

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA- ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

☯☯ KHOA ĐIỆN TỬ- VIỄN THÔNG ☯☯



BÁO CÁO LẬP TRÌNH MẠNG

ĐỀ TÀI:

**MÔ PHÒNG THÔNG BÁO KHẨN CẤP KHI XẢY RA TAI NẠN DỰA
TRÊN MẠNG VANET SỬ DỤNG NS3 VÀ SUMO**

SVTH:	Trần Anh Toàn	106220237
	Trịnh Minh Việt	106220241
	Trần Lê Long Vũ	106220242
GVHD:	TS. Nguyễn Văn Hiếu	

Đà Nẵng, 2025

Mục lục

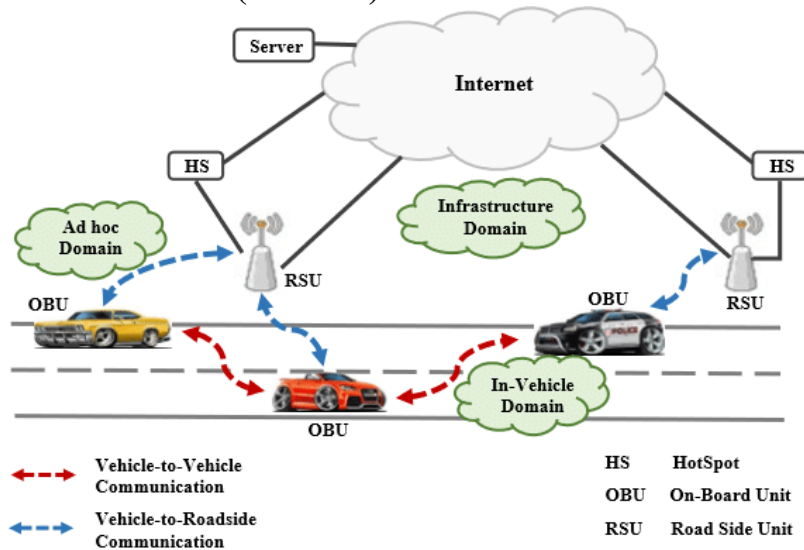
1. Lý thuyết	3
1.1 Vehicular ad hoc network (VANET)	3
1.2 Broadcast	3
1.3 Ad hoc on-demand Distance Vector (AODV)	3
2. Mô hình mạng	4
2.1 Tổng quan mô hình	4
2.2 Kịch bản mô phỏng	6
3. Phân tích kết quả	6
3.1 Các thông số sử dụng để phân tích	6
3.2 Mô tả các file lưu trữ	7
3.3 Phân tích thông số	8
3.3.1 Gửi thông báo theo broadcast	8
3.3.2 Gửi thông tin theo giao thức AODV	12
3.3.3 Mở rộng:	14
3.3.4 Phân tích	15

Bảng phân công nhiệm vụ:

Họ và tên	Công việc phân công	Phần trăm đóng góp
Trần Anh Toàn	Thực thi mô hình với giao thức định tuyến AODV	33.33%
Trịnh Minh Việt	Tìm hiểu lý thuyết, xây dựng mô hình	33.33%
Trần Lê Long Vũ	Thực thi mô hình với broadcast	33.33%

1. Lý thuyết

1.1 Vehicular ad hoc network (VANET)

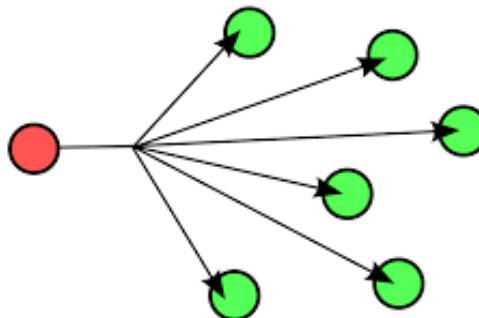


Hình 1. Tổng quan về mạng VANET

Hình 1 cho thấy cái nhìn tổng quan về VANET, đây là một loại mạng được dùng trong giao tiếp giữa các phương tiện giao thông được đề xuất từ Mobile ad hoc network (MANET). VANET được thể hiện trong các kiến trúc giao tiếp phương tiện với phương tiện (V2V) và phương tiện với hạ tầng (V2I) với mục đích cung cấp sự an toàn và định vị trên đường cũng như là các dịch vụ ven đường khác.

