch vụ mạng và miền người sử dụng ứng dụng Web.

Dựa theo các khuyến nghị của tiêu chuẩn ITU [36], ta có thể xác định ra 5 vị trí giám sát chất lượng dịch vụ (các điểm giám sát – Check Point CP) như trên hình 3 cho chuỗi cung cấp dịch vụ ứng dụng Web. Các điểm giám sát CPi là các điểm tham chiếu để đo dữ liệu cho 4 miền mạng như mô tả trên hình 2. Một hệ thống giám sát QoE

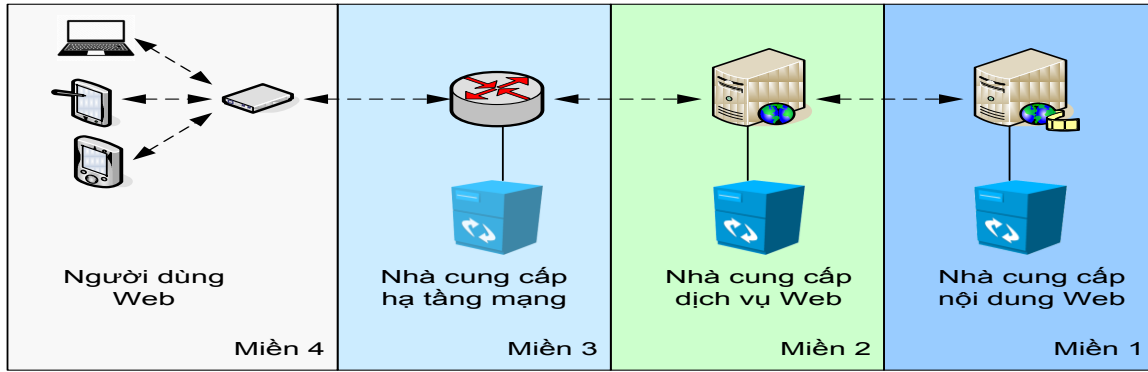


Hình 1. Mô hình tham chiếu giám sát và đánh giá QoE

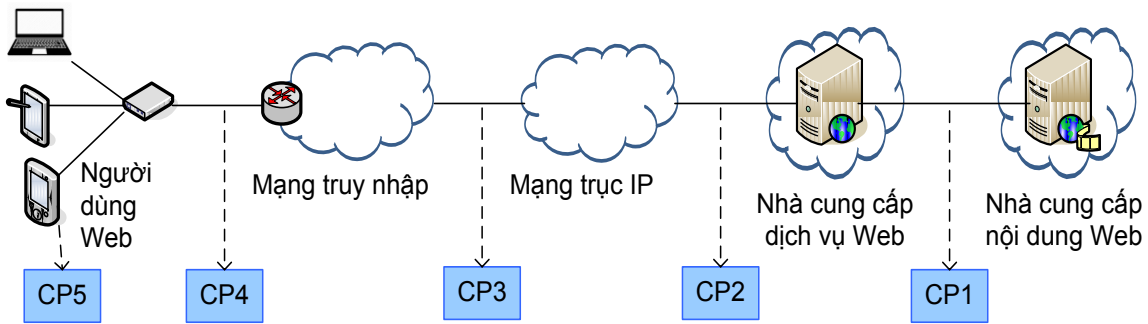
theo dữ kiện (data-driven model), sử dụng các tập dữ liệu huấn luyện để dự đoán QoE.

Mô hình WebQoE-RefMod khác biệt so với mô hình QoEWA [11] ở hai đặc điểm sau:

tập trung sẽ thực hiện thu thập dữ liệu đo được tại các điểm tham chiếu phục vụ tính toán QoE cho ứng dụng Web.



Hình 2. Mô hình cung cấp dịch vụ Web với bốn miền mạng



Hình 3. Mô hình cung cấp dịch vụ Web với bốn miền mạng

Bảng 1. Vị trí và mô tả các điểm đo giám sát QoE cho dịch vụ IPTV (theo ITU [37])

Tên điểm đo	Vị trí	Mô tả
Điểm đo 1	Điểm giữa miền cung cấp nội dung và miền cung cấp dịch vụ	Giám sát chất lượng nội dung (video, audio), xác thực dữ liệu metadata.
Điểm đo 2	Điểm giữa miền cung cấp dịch vụ và miền cung cấp hạ tầng mạng	Giám sát chất lượng luồng dữ liệu gốc, phân phối dịch vụ.
Điểm đo 3	Điểm giữa miền lõi IP (IP Core) và mạng truy nhập (IP Edge Networks).	Giám sát các tham số hiệu năng liên quan lớp mạng IP (Network Performance Monitoring).
Điểm đo 4	Điểm giữa mạng truy nhập và miền mạng của người dùng.	Giám sát chất lượng luồng dữ liệu, chất lượng audio-visual, các thuộc tính dịch vụ.
Điểm đo 5	Điểm giữa giao diện mạng người dùng và thiết bị người dùng.	End-point, liên quan trực tiếp tới QoE người dùng cuối.

