

ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG CỦA GIAO THỨC AODV, AOMDV VÀ DSR TRÊN MỘT KHU VỰC GIAO THÔNG THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

PERFORMANCE EVALUATION OF AODV, AOMDV AND DSR ROUTING PROTOCOLS ON HO CHI MINH CITY TRAFFIC AREA

Nguyễn Quốc Anh^{1*}, Lương Thái Ngọc¹, Võ Thanh Tú²

¹Trường Đại học Đồng Tháp

²Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Tác giả liên hệ: nqanh@dthu.edu.vn

(Nhận bài: 25/6/2021; Chấp nhận đăng: 18/10/2021)

Tóm tắt - Mạng tùy biến giao thông (VANET) là nền tảng cho các nghiên cứu về hệ thống giao thông thông minh, đã và đang nhận được sự quan tâm nghiên cứu của rất nhiều nhà khoa học trên thế giới. Bài báo này trình bày quy trình tạo tô-pô cho mạng VANET thực tế (Realistic VANET Topology Generation - RVTG), cho phép thiết kế kịch bản mô phỏng mạng VANET sử dụng phần mềm SUMO và Open Street Map. Sử dụng hệ mô phỏng NS2, bài báo khảo sát và đánh giá chất lượng dịch vụ định tuyến cho các giao thức định tuyến AODV, DSR và AOMDV trên mạng VANET không hạ tầng (V2V) tại một khu vực trong Thành phố Hồ Chí Minh (TP. HCM), Việt Nam. Các tham số đánh giá gồm tỷ lệ gửi thành công, phụ tải định tuyến và thời gian trễ trung bình. Kết quả của bài báo chứng minh được tính hiệu quả của quy trình đã đề xuất trong việc đánh giá hiệu năng các giao thức định tuyến trên mạng VANET thực tế.

Từ khóa - Chất lượng dịch vụ; định tuyến; mạng VANET thực tế (RVTG); SUMO; Mạng tùy biến giao thông (VANET); V2V

1. Giới thiệu

VANET là một mạng không dây cho các phương tiện giao thông giao tiếp với nhau (V2V) hoặc giao tiếp với hạ tầng mạng cố định như các đơn vị bên đường RSU (V2I) mà không cần có cơ sở hạ tầng viễn thông như thiết bị và đường dây mạng [1]. VANET được ứng dụng vào các hệ thống như giám sát tắc nghẽn và quản lý giao thông. Mục tiêu cơ bản của VANET là phát triển hệ thống giao tiếp của các phương tiện xe cộ lưu thông trên đường, tăng cường trao đổi dữ liệu giữa các phương tiện một cách hiệu quả, hỗ trợ người lái các thông tin trên đường, từ đó tạo nên một hệ thống giao thông thông minh. Ví dụ, các phương tiện trên con đường đã xảy ra tai nạn có thể cảnh báo cho nhau để đi một tuyến đường thay thế tránh ùn tắc giao thông xảy ra sau vụ tai nạn. Bên cạnh các ứng dụng liên quan đến an toàn, còn có các ứng dụng khác như thông tin giải trí, dịch vụ thanh toán, tính toán bảo hiểm dựa trên việc sử dụng và các phương tiện tương tự khác [2], [3].

Trong mạng VANET, dịch vụ định tuyến đảm nhận vai trò truyền thông tin giữa các phương tiện với nhau theo mô hình V2V hoặc với cơ sở hạ tầng mạng cố định theo mô hình V2I. Trong môi trường đô thị với mật độ phương tiện lưu thông lớn, thách thức đặt ra cho định tuyến là truyền dữ liệu hiệu quả và tin cậy [4]. Giao thông tại TP.HCM, Việt Nam đang phát triển rất nhanh với số lượng xe rất lớn

Abstract - Vehicular ad-hoc network (VANET) is the foundation for studies on intelligent transport systems, which is attracting the attention of many scientists around the world. This paper presents the process of realistic VANET topology generation (RVTG) in order to design VANET simulation scenarios based on SUMO and Open Street Map software. Using NS-2 software, the paper surveys and evaluates the quality of routing services for AODV, DSR, AOMDV routing protocols on non-infrastructure VANET at an area in Ho Chi Minh City, Vietnam. The evaluation parameters include the successful packet delivery ratio, routing load and average end-to-end delay time. The results of the paper prove the effectiveness of the proposed process for the performance evaluation of routing protocols on the realistic VANET.