1.2 Broadcast

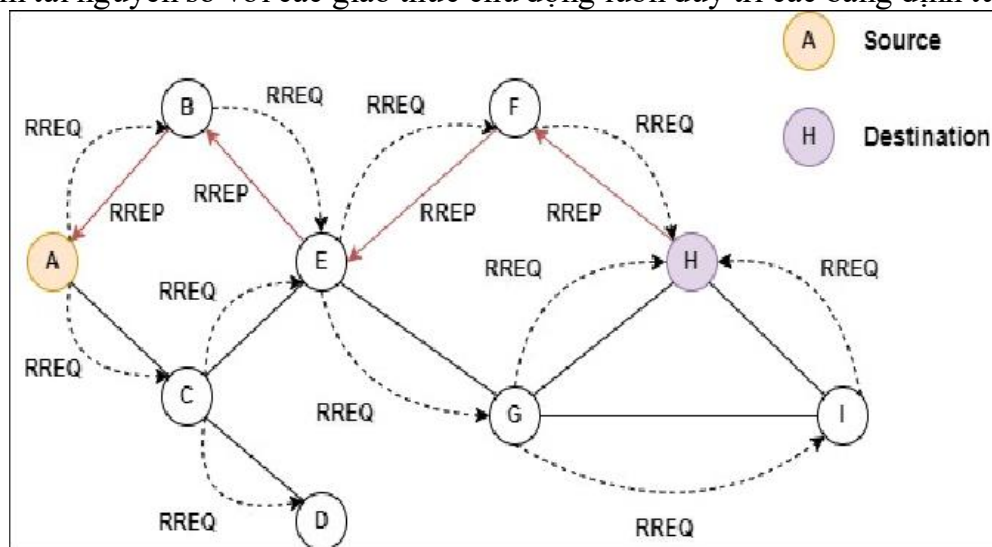
Broadcast là kỹ thuật truyền dữ liệu từ một thiết bị đến tất cả các thiết bị trong cùng một mạng. Với các ưu điểm như dễ dàng triển khai trong mạng nội bộ nhỏ, hữu ích khi thiết bị không biết địa chỉ đích và không cần cấu hình nhiều. Tuy nhiên vẫn có một số nhược điểm như dễ gây nghẽn mạng khi các thiết bị đều nhận broadcast gây lãng phí băng thông, không thể được dùng trong mạng lớn hơn và bảo mật kém khi ai cũng nhận được broadcast. Hình 2 cho một cái nhìn về cách hoạt động của broadcast



Hình 2. Mô tả cách hoạt động Broadcast

1.3 Ad hoc on-demand Distance Vector (AODV)

Ad hoc on-demand Distance Vector là một giao thức định tuyến được sử dụng trong mạng không dây tự tổ chức và thuộc loại giao thức định tuyến “phản ứng”, chỉ tìm kiếm và thiết lập đường truyền khi có nhu cầu truyền dữ liệu, giúp tiết kiệm tài nguyên so với các giao thức chủ động luôn duy trì các bảng định tuyến.



Hình 3. Cách hoạt động của giao thức định tuyến AODV

Trong Hình 3, có thể thấy được hoạt động của giao thức định tuyến AODV, cụ thể như sau:

- Định tuyến theo yêu cầu: AODV chỉ thiết lập một tuyến đường từ nguồn đến đích khi có gói tin cần được gửi đi.
- Tìm đường: Khi một nút cần gửi dữ liệu đến một nút khác mà nó có thông tin tuyến đường, nó sẽ phát ra một yêu cầu tìm đường (Route Request – RREQ).
- Phát quảng bá: Yêu cầu này sẽ được phát quảng bá khắp mạng cho đến khi tìm thấy nút đích hoặc một nút trung gian có thông tin tuyến đường đến đích.
- Thiết lập tuyến: Khi tuyến đường được tìm thấy, một thông báo phản hồi (Route Reply – RREP) sẽ được gửi ngược lại cho nút gửi yêu cầu ban đầu.
- Duy trì tuyến: Các tuyến đường không được sử dụng trong một thời gian nhất định sẽ bị hết hạn và xóa khỏi bảng định tuyến của các nút.

