

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ TRUYỀN THÔNG ĐỐI VỚI CÁC HỆ THỐNG QUẢN LÝ PHÂN HỆ DỊCH VỤ VẬN TẢI TRÊN MÔI TRƯỜNG IoT SỬ DỤNG GIAO THỨC MQTT

Nguyễn Đức Bình, Nguyễn Kim Sơn*, Lê Thu Trang, Hồ Thị Tuyền
Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông – ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Các hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải như hệ thống quản lý taxi, vận tải hàng hoá, phương tiện cho thuê đóng một vai trò quan trọng trong hệ thống giao thông công cộng nói riêng và đời sống xã hội nói chung. Tuy nhiên, hiện nay các hệ thống này đều gặp phải một số khó khăn như: vấn đề quá tải truyền thông, khả năng tích hợp hạn chế ... do sử dụng giao thức HTTP. Điều này cản trở việc phát triển hệ thống quản lý với nhiều tính năng và thông minh hơn trong môi trường vận vật kết nối. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất phương pháp ứng dụng giao thức giao vận tầm xa (Message Queuing Telemetry Transport - MQTT) trong thiết kế hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải cải tiến nhằm nâng cao hiệu quả truyền thông và phù hợp với môi trường truyền thông băng thông thấp, độ trễ cao của các phương tiện giao thông. Để đánh giá kết quả của phương pháp đề xuất, chúng tôi sử dụng phần mềm Eclipse Mosquitto 1.4.9 giả lập vai trò của MQTT Broker thuộc trung tâm điều khiển trên nền hệ điều hành Windows Server. Kịch bản truyền thông được xây dựng trên ngôn ngữ lập trình Java. Kết quả cho thấy, hệ thống đề xuất có lợi thế rõ ràng hơn so với hệ thống hiện tại trên phương diện hiệu quả truyền thông.

Từ khóa: *Môi trường vận vật kết nối; hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải; giao thức MQTT; thiết kế chủ đề; kết nối LTE.*

Ngày nhận bài: 23/5/2019; Ngày hoàn thiện: 26/4/2020; Ngày đăng: 28/4/2020

A STUDY OF COMMUNICATION IMPROVMENT FOR FLEET MANAGEMENT SYSTEMS IN INTERNET OF THING ENVIROMENT USING MESSAGE QUEUING TELEMTRY TRANSPORT (MQTT)

Nguyen Duc Binh, Nguyen Kim Son*, Le Thu Trang, Ho Thi Tuyen
TNU - University of Information and Communication Technology

ABSTRACT

Fleet management systems play an important role in our daily life. However, most of traditional fleet management systems use HTTP-based protocols for communications, which may cause a serious overhead communication problem and limited intergration capabilities. This characteristic hinders the taking advantage of these devices in developing the management systems with more features and intelligent in the Internet of things. In this study, the authors propose an application of using Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) in fleet management systems, which has ability to support low bandwidth and high latency network environment over long-distance areas. To evaluate the proposed approach, the authors used the Eclipse Mosquitto 1.4.9 open source software suite to simulate the MQTT Broker of the control center based on Windows Server operating system. The communication scenarios are established using Java programming language. The proposed architecture is intended to improve the efficiency of communication that was used in the traditional systems.

Keywords: *IoT; fleet management system architecture; MQTT; topics design; LTE.*

Received: 23/5/2019; Revised: 26/4/2020; Published: 28/4/2020

* Corresponding author. Email: nkson@ictu.edu.vn

1. Giới thiệu

Các hệ thống thuộc phân hệ vận tải có lịch sử tồn tại lâu đời và là một thành phần không thể thiếu đối với quá trình phát triển kinh tế của xã hội. Với sự gia tăng phát triển mạnh mẽ của cơ sở hạ tầng giao thông, yêu cầu của nền kinh tế hàng hoá, các phân hệ vận tải ngày càng phát triển đa dạng về loại hình và số lượng phương tiện tham gia. Đi kèm với sự phát triển này, các hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải ngày càng được chú ý nghiên cứu và phát triển với mục tiêu nâng cao hơn nữa hiệu quả hoạt động. Các phân hệ dịch vụ vận tải truyền thống được xây dựng dựa trên nền tảng của việc sử dụng giao thức HTTP cho các quá trình truyền thông giữa trung tâm điều phối và các phương tiện trong hệ thống [1], [2] có thể khiến hệ thống phải đối mặt với vấn đề quá tải truyền thông khi số lượng các phương tiện tăng đột ngột trong một hoàn cảnh cụ thể, ví dụ trong giờ cao điểm, tại các khu vực có mật độ dân cư và giao thông cao [3].