Key words - Quality of Service; Routing; Realistic VANET Topology Generation (RVTG); SUMO; Vehicular ad-hoc network (VANET); V2V

và lưu thông trên đường xuyên suốt, dẫn tới sự cần thiết ứng dụng công nghệ thông tin để giải quyết các vấn đề về giao thông hiệu quả hơn.

Bài báo này khảo sát 3 giao thức định tuyến AODV, AOMDV, DSR trên mạng VANET tại một khu vực giao thông ở TP HCM dựa trên mô hình V2V. Từ đó, bài báo phân tích đánh giá hiệu quả của các giao thức này để làm nền tảng cho các nghiên cứu phát triển hệ thống giao thông thông minh trong tương lai.

2. Các nghiên cứu liên quan

2.1. AODV

AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector) là giao thức dựa vào thuật toán định tuyến, Véc tơ khoảng cách theo yêu cầu tùy biến. AODV được thiết kế để kiểm soát lưu lượng trên mạng [5]. AODV được sử dụng nhiều trong các nghiên cứu gần đây khi mô phỏng định tuyến cho mạng VANET. Abdelgadir và cộng sự đã khảo sát thông lượng mạng khi áp dụng giao thức định tuyến AODV cho mạng VANET tại một khu vực giao thông thành phố Khartoum, Ấn Độ [6]. Ngoài ra, Malik và Sahu cũng đã khảo sát hiệu năng định tuyến của giao thức AODV trên một khu vực giao thông phạm vi 1km trong thành phố Bhubaneswar, Ấn Độ, với các kịch bản 20, 40 và 60 phương tiện [4].

AODV thuộc nhóm giao thức định tuyến thẳng, đơn

¹ Dong Thap University (Nguyen Quoc Anh, Luong Thai Ngoc)

² University of Sciences, Hue University (Vo Thanh Tu)

đường và sử dụng cơ chế khám phá tuyến bị động. Tuyến đường từ nút đích đến nguồn chỉ được khám phá khi có yêu cầu và tuyến đường này là duy nhất và có chi phí tốt nhất. Chi phí định tuyến của giao thức AODV được xác định dựa trên số chặng đến đích. Cơ chế khám phá tuyến của AODV sử dụng gói yêu cầu tuyến (RREQ) và gói trả lời tuyến (RREP), gói HELLO và gói báo lỗi (RERR) được sử dụng để duy trì tuyến [7].

Giao thức định tuyến AODV có khả năng tránh lặp tuyến rất hiệu quả. Mỗi nút sẽ lưu trữ một giá trị “độ tươi” của tuyến vừa khám phá, giá trị này sẽ tăng trước khi gửi gói RREQ hoặc trước khi gửi gói RREP. Nút sẽ cập nhật tuyến nếu tuyến mới có “độ tươi” hơn tuyến hiện tại, nếu hai giá trị này bằng thì sẽ chọn tuyến có chi phí thấp hơn. AODV cho hiệu suất cao trên các mạng trên diện rộng [8].

2.2. AOMDV

AOMDV (Ad Hoc On-Demand Multipath Distance Vector) là thuật toán định tuyến đa đường dựa trên Véc tơ khoảng cách theo yêu cầu tùy biến. Sử dụng quy trình xây dựng tuyến giống AODV, AOMDV chỉ thực hiện khám phá tuyến khi có yêu cầu từ nút nguồn. Chi phí định tuyến của AOMDV được dựa trên số chặng đến nút đích, nó là cơ sở để nút nguồn chọn tuyến đến đích. AOMDV cũng sử dụng gói yêu cầu tuyến (RREQ) và gói trả lời tuyến (RREP) cho cơ chế khám phá tuyến, gói HELLO và gói báo lỗi tuyến (RERR) trong cơ chế duy trì tuyến. Tuy nhiên, khác với AODV chỉ xây dựng một tuyến duy nhất tới đích, AOMDV cố gắng tìm ra nhiều tuyến không có vòng lặp đến đích. AOMDV có khả năng giảm mất gói tin nhưng lại làm tăng chi phí định tuyến [9]. Ý tưởng chính trong AOMDV là khám phá ra nhiều tuyến trong suốt quá trình khám phá tuyến đường đến đích. Gói RREQ được gửi quảng bá từ nguồn đến đích để xây dựng nhiều tuyến quay lại cả ở các nút trung gian và nút đích.