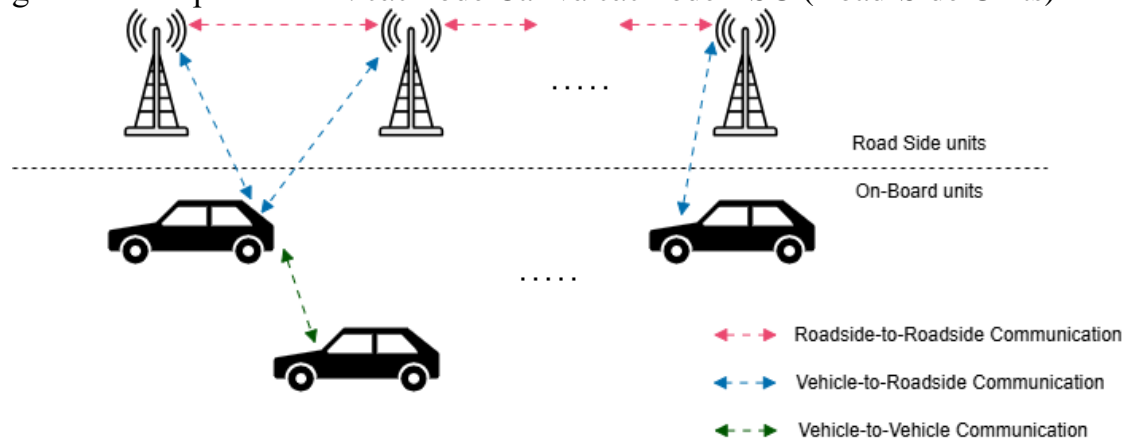
Đặc điểm nổi bật:

- Hiệu quả: Tiết kiệm năng lượng và băng thông vì chỉ thiết lập các tuyến đường khi cần thiết
- Linh hoạt: Có khả năng thích ứng nhanh chóng với sự thay đổi của điều kiện mạng, đặc biệt là khi các nút di chuyển.
- Chi phí xử lý và bộ nhớ thấp: Do chỉ duy trì thông tin về các nút lân cận đang hoạt động

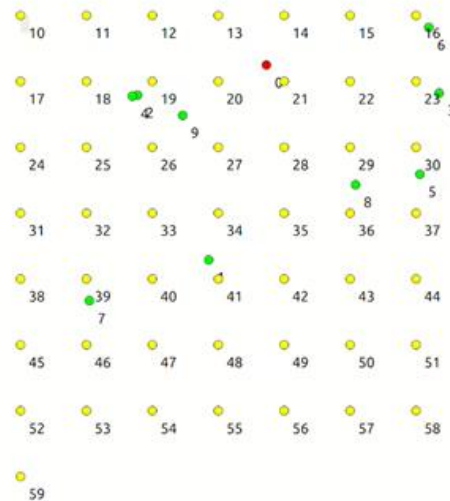
2. Mô hình mạng

2.1 Tổng quan mô hình

Mô hình được thể hiện một cách thực tế trong Hình 4 và mô phỏng qua Hình 5 gồm 2 thành phần chính: các node Car và các node RSU (Road-Side Units)



Hình 4. Mô hình mạng tổng quan thực hiện



Hình 5. Mô hình mạng trong NetAnim

Node Car:

- Là các node có màu xanh lá cây, ngoại trừ node Car 0 bị tai nạn có màu đỏ trong Hình 5.
- Được xem như là các xe (vehicles).
- Được di chuyển theo đường mô phỏng từ SUMO.
- Có khả năng gửi/nhận thông báo, chạy giao thức định tuyến AODV, truyền thông Wifi 802.11p.

Node RSU

- Là các node có màu vàng trong Hình 5
- Được xem là cơ sở hạ tầng (infrastructure) như cột điện, cột đèn ven đường.
- Được đặt cố định theo dạng lưới trong mô phỏng, nếu ở ngoài đời thật thì sẽ đặt ven đường.

- Dùng để thu nhận các thông báo, trả ACK, cung cấp thông tin giao thông. Trong đó, RSU 10 đóng vai trò là trung tâm xử lý trong trường hợp mô phỏng với giao thức AODV.

Điểm mới trong mô hình:

- Dùng SUMO, NS-3, NetAnim, Pcap Wireshark để mô phỏng VANET
- Đặt RSU với vùng phủ rõ ràng theo grid 150m x 150m

2.2 Kịch bản mô phỏng

Nhóm thực hiện 2 kịch bản mô phỏng chính dựa theo phương pháp gửi thông báo broadcast và theo giao thức. Trong hai kịch bản này, nhóm thực hiện thêm các trường hợp khác như tăng số node hoặc thay đổi thời điểm xảy ra tai nạn để có thể đánh giá được hệ thống.

Phương pháp 1: Gửi thông báo theo broadcast

- Mô phỏng có 10 (hoặc 50) node Cars chạy theo lộ trình được mô phỏng trên SUMO và 50 node RSU được đặt cố định theo grid 150mx150m.
- Tại thời điểm 30s (hoặc 50s), Car 0 (màu đỏ) gặp tai nạn và ngay lập tức gửi gói tin thông báo theo broadcast đến tất cả các node trong mạng.
- Các node Car nhận được sẽ hiển thị được gói tin thông báo là Car 0 đã bị tai nạn, cần tới giúp.
- Các RSU nhận được gói tin thông báo thì sẽ gửi broadcast đến các node trong mạng gần nhất (kể cả là RSU hay Car) nhằm làm cầu nối để lan truyền tai nạn đi càng được xa và tiếp cận càng nhiều xe càng tốt.