Bảng 1 mô tả ví dụ về các điểm đo giám sát chất lượng ứng dụng IPTV theo ITU [37].

C. Đo dữ liệu tại các điểm tham chiếu

Căn cứ các tiêu chuẩn như ISO 9241- 11 [34], ISO/IEC TR 9126- 3 [38] và OASIS [35], ta xác định các chỉ số KPI gồm F1, F2, F3, F4, F5 và các chỉ số về độ khả dụng F6, F7, F8, F9 như đã nêu trong [11].

Các tập chỉ số KPI và KQI được xác định như sau.

$$KPI\ Score = \{ F1_{obj}, F2_{obj}, F3_{obj}, F4_{obj}, F5_{obj}, F6_{obj}, F7_{obj}, F8_{obj}, F9_{obj} \}$$

$$KQI\ Score = \{ F1_{sub}, F2_{sub}, F3_{sub}, F4_{sub}, F5_{sub}, F6_{sub}, F7_{sub}, F8_{sub}, F9_{sub} \}$$

Trong đó: “obj” biểu thị các chỉ số khách quan, “sub” biểu thị các chỉ số chủ quan.

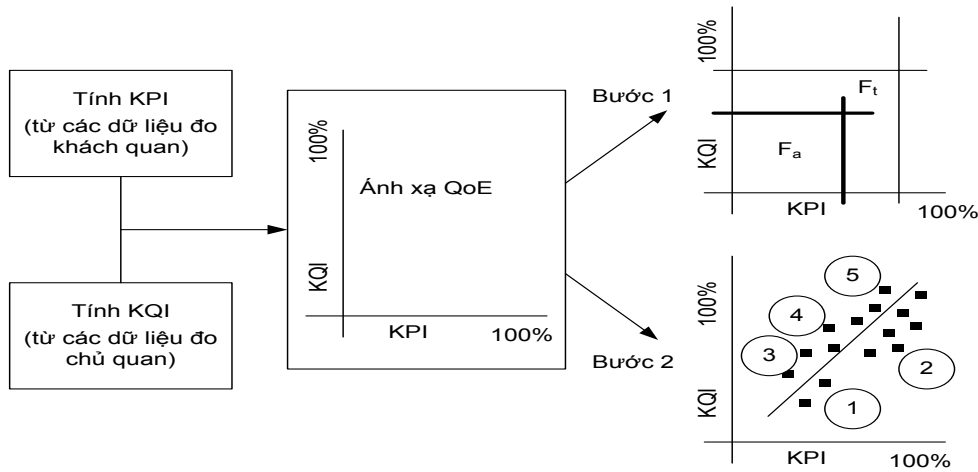
KPI biểu thị các chỉ số khách quan, thường được tham chiếu theo các tham số QoS của mạng như độ trễ, độ rung trễ, tỷ lệ mất gói,... [36, 39].

KQI biểu thị các chỉ số chủ quan, được thực hiện chủ yếu qua đánh giá MOS (Mean Opinion Scores) [35] với 5 thang bậc là: (1) bad, (2) poor, (3) fair, (4) good, (5) excellent.

Theo [34, 35, 38], các tham số Fi được định nghĩa như trên Bảng 2.

Bảng 2. Các chỉ số F biểu thị KPI, KQI

Chỉ số	KPI / KQI	Mô tả
F1	Hiệu năng	Hài lòng với thời gian từ khi gửi yêu cầu tới khi nhận được phản hồi
F2	Độ tin cậy	Hài lòng với thời gian từ khi gửi yêu cầu tới khi nhận được phản hồi
F3	Tính sẵn sàng	Hài lòng với số tác vụ thành công trong 1 khoảng thời gian
F4	Khả năng truy cập	Hài lòng với tính sẵn sàng của ứng dụng
F5	Khả năng thành công	Hài lòng với tỷ lệ phản hồi nhận được sau khi yêu cầu tác vụ
F6	Khả năng học	Hài lòng với sự đơn giản và chức năng trợ giúp
F7	Khả năng hoạt động	Hài lòng với số giao dịch thực hiện nhất quán
F8	Độ khả dụng về số tác vụ	Hài lòng với số tác vụ thành công trong một khoảng thời gian đã cho
F9	Độ khả dụng về hiệu quả	Hài lòng với thời gian để nhận một phản hồi từ hỗ trợ người dùng