2.3. DSR

Giao thức DSR (Dynamic Source Routing) là một giao thức định tuyến phản ứng từ nút nguồn. Trong đó, các nút cần duy trì bộ nhớ đệm về tuyến chứa các nút nguồn mà nút đã biết được. Các thực thể trong bộ nhớ đệm về tuyến được cập nhật liên tục.

DSR gồm 2 cơ chế khám phá tuyến và duy trì tuyến. Khi có một yêu cầu định tuyến, cơ chế khám phá tuyến sẽ được thực hiện, các nút tra cứu đường đi tới nút đích trong bộ nhớ đệm, nếu không tìm thấy nó sẽ phát quảng bá gói tin để tìm kiếm đường dẫn tới đích. Gói tin này chứa địa chỉ nút nguồn, địa chỉ nút đích và số nhận dạng duy nhất. Khi các nút trung gian nhận được gói này, nó sẽ kiểm tra trong bảng định tuyến có tuyến tới nút đích không, nếu không, nó sẽ ghi địa chỉ của nó vào bảng ghi tuyến của gói và chuyển tiếp đến các nút láng giềng. Khi tìm ra nút đích hoặc nút trung gian có tuyến đường tới đích, một gói phản hồi tuyến được thiết lập chứa tuyến tới đích và các chặng cần qua. Trong cơ chế duy trì tuyến, các nút sẽ duy trì bộ nhớ đệm chứa đường đi tới đích mà nó biết được. Việc duy trì tuyến được thực hiện thông qua các gói lỗi tuyến hoặc các bản tin xác nhận khi một tuyến mới tới đích được tìm thấy. Các gói lỗi tuyến được tạo ra ở một nút khi mất liên kết với các nút láng giềng. Khi nhận được một gói lỗi

tuyến, chặng bị lỗi sẽ bị loại bỏ khỏi bộ nhớ đệm của nút và tất cả các tuyến chứa chặng này đều bị loại. Ngoài gói lỗi, các nút khi nhận được gói phản hồi có tuyến đến đích, nó cũng sẽ cập nhật bảng định tuyến của nó [10]. DSR cho kết quả định tuyến với độ trễ thấp ở các đợt định tuyến theo thời gian, nhưng hiệu quả thấp khi mạng có mật độ phương tiện giao tiếp lớn và độ di động cao [11].

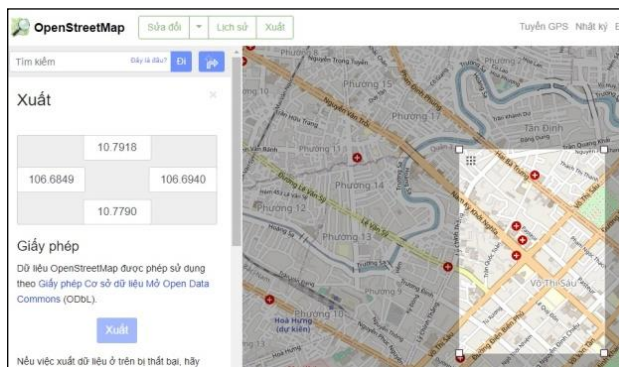
Bảng 1. Bảng so sánh 3 giao thức AODV, SOMDV, DSR

Giao thức	AODV	AOMDV	DSR
Cơ chế định tuyến	Phản ứng	Phản ứng	Phản ứng
Định tuyến đa điểm	Có	Có	Không
Nơi lưu giữ tuyến	Bảng định tuyến	Bảng định tuyến	Bộ nhớ đệm
Đa định tuyến	Không	Có	Có
Tránh lặp tuyến	Có	Có	Có
Nhóm định tuyến	Phẳng	Phẳng	Phẳng
Cơ chế cập nhật tuyến	Xóa tuyến, thông báo nguồn	Xóa tuyến, thông báo nguồn	Xóa tuyến, thông báo nguồn
Độ phức tạp	$O(2n)$	$O(2n)$	$O(2n)$

3. Quy trình RVTG

Để mô phỏng cho mạng VANET, việc thiết kế mô hình di động là rất quan trọng. Patil và cộng sự [13] đã đề xuất quy trình tạo kịch bản di chuyển cho mạng VANET thực tế bằng cách sử dụng các công cụ hỗ trợ: SUMO, OpenStreetMap, eWorld và TraNS.