Các công nghệ hỗ trợ môi trường vận vật kết nối Internet of Things (IoT), trong đó có các công nghệ hỗ trợ vận vật kết nối cho môi trường của các phương tiện giao thông Internet of Vehicles (IoV) ngày càng nhận được sự quan tâm và đang trên đà phát triển mạnh mẽ. Những môi trường này có đặc tính bao gồm băng thông thấp và độ trễ cao. Tuy nhiên các quá trình truyền thông trong môi trường này yêu cầu phải được thực hiện trong thời gian thực và có khả năng chịu lỗi cao [4] để đáp ứng được nhu cầu sử dụng thực tế. Chính vì vậy các quá trình truyền thông dựa trên nền giao thức HTTP trở nên không còn phù hợp. Điều này cũng là một trong những nguyên nhân chính cho sự hình thành của giao thức MQTT là một giao thức thuộc nhóm giảm lược (light-weight), cho phép truyền thông điệp (messages) theo mô hình cung cấp dịch vụ/thuê bao (publish/subscribe) dựa trên thành phần trung gian (Brokers). Giao thức MQTT có thiết kế mở và đơn giản, phù hợp với nhiều loại yêu cầu

truyền thông khác nhau, trong đó đặc biệt phù hợp với các quá trình trao đổi dữ liệu trong môi trường truyền thông của các phương tiện giao thông, nơi mà tính di động, băng thông thấp và độ trễ cao là đặc điểm cố hữu [5]. Với mô hình publish/subscribe của giao thức MQTT, các phương tiện giao thông có thể dễ dàng tiếp cận thông tin cần thiết chỉ với một thao tác đăng kí (subscribe) duy nhất và luôn luôn được cập nhật các thông tin liên quan trong quá trình giao vận bởi quá trình cung cấp (publish) mỗi khi có sự thay đổi về loại thông tin đã đăng kí. Chính vì vậy các quá trình trao đổi thông tin không cần thiết được giảm thiểu tới mức tối đa so với việc sử dụng giao thức HTTP truyền thống. Ở góc độ triển khai hệ thống, các hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải hiện nay ứng dụng và vận hành dựa trên cơ sở hạ tầng và các kỹ thuật của mạng tùy biến di động cho giao thông (Vehicular Ad Hoc Networks - VANETs). Tuy nhiên điểm hạn chế của phương pháp này là sự hạn chế về phạm vi truyền thông [6], khiến cho việc đảm bảo tính thông suốt và ổn định trong quá trình quản lý gặp nhiều khó khăn. Chính vì vậy trong nghiên cứu này phương thức truyền thông phạm vi rộng thông qua mạng truyền thông di động LTE được đề xuất sử dụng để đảm bảo kết nối giữa các thành phần trong hệ thống.

Nhằm đưa ra một giải pháp tổng quan giải quyết những tồn tại đã nêu trên, nhóm tác giả đề xuất phương pháp ứng dụng giao thức MQTT kết hợp sử dụng truyền thông phạm vi rộng LTE trong các hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải trên môi trường vận vật kết nối với mục tiêu nâng cao hiệu quả truyền thông. Trong nghiên cứu này, một kiến trúc ba tầng được đề xuất sử dụng cho hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải, cho phép truyền tải thông tin hai chiều giữa trung tâm quản lý và phương tiện theo thời gian thực. Các thông tin có thể được truyền tải bao gồm: Các thông tin từ trung tâm quản lý tới phương tiện (1) như các hướng dẫn về tình trạng giao thông, lộ trình đường đi, thông tin cảnh báo...

và các thông tin về phương tiện được thu thập gửi về trung tâm quản lý (2) như vị trí của phương tiện, tốc độ... Nhóm tác giả sử dụng Eclipse Mosquitto, một bộ mã nguồn MQTT mở và thông dụng để thiết lập các quá trình truyền thông giữa các đối tượng trong hệ thống theo mô hình publish/subscribe. Ngôn ngữ Java được sử dụng để xây dựng kịch bản truyền thông và đánh giá hiệu quả của phương pháp được đề xuất.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải

Các hệ thống thuộc phân hệ vận tải đã tồn tại từ lâu đời và gắn liền với sự phát triển về kinh tế xã hội của con người. Chính vì vậy, việc phát triển, cải tiến các hệ thống quản lý phân hệ vận tải này là nhu cầu thường trực và cần thiết đối với nhiều nước trên thế giới. Nhóm tác giả C. R. Dow [7] phát triển một hệ thống quản lý phân phối cho dịch vụ taxi sử dụng dịch vụ địa điểm và kỹ thuật phân vùng. Giải pháp này cung cấp một phương thức mới cho lái xe taxi trong tìm kiếm và đón trả khách hàng. Hệ thống được đề xuất bởi nhóm tác giả giúp tăng hiệu quả đón trả khách và thu nhập cho các lái xe taxi so với các phương pháp thông thường. Trong một nghiên cứu khác, nhóm tác giả S.T.S Thong [8] đề xuất một hệ thống quản lý phân hệ vận tải thông minh sử dụng công nghệ định vị toàn cầu GPS kết hợp với mạng thông tin di động GSM. Ưu điểm của hệ thống này là khả năng định vị phương tiện theo thời gian thực, với độ chính xác cao ngay cả trong trường hợp phương tiện đi vào các khu vực bị che phủ với tín hiệu GPS yếu. Tuy nhiên, một thực tế có thể nhận thấy là hầu hết các giải pháp hiện tại được phát triển trên các công nghệ khó có khả năng tích hợp với môi trường vạn vật kết nối, đặc biệt là môi trường vạn vật kết nối cho các phương tiện giao thông, vốn hứa hẹn nhiều ưu thế trong tương lai. Sự phát triển của cơ sở hạ tầng cho môi trường vạn vật kết nối (IoT) đã mở ra một kỷ nguyên của các kỹ thuật tính toán mới bao gồm: kỹ thuật tính toán khắp nơi, (ubiquitous

computing), tính toán cho nền tảng các thiết bị đeo được (wearable computing), và tính toán dựa trên ngữ cảnh được sử dụng (context-aware computing) và hơn thế nữa. Nhóm tác giả C. Perera [9], thực hiện nghiên cứu nhằm khảo sát các vấn đề liên quan đến kỹ thuật tính toán dựa trên ngữ cảnh dưới góc nhìn trong môi trường vạn vật kết nối. Nghiên cứu này cũng cung cấp những phân tích sâu sắc về các giải pháp tính toán dựa trên ngữ cảnh trong một thập kỷ gần đây. Nhóm tác giả R. Xue phát triển một hệ thống giám sát phương tiện trên nền [10], trong đó dữ liệu về tọa độ của phương tiện bao gồm kinh độ và vĩ độ của phương tiện được liên tục truyền về trung tâm quản lý sử dụng giao thức HTTP thông qua phương thức GET. Tuy nhiên, việc sử dụng phương thức GET yêu cầu nhiều giao tác dư thừa đối với mỗi lần thực hiện truyền dữ liệu, bởi giao thức HTTP yêu cầu nhiều quá trình kết nối trước khi dữ liệu thực sự được truyền. Điều này dẫn tới việc tiêu tốn tài nguyên không cần thiết cho các thiết bị có năng lực tính toán và xử lý hạn chế. Nhóm tác giả R. T. Fielding [11] đề xuất giải pháp sử dụng kiến trúc REST trên nền Web thông qua việc sử dụng giao diện Web (Web-API), kiến trúc này tập trung vào khả năng mở rộng bằng việc module hoá các thành phần có thể tương tác của hệ thống, sự thống nhất về giao diện tương tác, cùng khả năng triển khai độc lập của các thành phần trung gian nhằm giảm độ trễ. Mặc dù, kiến trúc REST trên nền Web có thể giúp giải quyết vấn đề tích hợp các thiết bị cảm biến với môi trường Web, nhưng do vẫn có nền tảng là giao thức HTTP với quá trình bắt tay ba bước (three-way handshake agreement) nên kiến trúc REST vẫn còn tồn tại hạn chế liên quan đến việc tiết kiệm năng lượng của các thiết bị ứng dụng trong môi trường vạn vật kết nối. Một trong những giải pháp phát triển từ kiến trúc REST, giao thức CoAP [12] được đề xuất để cải tiến các điểm hạn chế của REST trên môi trường vạn vật kết nối. CoAP là một giao thức nền UDP có