Hình 4. Tính giá trị QoE

D. Tính giá trị QoE

QoE được coi là một hàm của KPI và KQI như đã nêu trong [11]. Phương pháp tính QoE có thể sử dụng như trong [11] như mô tả trên hình 4, trong đó:

F_a = Giá trị QoE đo được thực tế (Actual Measured QoE)

F_t = Giá trị QoE đích (Target QoE).

Các ô tròn với con số biểu thị 5 thang bậc của MOS (Mean Opinion Scores) theo [35]: (1) bad, (2) poor, (3) fair, (4) good, (5) excellent.

Như biểu thị trên hình, phương pháp tính QoE được thực hiện qua hai bước:

- Bước 1: Tính định lượng mối quan hệ giữa các tham số chủ quan và khách quan từ các dữ liệu đo được.

Các giá trị F_a và F_t được tính theo công thức sau [11].

$$F_t = F_{t(KPI)} * F_{t(KQI)} \tag{1}$$

$$F_a = F_{a(KPI)} * F_{a(KQI)} \tag{2}$$

Giá trị định lượng QoE được tính theo công thức sau [11]:

$$QoE = \sum_{k=1}^n \frac{F_{a,k}}{F_{t,k}}$$

- Bước 2: Ước lượng QoE theo phương pháp đưa ra trong [11]. Giá trị ước lượng QoE tương ứng với một trong 5 thang bậc của MOS (Mean Opinion Scores) là: (1) bad, (2) poor, (3) fair, (4) good, (5) excellent.

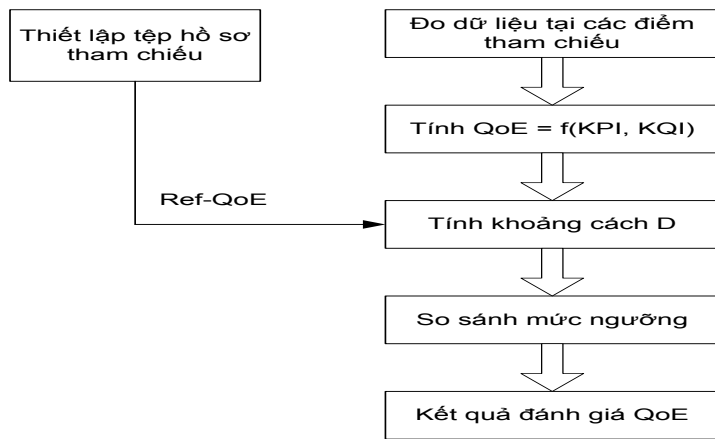
E. Giám sát và đánh giá QoE

Sơ đồ giám sát và đánh giá QoE cho một ứng dụng Web được biểu thị trên hình 5.

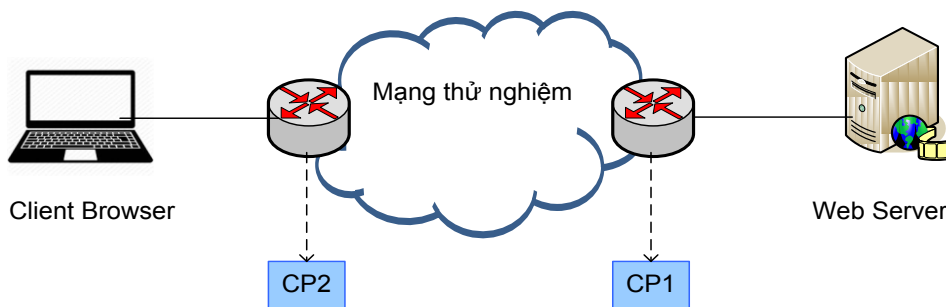
Tập hồ sơ tham chiếu được xác định ở thời điểm thiết lập dịch vụ ứng dụng Web. Căn cứ vào các dữ liệu đo được tại các điểm giám sát, các giá trị KPI và KQI được tính toán. Giá trị Ref-QoE được tính dựa trên các chỉ số KPI và KQI.