Bài báo này đề xuất quy trình RVTG là cải tiến quy trình trên, với việc giảm bớt các bước sử dụng phần mềm trung gian eWorld và TraNS. Bên cạnh đó, trình bày chi tiết hơn về các bước để thực hiện xây dựng kịch bản di chuyển cho mạng VANET tại một khu vực bản đồ lớn hơn. Hình 2 mô tả các bước trong quy trình RVTG. Nhóm tác giả kết hợp sử dụng phần mềm SUMO và Open Street Map (OSM) để tạo ra các kịch bản di chuyển cho các phương tiện giao thông trong một khu vực giao thông thực tế. SUMO là một mã nguồn mở và miễn phí dùng để mô phỏng giao thông, được phát triển từ năm 2001. SUMO được tích hợp nhiều công cụ hỗ trợ tự động hóa các tác vụ như tạo, thực hiện và đánh giá lưu lượng giao thông [12]. OpenStreetMap là một dịch vụ bản đồ thế giới trực tuyến được thành lập năm 2014. OSM cung cấp các dữ liệu địa lý do người dùng tải lên. Quy trình RVTG thực hiện thông qua các Bước sau:



Hình 1. Trích xuất dữ liệu bản đồ thực thông qua Open Street Map

Bước 1: Các kịch bản được xác định dựa trên số phương tiện tham gia mô phỏng, giao thức truyền tin, thời gian truyền tin và bản đồ khu vực mô phỏng. Bản đồ dữ liệu các tuyến giao thông của một khu vực thực tại TP.HCM được trích xuất thông qua ứng dụng Open Street Map (Hình 1).

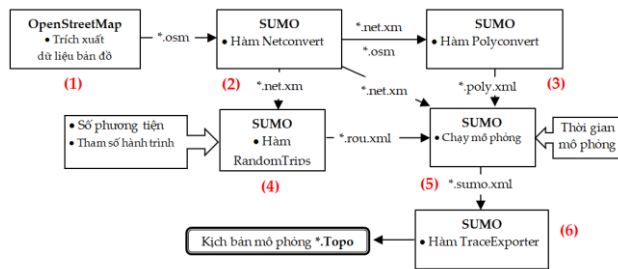
Bước 2: Sau đó, dữ liệu bản đồ được chuyển đổi để lấy được dữ liệu các tuyến đường trong bản đồ và lưu vào một file *.net.xml bằng hàm netconvert do phần mềm SUMO cung cấp.

Bước 3: Hàm polyconvert chuyển đổi dữ liệu bản đồ ban đầu để lấy thông tin về địa hình trong khu vực muốn mô phỏng, dữ liệu được lưu vào file *.poly.xml.

Bước 4: Tiếp theo, một hàm python randomTrips của SUMO sẽ được sử dụng để tạo kịch bản di chuyển của các phương tiện trong bản đồ gồm số phương tiện, tốc độ thay đổi dựa trên mật độ trên đường và mặc định của tuyến đường mà từng phương tiện sẽ đi. Dữ liệu đầu ra của bước này sẽ được lưu vào file *.rou.xml.

Bước 5: File đầu ra *.rou.xml được tích hợp cùng thời gian mô phỏng và lưu vào file *.sumo.cfg để có thể chạy mô phỏng trên phần mềm SUMO. Dữ liệu đầu ra sau khi chạy mô phỏng trên SUMO được lưu vào file *.sumo.xml.

Bước 6: Cuối cùng, hàm python traceExporter được sử dụng để trích xuất ra kịch bản di chuyển của các phương tiện.



Hình 2. Quy trình RVTG thiết kế kịch bản mô phỏng VANET

4. Mô phỏng và đánh giá

Để đánh giá hiệu quả của quy trình RVTG, các kịch bản di chuyển được tạo ra từ RVTG sẽ được chạy mô phỏng dựa trên các giao thức AODV, AOMDV và DSR trên hệ mô phỏng NS-2 (Network Simulator 2). Kết quả mô phỏng trên NS-2 sẽ cho ra 2 file *.nam và *.tr. Nội dung của file *.nam là trình bày cách thức các phương tiện giao tiếp với nhau trong kịch bản. Bên cạnh đó, file *.tr lưu vết di chuyển và truyền tin giữa các phương tiện trong kịch bản. Ngôn ngữ lập trình AWK được sử dụng để phân tích dữ liệu trong file *.tr để cho ra số liệu đánh giá hiệu năng của các giao thức với 3 giá trị gồm tỷ lệ gửi thành công, phụ tải định tuyến và thời gian trễ trung bình.