tính tương thích cao với Web API. Tuy nhiên, cả REST và CoAP vẫn tuân tự phát sinh các yêu cầu truy vấn dữ liệu thay đổi từ các thiết bị cảm biến (sensor), dù trên thực tế sensor hoàn toàn không ghi nhận bất cứ sự thay đổi nào. Điều này gây ra sự lãng phí tài nguyên hệ thống. Giao thức giao vận tầm xa (MQTT) [13] được đề xuất với mục đích có thể làm việc toàn diện hơn trên môi trường vạn vật kết nối so với REST và CoAP. Giao thức MQTT là giao thức có tính mở và giản lược được thiết kế để phù hợp với các quá trình truyền thông trong môi trường vạn vật kết nối, nơi các thiết bị có khả năng tính toán và xử lý hạn chế. Giao thức MQTT sử dụng mô hình publish/subscribe nhằm tối thiểu hoá việc tiêu tốn tài nguyên trong quá trình truyền thông và duy trì kết nối giữa các đối tượng trong hệ thống.

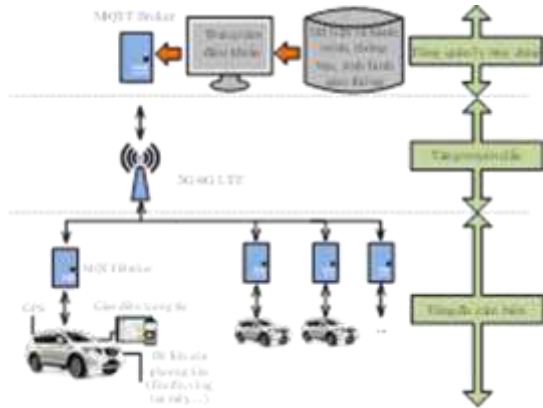
Ở một khía cạnh khác, dù là một phần của IoT, tuy nhiên, IoV – môi trường vạn vật kết nối của các phương tiện giao thông có những đặc điểm riêng biệt. Trong môi trường IoV, chúng ta cần cân nhắc tính di động của các phương tiện giao thông và việc duy trì kết nối với các phương tiện giao thông trên một phạm vi rộng. Điều này có thể được đảm bảo nếu mỗi phương tiện có nguồn cung cấp năng lượng và sử dụng một phương thức kết nối ổn định. Trên thực tế, các phương tiện giao thông trong các phân hệ vận tải có thể cung cấp năng lượng tự thân bằng cách dùng máy phát (generator) hoặc ắc quy (battery), do vậy vấn đề cần quan tâm còn lại là phương thức kết nối cho các phương tiện nhằm đảm bảo tính ổn định trên một phạm vi rộng. Đã có một số nghiên cứu liên quan nhằm giải quyết vấn đề này, ví dụ như giải pháp sử dụng công nghệ VANETs với chuẩn kết nối IEEE 802.11p kết hợp với truyền thông kênh riêng tầm gần DSRC [14], hoặc sử dụng giải pháp WiMAX, mạng không dây di động (Cellular Wireless) hay truyền thông vệ tinh (satellite communications) [15]. Trong đó giải pháp sử dụng kết nối 3G/4G một dạng kết nối LTE

trong mạng thông tin di động nhằm đảm bảo kết nối giữa các phương tiện, thiết bị di động trên một phạm vi lớn với tính ổn định cao được coi là một trong những giải pháp tiềm năng nhằm giải quyết bài toán trên [16].

2.2. Kiến trúc hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải ứng dụng giao thức vận tải tầm xa MQTT

Mục đích của nghiên cứu này nhằm ứng dụng giao thức vận tải tầm xa MQTT trong thiết kế hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải giúp nâng cao hiệu quả truyền thông, hạn chế hiện tượng quá tải. Thiết kế được đề xuất với giao thức MQTT được triển khai trên cả các phương tiện trong hệ thống và trung tâm quản lý. Trong khi đó, các thành phần trung gian MQTT Broker, đối tượng có vai trò chuyển tiếp các thông tin giữa trung tâm quản lý và các phương tiện. Các MQTT Broker được khuyến nghị triển khai dựa trên các thiết bị nhúng Raspberry Pi hoặc Andruino, giúp hệ thống có khả năng cung cấp các quá trình truyền thông hai chiều theo thời gian thực. Cụ thể, với kiến trúc được đề xuất sẽ có một MQTT broker nhằm cung cấp các thông tin từ trung tâm quản lý (1 publisher) cho các phương tiện (nhiều subscribers) và mỗi phương tiện sẽ có một MQTT Broker tự thân giúp cung cấp những thông tin của phương tiện (1 publisher) đó tới trung tâm quản lý (1 subscriber).