Trong quá trình giám sát và đánh giá QoE thực tế, thực hiện đo dữ liệu tại các điểm giám sát, thực hiện đo

Mức ngưỡng được xác định khi so sánh kết quả giữa giá trị Ref-QoE và giá trị QoE đo được. Theo [40], mức



Hình 5. Giám sát và đánh giá QoE theo khoảng cách và mức ngưỡng



Hình 6. Sơ đồ thử nghiệm QoE cho ứng dụng Web với hai điểm đo giám sát

các chỉ số KPI và KQI, tính toán giá trị QoE dựa trên các chỉ số KPI và KQI. Tiếp đó, thực hiện tính khoảng cách giữa Ref-QoE và giá trị QoE đo được. Các phương pháp tính khoảng cách có thể áp dụng phổ biến là: Euclidean hay Mahalanobis [40].

ngưỡng thống kê có thể xác định nhờ phân bố thống kê F hoặc phân bố Chi-square χ^2 .

Khoảng cách Euclidean giữa hai điểm x và μ được tính như sau:

$$\Delta_{Euclid} = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - \mu_i)^2} \quad (3)$$

Trong đó x các điểm dữ liệu đo được, μ là các điểm dữ liệu tham chiếu của Ref-QoE, p là số lượng tham số sử dụng khi tính toán KPI và KQI.

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_p)$$

$$\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$$

Công thức tính khoảng cách Mahalanobis xem xét đến tính tương quan giữa các tham số:

$$\Delta_{Maha} = \sqrt{(x - \mu)^T S^{-1} (x - \mu)} \quad (4)$$

S^{-1} là nghịch đảo của ma trận hiệp phương sai giữa x và μ . Vai trò của S cũng là trọng số để giảm sự khác biệt giữa các tham số.

Trong xác suất thống kê, hàm phân bố tích lũy (Cumulative distribution function - CDF) được định nghĩa như sau:

$$F(t) = P(D \leq D_N) \quad (5)$$

nghĩa là xác suất để khoảng cách D nhỏ hơn hoặc bằng mức ngưỡng D_N .

Giá trị mức ngưỡng có thể lấy từ bảng phân bố thống kê F hoặc phân bố Chi-square χ^2 [40].

IV. THỬ NGHIỆM

Hình 6 mô tả mô hình triển khai thử nghiệm giám sát và đánh giá QoE cho ứng dụng Web với hai điểm giám sát CP1 và CP2.

Trong thử nghiệm này, ta thực hiện khảo sát MOS (Mean Opinion Scores) theo các tham số QoS là tỷ lệ mất gói (Packet Loss Rate - PLR), Trễ (Delay) và Độ rung trễ (Delay Jitter). Các tham số KPI được coi là các tham số QoS đo được.

Lưu lượng Web ứng với các dịch vụ mạng mới được mô tả trong [41]. Theo [35], phân mức các lớp QoS với các tham số trễ, độ rung trễ, tỷ lệ mất gói như trên Bảng 3.

$$MOS = 13.96 * \exp(-1.133 * Delay) - 8.783$$

$$MOS = 98.78 * \exp(-0.1219 * Jitter) - 94.21$$

$$MOS = 2.198 * \exp(-11.06 * PLR) + 1.391$$

Bảng 3. Phân mức các lớp QoS với các tham số

Lớp QoS	Delay	Jitter	PLR	Ví dụ các ứng dụng
0	100 ms	50 ms	1×10^{-3}	Real-time, nhạy cảm với jitter, độ trễ thấp, có tính tương tác cao
1	400 ms	50 ms	1×10^{-3}	Real-time, nhạy cảm với jitter, trễ trung bình, có tính tương tác
2	100 ms	50 ms	1×10^{-3}	Trao đổi dữ liệu, độ trễ thấp, có tính tương tác cao
3	400 ms	50 ms	1×10^{-3}	Trao đổi dữ liệu, trễ trung bình, có tính tương tác
4	1 s	50 ms	1×10^{-3}	Mất gói thấp
5	U	U	U	Best effort (U = undefined)
6	100 ms	50 ms	1×10^{-5}	Tốc độ bit cao, yêu cầu khắt khe mất gói thấp, độ trễ thấp, có tính tương tác cao
7	400 ms	50 ms	1×10^{-5}	Tốc độ bit cao, yêu cầu khắt khe mất gói thấp, trễ trung bình, có tính tương tác

Thực hiện thử nghiệm với việc đặt lần lượt các giá trị sau cho Delay, Jitter, PLR

- Delay: 0, 100, 150, 200, 250, 300, 350 và 400 ms

- Jitter: 0, 100, 150, 200, 250, 300, 350 ms

- PLR: 0, 0.025, 0.05, 0.075, 0.10, 0.125, 0.15, 0.175, 0.20, 0.225, 0.25

Bảng 4 và đồ thị hình 7 là kết quả khảo sát mối quan hệ giữa MOS và Delay (tính bằng giây). Bảng 5 và đồ thị hình 8 là kết quả khảo sát mối quan hệ giữa MOS và Jitter (tính bằng giây). Bảng 6 và đồ thị hình 9 là kết quả khảo sát mối quan hệ giữa MOS và tỷ lệ mất gói (Packet Loss Rate).