Tỷ lệ gửi gói tin thành công (PDR - Packet Delivery Ratio) là tiêu chí quan trọng để đánh giá độ tin cậy của giao thức định tuyến. Tỷ lệ gửi gói tin thành công được tính dựa vào tỷ lệ giữa số gói tin được phân phát thành công tới đích so với số gói tin đã được gửi đi từ nguồn phát, được tính theo công thức (1). Trong đó, n là số lượng luồng dữ liệu, P_R^i là số lượng gói đã nhận được trên luồng thứ i , P_S^i là số lượng gói đã gửi trên luồng thứ i .

$$PDR = \frac{\sum_{i=1}^n P_R^i}{\sum_{i=1}^n P_S^i} \times 100\% \quad (1)$$

Phụ tải định tuyến (RL) là lượng gói tin điều khiển tuyến hao phí cần phải xử lý để định tuyến thành công một gói dữ liệu đến đích. Phụ tải định tuyến được tính dựa trên tỷ lệ giữa tổng gói tin điều khiển tuyến (gói được gửi hoặc chuyển tiếp) tại tất cả các nút k cần phải xử lý với số gói dữ liệu nhận được tại nút đích, được tính theo công thức (2). Trong đó, $P_{control}^i$ là tổng số tin gói tin điều khiển đã xử lý tại nút i .

$$RL = \frac{\sum_{i=1}^k P_{control}^i}{\sum_{i=1}^n P_R^i} \quad (2)$$

Thời gian trễ trung bình (EtE) là thời gian trung bình để định tuyến thành công một gói tin đến đích. Thời gian trễ trung bình được tính dựa vào tỷ lệ giữa tổng thời gian truyền tất cả các gói dữ liệu đến đích và số lượng gói tin gửi thành công, được tính theo công thức (3). Trong đó, m là số tin nhận được tại nút đích, t_r^i là thời điểm nhận gói tin thứ i , t_s^i là thời điểm gửi gói tin thứ i .

$$EtE = \frac{\sum_{i=1}^m (t_r^i - t_s^i)}{m} \quad (3)$$

4.1. Kịch bản mô phỏng

Bảng 2. Bảng tham số cho mô phỏng

Tham số	Giá trị
Mô hình giao tiếp	V2V
Giao thức định tuyến	AODV, AOMDV, DSR
Phạm vi mô phỏng	2100m x 2400m
Số lượng phương tiện	100, 150, 200
Giao thức truyền thông	UDP
Nguồn phát dữ liệu	CBR
Tầng Mac	802.11
Kích thước gói	512 Bytes
Tốc độ gửi gói tin	2 gói/giây
Số kết nối	20 UDP
Tốc độ di chuyển	Tùy biến theo mật độ và mặc định của tuyến đường

Kịch bản mô phỏng với các tham số như trong Bảng 2, số lượng phương tiện giao thông lần lượt là 100, 150 và 200, thời gian mô phỏng 500, giao thức định tuyến là AODV, AOMDV và DSR, giao thức truyền thông là UDP, 20 nguồn phát CBR với tốc độ gửi 2 gói/giây và bắt đầu phát từ giây thứ 0, khu vực mô phỏng có phạm vi 2100 m x 2400 m tại TP.HCM.

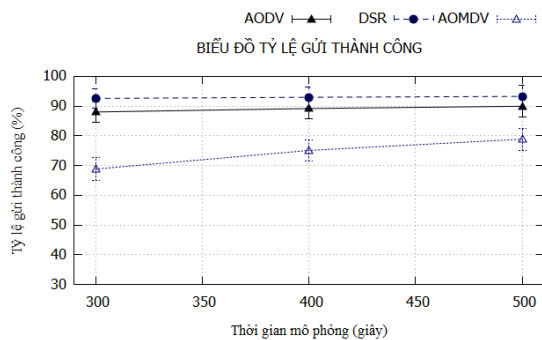
Có tất cả 30 topo mạng cho các trường hợp 100, 150 và 200 phương tiện khác nhau di chuyển ngẫu nhiên được sinh ra bởi quy trình RVTG để tăng tính tổng quan của nghiên cứu. Nghiên cứu khảo sát 3 giao thức định tuyến AODV, AOMDV và DSR, cho nên có tất cả 90 kịch bản cho 30 topo mạng được chạy mô phỏng trên phần mềm NS-2 trong nghiên cứu này.