Thiết kế này cho phép gửi thông tin từ một điểm duy nhất là trung tâm quản lý tới nhiều phương tiện có cùng mối quan tâm về một loại thông tin cụ thể (ví dụ như tình trạng giao thông của khu vực...) dựa trên sự đăng kí (subscribing) từ trước của những phương tiện đó. Cũng như cho phép trung tâm quản lý chủ động việc lựa chọn (subscribing) các thông tin của các phương tiện (publishing) như GPS data, dữ liệu camera hành trình, nhiệt độ trong xe, tình trạng động cơ, tốc độ... từ một hoặc nhiều phương tiện trong hệ thống.



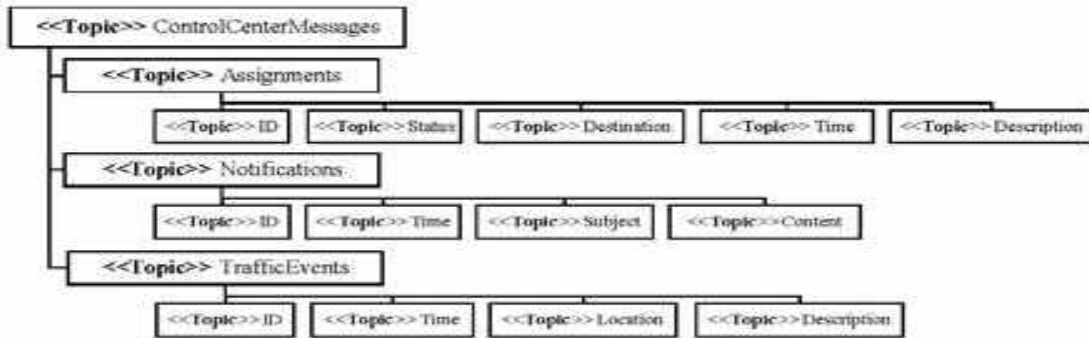
Hình 1. Tổng quan hệ thống

Hình 1 trình bày kiến trúc của hệ thống được đề xuất với thiết kế 3 tầng gồm: tầng quản lý ứng dụng, tầng truyền dẫn, và tầng đa cảm biến. Tầng quản lý ứng dụng được thiết kế là tầng đỉnh của kiến trúc với vai trò cung cấp và quản lý truyền thông thời gian thực giữa trung tâm quản lý và các phương tiện trong hệ thống thông qua MQTT Brokers trung gian. Trong tầng này, trung tâm quản lý sử dụng các thông tin giao vận (assignments), thông báo, hướng dẫn (notifications), và thông tin giao thông (Traffic events) được thiết kế thông qua các chủ đề (MQTT topics) trong hình

hình 2 để hỗ trợ các phương tiện trong quá trình thực hiện dịch vụ.

Tầng thứ hai là tầng truyền dẫn có vai trò trung gian giữa tầng quản lý ứng dụng và tầng đa cảm biến. Tầng truyền dẫn là môi trường truyền tải thông tin giữa trung tâm quản lý và các phương tiện trong hệ thống sử dụng kết nối 3G/4G LTE trên phạm vi rộng thông qua mạng truyền thông di động nhằm đảm bảo tính ổn định và thông suốt. Tầng thứ ba là tầng đa cảm biến được thiết kế nhằm phục vụ đối tượng chính là các phương tiện trong hệ thống. Trong thiết kế của tầng này, các thông tin của phương tiện được thu thập thông qua các cảm biến như GPS, camera, nhiệt độ.... Những t

hông tin này được tổng hợp và cung cấp cho trung tâm quản lý (publishing) thông qua chủ đề (MQTT topics) như hình 3. Tầng đa cảm biến gồm hai thành phần chính là giao diện người dùng và MQTT Broker của các phương tiện. Hai thành phần này được khuyến nghị triển khai dựa trên các thiết bị nhúng Raspberry Pi hoặc Andruino.