Bảng 4. Tính giá trị MOS theo Delay

Delay	0	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
MOS	5.177	3.6816	2.9951	2.3465	1.7335	1.1543	0.6070	0.0899

Bảng 5. Tính giá trị MOS theo Jitter

Jitter	0	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35
MOS	4.5700	3.3732	2.7802	2.1909	1.6051	1.0229	0.4442

Bảng 6. Tính giá trị MOS theo Pakcet Loss Rate (PLR)

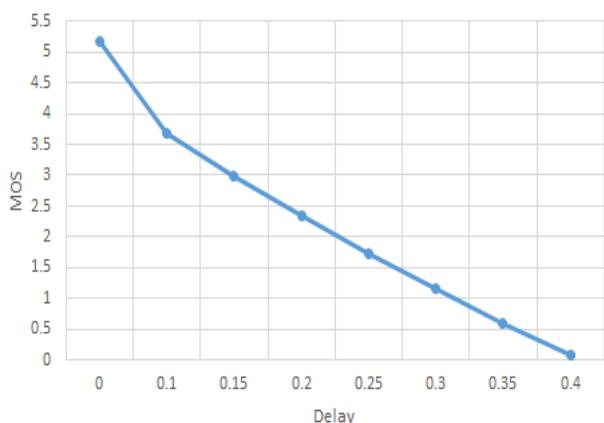
PLR	0	0.025	0.05	0.075	0.10	0.125	0.15	0.175	0.20	0.225	0.25
MOS	3.59	3.06	2.66	2.35	2.12	1.95	1.81	1.71	1.64	1.58	1.53

Mục đích của việc thử nghiệm là xem xét mối quan hệ giữa QoE và QoS. Do đó, ta sử dụng phương pháp tính thống kê đơn giản cho QoE theo các tham số QoS như đã chỉ ra trong [39] như sau:

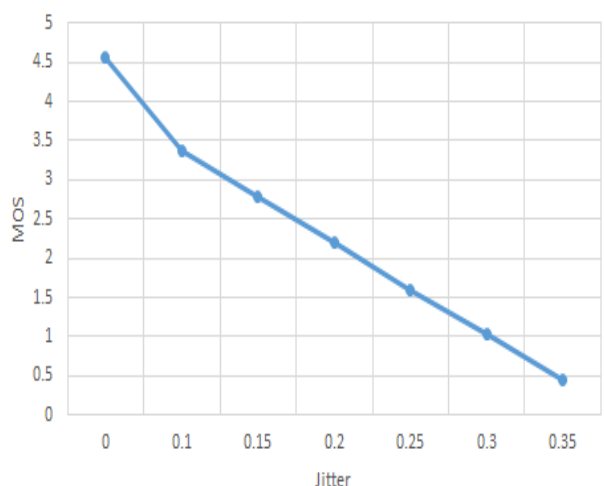
$$QoE = a * \exp(-b * QoS) + c \quad (6)$$

Trong đó a và b là các hệ số, QoS là các giá trị trễ, độ rung trễ và tỷ lệ mất gói.

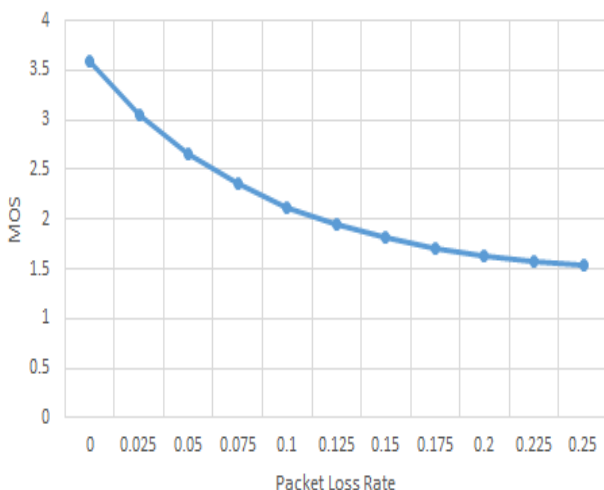
Các công thức tương ứng biểu thị mối quan hệ giữa MOS với trễ (Delay), độ rung trễ (Jitter) và tỷ lệ mất gói (PLR) được đưa ra trong [39] là:



Hình 7. Quan hệ giữa MOS và Delay



Hình 8. Quan hệ giữa MOS và Jitter



Hình 9. Quan hệ giữa MOS và PLR

V. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN TIẾP

Mạng Internet ngày càng phát triển, có thêm nhiều dịch vụ ứng dụng mới đa dạng trên nền tảng IP và di động. Các ứng dụng Web được sử dụng rộng rãi, có độ phức tạp ngày càng cao và nội dung đa dạng, đặc biệt là các nội dung đa phương tiện. Đáp ứng yêu cầu chất lượng

dịch vụ (QoS) và chất lượng trải nghiệm (QoE) cho người dùng là vấn đề quan trọng đối với các nhà cung cấp dịch vụ ứng dụng, điển hình là các ứng dụng Web trực tuyến như Youtube, MyTV, IPTV,....

QoS và QoE đã được quan tâm từ nhiều năm, song vẫn chưa có một mô hình phù hợp cho định lượng QoE. Các mô hình đánh giá QoE có thể rất khác nhau cho mỗi loại dịch vụ, ứng dụng Web.

Để theo dõi chất lượng trải nghiệm QoE cho ứng dụng Web theo thời gian thực, cần có một mô hình giám sát và đánh giá QoE trực tuyến, xem xét mối quan hệ giữa QoS và QoE, mối quan hệ giữa QoE và MOS.

Bài báo đã đề xuất một mô hình tham chiếu cho giám sát và đánh giá QoE cho ứng dụng Web dựa trên cơ sở các tham số theo tiêu chuẩn của ITU. Mô hình tham chiếu WebQoE-RefMod được đề xuất với các đặc trưng: xác định một tập hồ sơ tham chiếu QoE phục vụ cho việc so sánh, đánh giá định lượng QoE trên cơ sở so sánh với mức QoE tham chiếu; xác định một tập các điểm tham chiếu để đo QoE; tính giá trị QoE theo các chỉ số KPI và KQI; giám sát và đánh giá QoE theo công thức thống kê khoảng cách tới giá trị Ref-QoE.

Bài báo đã đưa ra thử nghiệm khảo sát mối quan hệ giữa MOS với các tham số QoS (xấp xỉ cho chỉ tiêu KPI) gồm: trễ (Delay), độ rung trễ (Jitter), tỷ lệ mất gói (PLR).

Trong khuôn khổ bài báo, những công việc cụ thể về thu thập dữ liệu tại các điểm đo giám sát, phương pháp đo thu thập dữ liệu, cách thức tính KPI và KQI từ các dữ liệu đo được, cách so sánh QoE và Ref-QoE với mức ngưỡng vẫn còn chưa được trình bày chi tiết. Đó là các chủ đề nghiên cứu tiếp theo.

LỜI CẢM ƠN

Các tác giả trân trọng cảm ơn nguồn tài trợ của đề tài cấp Nhà nước mã số KC.01.08/16-20 của Bộ KH&CN cho nhóm nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.Schatz, S. Schwarzmann, T. Zinner, et.al. QoE Management for Future Networks. Autonomous Control for a Reliable Internet of Services. Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol.10768, May 2018, pp. 49-80.
- [2] L. Kosskimies, T. Taleb, M. Bagaia. QoE Estimation-based Server Benchmarking for virtual Video Delivery Platform. Proc. of 2017 IEEE International Conference on Communications (ICC), July 2017
- [3] Enrico, Bocchi. Network Traffic Measurements, Applications to Internet Services and Security. PhD thesis. Politecnico Di Torino, Telecom ParisTech. 2017.
- [4] Qualinet White Paper on Definitions of Quality of Experience, 2012, March 2013
- [5] Elias Allayiotis. Characterization of Mobile Web Quality of Experience using a non-intrusive, context-aware, mobile-to-cloud system approach. PhD Thesis. University of Central Lancashire. UK. June 2017.
- [6] A.S. Asrese, E.A. Walelgnie, V. Bajpai, et.al. Measuring Web Quality of Experience in Cellular Networks. Proc of Internl. Conference on Passive and Active Network Measurement (PAM 2019), LNCS 11419, 2019. pp.18-33.
- [7] T. Hossfeld, F. Metzger, D. Rossi. Speed Index: Relating the Industrial Standard for User Perceived Web