4.2. Kết quả mô phỏng

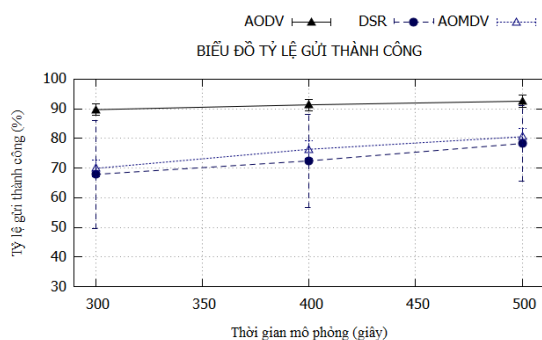
Kết quả mô phỏng tỉ lệ gửi thành công của 3 giao thức AODV, DSR và AOMDV trong 30 topo mạng của 100, 150 và 200 phương tiện giao thông được trình bày trong Hình 3. Trong đó, giao thức DSR có tỉ lệ gửi thành công

cao nhất trong 3 giao thức với trên 90% gói tin được gửi thành công tới đích khi mạng có 100 phương tiện giao thông (Hình 3a).

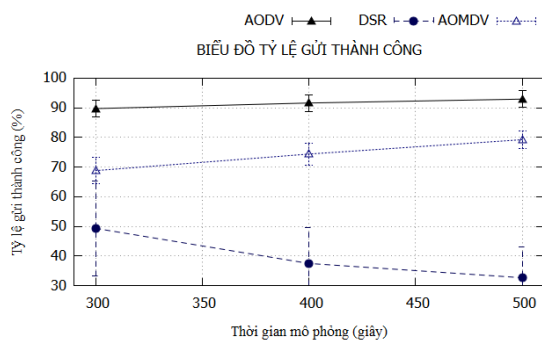
tải định tuyến thấp nhất, trong khi giao thức AOMDV và truyền đa đường nên có phụ tải cao nhất.



a) 100 phương tiện



b) 150 phương tiện

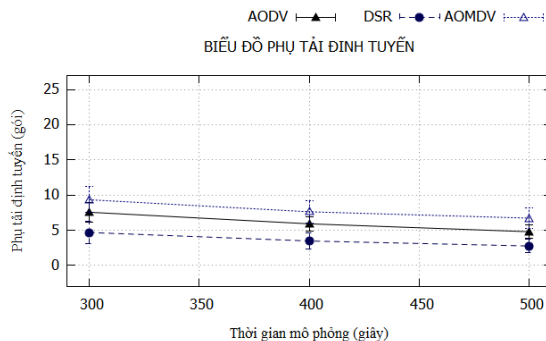


c) 200 phương tiện

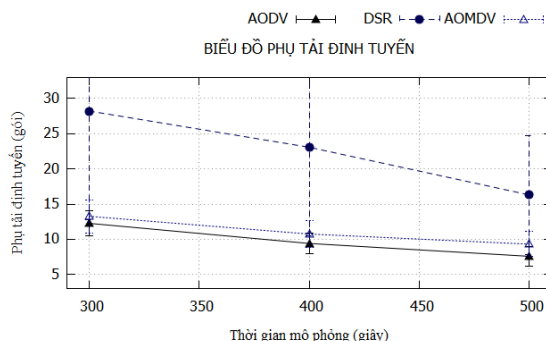
Hình 3. Biểu đồ tỷ lệ gửi gói tin thành công

Tuy nhiên, khi mạng có số lượng phương tiện giao thông lớn hơn với 150 và 200 phương tiện, do tính chất lưu tất cả đường dẫn đến các nút đích đã biết trong bảng định tuyến dẫn đến quá tải, giao thức DSR không đạt hiệu quả định tuyến và cho tỉ lệ thấp nhất như trong Hình 3b và 3c. Trong cả 3 trường hợp số lượng phương tiện giao thông, giao thức AODV cho hiệu quả ổn định và cao nhất trong 3 giao thức với xấp xỉ 90% sau 300 giây mô phỏng và càng tăng theo thời gian mô phỏng kéo dài. Như vậy, giao thức AODV cho thấy được hiệu quả truyền gói tin tốt và ổn định trong điều kiện mật độ giao thông cao trên bản đồ một khu vực tại TP.HCM.