Hình 2. Các chủ đề thông tin (MQTT Topics) thiết kế cho trung tâm quản lý

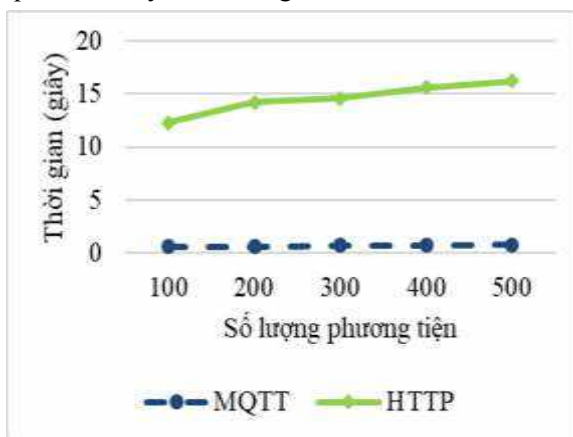


Hình 3. Các chủ đề thông tin (MQTT Topics) thiết kế cho phương tiện trong hệ thống

3. Kết quả và bàn luận

Với mục tiêu ban đầu của nghiên cứu, nhóm tác giả đã đề xuất phương pháp ứng dụng giao thức vận tải tầm xa MQTT thông qua kiến trúc ba tầng cùng các thiết kế chủ đề thông tin MQTT nhằm nâng cao hiệu quả truyền thông đối với các hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải trên môi trường vạn vật kết nối. Để đánh giá kết quả bước đầu của phương pháp được ứng dụng, cũng như kiến trúc được đề xuất, nhóm tác giả sử dụng phần mềm Eclipse Mosquitto 1.4.9 giả lập vai trò của MQTT Broker thuộc trung tâm điều khiển trên nền hệ điều hành Windows Server. Kịch bản truyền thông sử dụng giao thức vận tải tầm xa MQTT giữa trung tâm quản lý và các phương tiện được xây dựng sử dụng ngôn ngữ lập trình Java.

Quá trình thử nghiệm nhằm đánh giá hiệu quả truyền thông đối với các quá trình truyền thông chính trong phân hệ dịch vụ vận tải bao gồm truyền thông unicast và truyền thông broadcast dựa trên tiêu chí thời gian cần thiết để hoàn tất quá trình truyền tin từ nguồn tới đích.

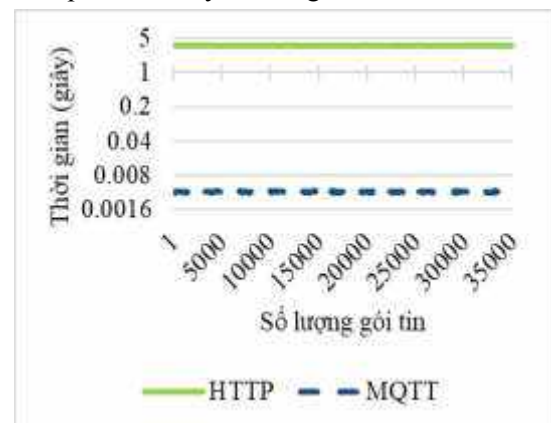


Hình 1. Hiệu quả truyền thông đối với phương thức truyền thông unicast

Để có đánh giá chính xác về thời gian cần thiết cho quá trình truyền thông unicast, một số lượng lớn bản tin được truyền một cách tuần tự nhằm tìm ra thời gian cần thiết trung bình, cũng như kiểm soát những vấn đề phát sinh trong quá trình truyền (ví dụ như mất kết nối, lỗi thiết bị...). Trong khi đó việc đánh giá

hiệu quả truyền thông broadcast liên quan trực tiếp tới thời gian để trung tâm quản lý hoàn tất việc cung cấp thông tin (publishing) cho nhiều đối tượng (các phương tiện) trong hệ thống trong cùng một thời điểm.

Kết quả đánh giá hiệu năng truyền thông được thể hiện trong hình 4 đối với quá trình truyền thông unicast và trong hình 5 đối với quá trình truyền thông broadcast.