- Performance to Web QoE. Proc. of 10th Internl. Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX). 29th May-1st June 2018.
- [8] T. Hossfeld, P.E. Heegaard, L.S. Kapov, M. Varela. Fundamental Relationships for Deriving QoE in Systems. Proc. of 11th Internl. Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX). June 2019.
- [9] A. Asrese, E.S. Jacob, B. Vaibhav, et.al. Measuring Web Latency and Rendering Performance: Method, Tools & Longitudinal Dataset. IEEE Transactions on Network and Service Management. 16(2), pp.535-549. June 2019.
- [10] D.d. Hora, D. Rossi, V. Christophides, R. Teixeira. A practical method for measuring Web above-the-fold time. Proc. of ACM SIGCOMM 2018, Aug. 2018.
- [11] M. Lycett, O. Radwan. Developing a Quality of Experience (QoE) model for Web Applications. Journal of Information Systems, 05 Mar. 2018, <https://doi.org/10.1111/isj.12192>. Vol.29, pp. 175-199.
- [12] Google Inc. (2013) SPDY: An experimental protocol for a faster web, Spdy. Available at: <http://www.chromium.org/spdy/spdy-whitepaper>.
- [13] Google Inc. (2016) WebP — A new image format for the Web, WebP. Available at: <https://developers.google.com/speed/webp/>.
- [14] ITU-T P.800. Methods for subjective determination of transmission quality. 1996.
- [15] R. Schatz, S. Egger. On the Impact of Terminal Performance and Screen Size on QoE. in proc of ETSI Workshop on Selected Items on Telecommunication Quality Matters. Vienna, Austria: ETSI. 2012.
- [16] Rehman K. Laghari, K. Connelly. Toward total quality of experience: A QoE model in a communication ecosystem. IEEE Communications Magazine, 50(4), pp. 58–65. doi: 10.1109/MCOM.2012.6178834
- [17] S. Egger, T. Hossfeld, R. Schatz, M. Fiedler. Waiting Times in Quality of Experience For Web Based Services. Proc of QoMEX 2012, pp. 86–96.
- [18] A. Saverimoutou, B. Mathieu, S. Vaton. Web Browsing Measurements: An Above-The-Fold Browser-Based Technique. Proc of IEEE Internl. Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), Mar. 2019.
- [19] A. Balachandran, V. Aggarwal, E. Halepovic, J. Pang, S. Seshan, S. Venkataraman, and H. Yan, “Modeling web quality-of-experience on cellular networks,” in Proceedings of the 20th annual international conference on Mobile computing and networking. ACM, 2014, pp. 213–224
- [20] S. Barakovic and L. Skorin-Kapov, “Survey of research on quality of experience modelling for web browsing,” Quality and User Experience, vol. 2, no. 1, p. 6, 2017.
- [21] A. Sackl, S. Egger, and R. Schatz, “The influence of network quality fluctuations on web qoe,” in Quality of Multimedia Experience (QoMEX). IEEE, 2014, pp. 123–128
- [22] A. Sackl, P. Casas, R. Schatz, L. Janowski, and R. Irmer, “Quantifying the impact of network bandwidth fluctuations and outages on web qoe,” in Quality of Multimedia Experience (QoMEX). IEEE, 2015, pp. 1–6
- [23] M. Varela, T. Mäki, L. Skorin-Kapov, and T. Hossfeld, “Towards an understanding of visual appeal in website design,” in Quality of Multimedia Experience (QoMEX). IEEE, 2013, pp. 70–75
- [24] M. Varela, L. Skorin-Kapov, T. Mäki, and T. Hossfeld, “Qoe in the web: A dance of design and performance,” in Quality of Multimedia Experience (QoMEX). IEEE, 2015, pp. 1–7
- [25] E. Bocchi, L. De Cicco, and D. Rossi, “Measuring the quality of experience of web users,” ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 46, no. 4, pp. 8–13, 2016
- [26] S. Egger, T. Hossfeld, R. Schatz, and M. Fiedler, “Waiting times in quality of experience for web based services,” in Quality of Multimedia Experience (QoMEX). IEEE, 2012, pp. 86–96
- [27] D. Da Hora, A. Asrese, V. Christophides, R. Teixeira, and D. Rossi, “Narrowing the gap between qos metrics and web qoe using above-the-fold metrics,” in PAM 2018-International Conference on Passive and Active Network Measurement, 2018, pp. 1–13
- [28] T. Hossfeld, S. Biedermann, R. Schatz, A. Platzer, S. Egger, and M. Fiedler, “The memory effect and its implications on web qoe modeling,” in Teletraffic Congress (ITC), 2011 23rd International. IEEE, 2011, pp. 103–110
- [29] D. Strohmeier, S. Jumisko-Pyykkö, and A. Raake, “Toward taskdependent evaluation of web-qoe: Free exploration vs. “who ate what?”,” in Globecom Workshops (GC Wkshps), 2012 IEEE. IEEE, 2012, pp. 1309–1313
- [30] S. Egger, P. Reichl, T. Hossfeld, and R. Schatz, ““Time is bandwidth”? Narrowing the gap between subjective time perception and Quality of Experience,” in Communications (ICC), 2012 IEEE International Conference on. IEEE, 2012, pp. 1325–1330
- [31] E. Ibarrola, I. Taboada, R. Ortega et al., “Web qoe evaluation in multi-agent networks: Validation of itu-t g. 1030,” in Autonomic and Autonomous Systems, 2009. ICAS’09. Fifth International Conference on. IEEE, 2009, pp. 289–294
- [32] Q. Gao, P. Dey, and P. Ahammad, “Perceived performance of top retail webpages in the wild: Insights from large-scale crowdsourcing of above-the-fold qoe,” in Workshop on QoE-based Analysis and Management of Data Communication Networks. ACM, 2017, pp. 13–18
- [33] A. Balachandran, V. Aggarwal, E. Halepovic, J. Pang, S. Seshan, S. Venkataraman, and H. Yan, “Modeling web quality-of-experience on cellular networks,” in Proceedings of the 20th annual international conference on Mobile computing and networking. ACM, 2014, pp. 213–224
- [34] ISO 9241- 11:1998, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)—Part 11: Guidance on usability. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-1:v1:en>
- [35] ITU- T. Recommendation P. 800.1: Mean opinion score (MOS) terminology. ITU- T P- Series, The International Telecommunication Union (ITU). 2006.
- [36] ITU- T. (2014). Recommendation G.1031: QoE factors in web- browsing. ITU- T G- Series, The International Telecommunication Union (ITU). 2014.
- [37] ITU-T G.1080 (Quality of Experience Requirements for IPTV services). 2008.
- [38] ISO/IEC TR 9126- 3. (2002). Software engineering—Product quality—Part 3: Internal metrics. 2002.
- [39] A. Vizzarri, F. Davide. Simulation of VoLTE Services for QoE Estimation. Proceedings of the 9th EUROSIM & the 57th SIMS. Pp.388-394.
- [40] Richard A. Johnson, Dean W. Wichern, Applied Multivariate Statistical Analysis (6th Edition). Pearson Publisher 2007. ISBN-10: 0131877151.
- [41] S. Ihm and V. S. Pai, “Towards Understanding Modern Web Traffic,” ser. ACM IMC, 2011. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/2068816.2068845>