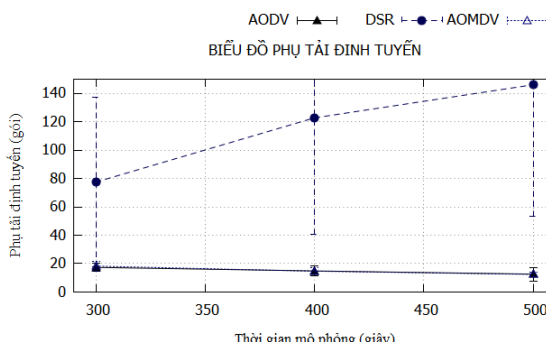
Hình 4 trình bày kết quả mô phỏng phụ tải định tuyến của 3 giao thức AODV, DSR và AOMDV trong 3 trường hợp 100, 150 và 200 phương tiện giao thông. Nhìn tổng quát, phụ tải định tuyến của các giao thức sẽ giảm dần theo thời gian mô phỏng. Hình 4a biểu thị kết quả của kịch bản 100 phương tiện và cho thấy rằng, giao thức DSR có phụ



a) 100 phương tiện



b) 150 phương tiện

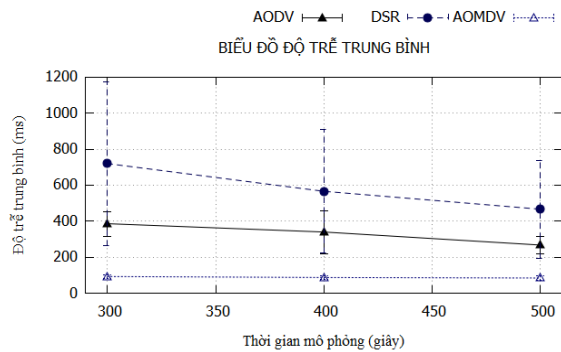


c) 200 phương tiện

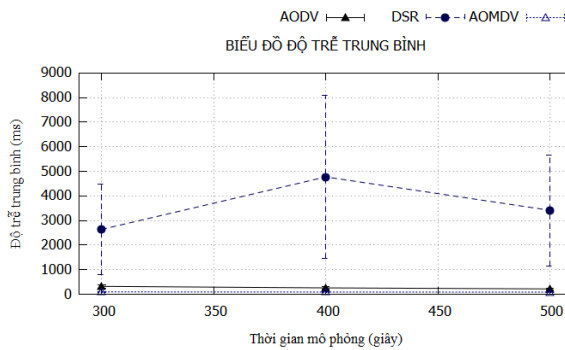
Hình 4. Biểu đồ phụ tải định tuyến

Tuy nhiên, trong kịch bản với số phương tiện lớn hơn là 150 và 200 phương tiện, giao thức DSR lại có phụ tải định tuyến cao nhất trong 3 giao thức khảo sát (Hình 4b, Hình 4c). Hai giao thức AODV và AOMDV có phụ tải tương đồng nhau và AODV có giá trị phụ tải định tuyến thấp hơn. Từ đó cho thấy, DSR sẽ hoạt động tốt trong điều kiện khu vực khảo sát có mật độ giao thông 100 phương tiện với tỷ lệ gửi gói tin thành công cao (Hình 3a) và phụ tải định tuyến thấp (Hình 4a).

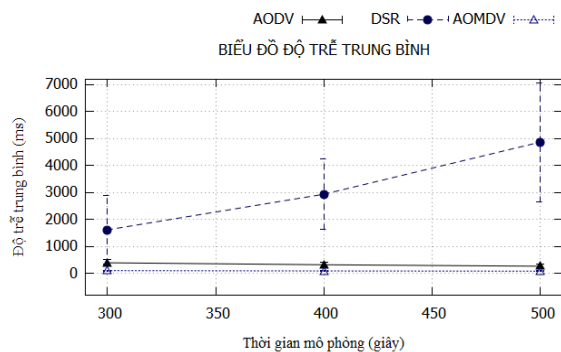
Hình 5 trình bày kết quả mô phỏng độ trễ trung bình, trong cả 3 trường hợp 100, 150 và 200 phương tiện, độ trễ trung bình của giao thức DSR là cao nhất do tốn thời gian trong khi duyệt bảng định tuyến quá lớn vì lưu tất cả đường đi tới nút đích đã biết, và AOMDV là thấp nhất, AODV và AOMDV đều có độ trễ trung bình giảm theo thời gian mô phỏng trong khi DSR không ổn định. AOMDV với cơ chế truyền đa đường nên có độ trễ trung bình thấp và ổn định theo thời gian mô phỏng.