Hình 2. Hiệu quả truyền thông đối với phương thức truyền thông broadcast

4. Kết luận

Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu đã thiết kế một kiến trúc quản lý phân hệ dịch vụ vận tải ứng dụng giao thức giao vận tầm xa (Message Queuing Telemetry Transport MQTT) và kỹ thuật kết nối Long-Term Evolution (LTE) thông qua kiến trúc ba tầng gồm: tầng quản lý ứng dụng, tầng truyền dẫn và tầng đa cảm biến. Chúng tôi đã đề xuất một kiến trúc hệ thống cho phép truyền tải thông tin hai chiều giữa trung tâm quản lý và phương tiện theo thời gian thực. Kiến trúc này giúp nâng cao hiệu quả truyền thông đối với các hệ thống quản lý phân hệ dịch vụ vận tải trên môi trường vạn vật kết nối. Trong thời gian tới, chúng tôi sẽ tiến hành xây dựng hệ thống thực tế với giao diện người dùng thân thiện cho cả trung tâm quản lý và các phương tiện. Hệ thống này giúp đơn giản hóa việc thu thập dữ liệu cảm biến từ các phương tiện, nhằm nâng cao hiệu quả tương tác giữa các phương tiện và trung tâm quản lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1]. S. Mehar, S. Zeadally, G. Remy, and S. M. Senouci, "Sustainable Transportation Management System for a Fleet of Electric Vehicles," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 3, pp. 1401-1414, 2015.
- [2]. D. Stojanovic, B. Predic, I. Antolovic, and S. Dordevic-Kajan, "Web Information System for Transport Telematics and Fleet Management," International Conference on Telecommunication in Modern Satellite, Cable, and Broadcasting Services, Nis, 2007, pp. 314-317.
- [3]. C. Mueller, S. Lederer, C. Timmerer, and H. Hellwagner, "Dynamic Adaptive Streaming over HTTP/2.0," IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), California, 2013, pp. 1-6.
- [4]. C. Maihofer, and M. Bechler, "Design Alternatives for IP in Vehicles," the 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference, Jeju, 2003, pp. 1783-1787.
- [5]. J. E. Luzuriaga, J. C. Cano, C. Calafate, P. Manzoni, M. Perez, and P. Boronat, "Handling Mobility in IoT Applications Using the MQTT Protocol," Internet Technologies and Applications (ITA), Wrexham, 2015, pp. 245-250.
- [6]. C. R. Dow, M. H. Ho, Y. H. Lee, and S. F. Hwang, "Design and Implementation of a DSRC Based Vehicular Warning and Notification System," IEEE 13th International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC), Banff, 2011, pp. 960-965.
- [7]. C. R. Dow, Y. H. Lee, S. C. Wang, and S. F. Hwang, "A GeoAware Location Based Taxi Carrying System," the 2014 11th International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG), Las Vegas, NV, USA, 2014, pp. 53-58.
- [8]. S. T. S. Thong, T. H. Chua, and T. A. Rahman, "Intelligent Fleet Management System with Concurrent GPS & GSM Real-Time Positioning Technology," 7th International conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications, Sophia Antipolis, 2009, pp. 1-6.
- [9]. C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, and D. Georgakopoulos, "Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 1, pp. 414-454, 2013.
- [10]. K. D. Salim, and I. M. Idrees, "Design and Implementation of Web-Based GPS-GPRS Vehicle Tracking System," *International Journal of Computer Science Engineering and Technology*, vol. 3, no. 12, pp. 443-448, 2013.
- [11]. R. T. Fielding, "Architectural styles and the design of network-based software architectures," Ph.D. dissertation, University of California, Irvine, 2000.
- [12]. Z. Shelby, K. Hartke, and C. Borman, "The Constrained Application Protocol (CoAP)", 2013. [Online]. Available: <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-core-coap/>. [Accessed May 14, 2018].
- [13]. IBM, "MQTT v3.1 Protocol Specification", 2010. [Online]. Available: <http://public.dhe.ibm.com/software/dw/webservices/ws-mqtt/mqtt-v3r1.html>. [Accessed May 14, 2018].
- [14]. Z. Yuhang, Z. Hesheng, S. Wei, B. Zhe Bai, and P. Cheng, "Performance Evaluation of IEEE 802.11p Vehicle to Infrastructure Communication Using Off-The-Shelf IEEE 802.11a Hardware," IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Qingdao, 2014, pp. 3004-3009.
- [15]. E. Hossain, G. Chow, V. C. M. Leung, R. D. Mc-Leod, J. Mišić, V. W. S. Wong, and O. Yang, "Vehicular Telematics over Heterogeneous Wireless Networks: A Survey," *Computer Communications*, vol. 33, no. 7, pp. 775-793, 2010.
- [16]. F. Yang, S. Wang, J. L. Li., Z. H. Liu, and Q. Sun, "An Overview of Internet of Vehicles," *Communications China*, vol. 11, no. 10, pp. 1-15, 2014.