MONITORING AND EVALUATION OF QUALITY OF EXPERIENCE (QoE) FOR WEB APPLICATIONS

Abstract: Providing Quality of Experience (QoE) for satisfying user's requests is being an essential demand for Web applications and service providers. Several challenges have been posed to QoE monitoring and evaluating, since there is still no suitable model for quantifying QoE. Until now, research work has mainly focused on improving QoE regarding time related parameters, the interactive relationship between QoS and QoE, the relationship between QoE and MOS (Mean Opinion Scores). However, the problem of real-time QoE monitoring still not receives adequate attention. On the other hand, most QoE models to date are based on parameters proposed by the ITU for networks and multimedia applications. There is still no model for Web applications. Based on parameters according to ITU standards, this paper proposes a reference model for monitoring and evaluation of QoE for Web applications. This reference model WebQoE-RefMod has following properties: 1) Determining a reference profile for QoE comparison and evaluation, 2) Determining a set of reference measurement points, 3) Calculating QoE as a function of KPI and KQI metrics, 4) Monitoring and evaluating QoE using a formula for the statistical distance to the Ref-QoE values.

Keywords: Web Applications, QoS, QoE, QoE monitoring, quantified QoE assessment.



Hoàng Mạnh Quang. ThS. tại Đại học Bách Khoa Hà Nội.

Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Lĩnh vực nghiên cứu: Chất lượng dịch vụ (QoS), chất lượng trải nghiệm (QoE), mạng máy tính, mạng viễn thông, đo kiểm mạng lưới.



Hoàng Đăng Hải. TS. (1999), TSKH. (2002) tại CHLB Đức, PGS (2009). Hiện đang công tác tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Lĩnh vực nghiên cứu: Mạng và hệ thống thông tin, các giao thức truyền thông, chất lượng dịch vụ, mạng IoT, an toàn thông tin