a) 100 phương tiện



b) 150 phương tiện



c) 200 phương tiện

Hình 5. Biểu đồ độ trễ trung bình

5. Kết luận

Bài báo đã đề xuất quy trình RVTG thiết kế kịch bản cho mạng VANET, từ đó khảo sát và đánh giá chất lượng định tuyến của 3 giao thức định tuyến AODV, DSR và AOMDV trên mạng VANET tại TP. HCM. Kết quả mô phỏng cho thấy, DSR cho hiệu quả định tuyến tốt với mạng có 100 phương tiện giao thông, tuy nhiên, lại không ổn định khi mạng có số lượng phương tiện giao thông lớn hơn.

Trong khi đó, giao thức AODV có tỉ lệ gửi tin thành công trên 90% và tăng dần theo thời gian mô phỏng trong cả 3 trường hợp 100, 150 và 200 phương tiện giao thông. Giao thức định tuyến AOMDV với cơ chế truyền đa đường cho độ trễ trung bình thấp nhất trong các giao thức khảo sát.

Kết quả của bài báo góp phần tạo nền tảng cho các nghiên cứu về các giao thức định tuyến trong mạng VANET tại đô thị và là cơ sở để so sánh và đánh giá cho các nghiên cứu về tần công các giao thức định tuyến trên mạng VANET trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Deshmukh P. & Sonekar S., "Improving Energy and Efficiency in cluster based VANETs through AODV Protocol", *(IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 2014, Vol. 5, No. 3, 4788-4792.
- [2] Gerla M., Lee E. K., Pau G. & Lee U., "Internet of vehicles: From intelligent grid to autonomous cars and vehicular clouds", *2014 IEEE world forum on internet of things (WF-IoT)*, 2014, 241-246.
- [3] Hortelano J., Ruiz J. C. & Manzoni P., "Evaluating the usefulness of watchdogs for intrusion detection in VANETs", *2010 IEEE International Conference on Communications Workshops*, 2010, 1-5.
- [4] Malik, S. & Sahu, P. K., "A comparative study on routing protocols for VANETs", *Heliyon*, 2019, Vol. 5, No. 8, e02340.
- [5] Moussaoui A. & Boukream A., "A survey of routing protocols based on link-stability in mobile ad hoc networks", *Journal of Network and Computer Applications*, 2015, Vol. 47, 1-10.
- [6] Abdelgadir M., Saeed R. A. & Babiker A., "Mobility routing model for vehicular ad-hoc networks (vanets), smart city scenarios", *Vehicular Communications*, 2017, Vol. 9, 154-161.
- [7] Van Glabbeek R., Höfner P., Portmann M., & Tan W. L., "Modelling and verifying The AODV routing protocol", *Distributed Computing*, 2016, Vol. 29, No. 4, 279-315.
- [8] Naim Z. & Hossain M. I., "Performance Analysis of AODV, DSDV And DSR in Vehicular Adhoc Network (VANET)", *2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST)*, 2019, 18-22.
- [9] Kushwaha U. S. & Gupta P. K., "AOMDV routing algorithm for Wireless Mesh Networks with local repair (AOMDV-LR)", *2014 International Conference on Communication and Signal Processing*, 2014, 818-822.
- [10] Kumar S. & Rani S., "A study and performance analysis Of Aodv, DSR and GSR Routing Protocols in VANET", *International Journal of Computer Applications*, 2014, Vol. 96, No. 9, 48-52.
- [11] Paul B., Ibrahim M., & Abu Naser Bikas M., "Vanet routing protocols: Pros and cons", *International Journal of Computer Applications*, 2011, Vol. 20, No. 3, 28-34.
- [12] Lopez P. A., Behrisch M., Bieker-Walz L., et al, "Microscopic Traffic Simulation using SUMO", *2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2018.
- [13] Patil, S. D., Thombare, D. V. & Khairnar V. D., "DEMO: Simulation of Realistic Mobility Model and Implementation of 802.11p (DSRC) for Vehicular Networks (VANET)", *International Journal of Computer Applications*, vol. 43, no. 21, pp. 33-36, 2012.