Phương pháp 2: Gửi thông báo theo giao thức AODV

- Mô phỏng có 10 (hoặc 50) node Cars chạy theo lộ trình được mô phỏng trên SUMO và 50 node RSU được đặt cố định theo grid 150mx150m.
- Tại thời điểm 30s (hoặc 50s), Car 0 (màu đỏ) gặp tai nạn và ngay lập tức gửi gói tin thông báo đến cho trung tâm xử lý RSU 10 theo giao thức định tuyến AODV.
- Khi giao thức định tuyến thực hiện để gói tin đến được trung tâm xử lý RSU 10, sẽ có gói tin xác nhận của trung tâm xử lý được gửi lại cho Car 0 rằng đã nhận được và sẽ tiến hành xử lý.

Điểm mới:

- Tạo các chuyển động xe từ mô hình SUMO với bản đồ thực tế
- Dùng pcap để phân tích gói tin

3. Phân tích kết quả

3.1 Các thông số sử dụng để phân tích

End-to-End Delay

- Là thông số thể hiện tổng độ trễ của gói tin truyền từ xe truyền đến đích (xe khác hoặc trụ ven đường).
- Thông số này càng thấp sẽ thể hiện càng tốt.

Packet Delivery Ratio

- Là một thông số để đo lường độ tin cậy của mạng bằng cách tính tỉ lệ thành công của gói được nhận so với tổng các gói được gửi.
- Thông số này càng cao mạng càng uy tín.

Coverage range

- Là khả năng bao phủ của hệ thống mạng

Route Discovery Time

- Thời gian từ khi gửi RREQ đến thời gian nhận RREP
- Quan trọng cho việc thông báo khẩn cấp

3.2 Mô tả các file lưu trữ

mobility.tcl:

- Là kết quả của mô phỏng bản đồ, chuyển động của các xe trên tuyến đường thực tế của SUMO
- Trong file thể hiện tọa độ theo thời gian của các node xe

netanim_accident_alert_30s.xml và netanim_accident_aodv_30s.xml:

- Là các file dùng để mô tả hoạt động nếu gửi thông báo tai nạn tại thời điểm 30s của mô hình mạng sử dụng NetAnim
- Thể hiện vị trí của các node theo thời gian
- Lưu trace gói tin animation
- Thể hiện các nodes di chuyển, màu sắc và liên kết giúp dễ hình dung hơn về kết quả

netanim_accident_alert_50s.xml và netanim_accident_aodv_50s.xml:

- Là các file dùng để mô tả hoạt động nếu gửi thông báo tai nạn tại thời điểm 50s của mô hình mạng sử dụng NetAnim
- Thể hiện vị trí của các node theo thời gian
- Lưu trace gói tin animation
- Thể hiện các nodes di chuyển, màu sắc và liên kết giúp dễ hình dung hơn về kết quả

netanim_accident_alert_50node.xml và netanim_accident_aodv_50node.xml:

- Là các file dùng để mô tả hoạt động nếu số lượng xe là 50 xe của mô hình mạng sử dụng NetAnim
- Thể hiện vị trí của các node theo thời gian
- Lưu trace gói tin animation
- Thể hiện các nodes di chuyển, màu sắc và liên kết giúp dễ hình dung hơn về kết quả

vanet_all_30s.pcap và vanet_aodv_30s.pcap:

- Là các file dùng để phân tích cụ thể gói tin gửi trong mạng sử dụng Wireshark để quan sát với thời điểm gửi thông báo là 30s
- Chứa chi tiết các thông tin trong các gói gửi/nhận trong mạng
- Giúp phân tích được gói tin từ từng tầng cụ thể

vanet_all_50s.pcap và vanet_aodv_50s.pcap:

- Là các file dùng để phân tích cụ thể gói tin gửi trong mạng sử dụng Wireshark để quan sát với thời điểm gửi thông báo là 50s

- Chứa chi tiết các thông tin trong các gói gửi/nhận trong mạng
 - Giúp phân tích được gói tin từ từng tầng cụ thể
- vanet_all_50node.pcap và vanet_aodv_50node.pcap:
- Là các file dùng để phân tích cụ thể gói tin gửi trong mạng sử dụng Wireshark để quan sát với số lượng xe là 50 xe
 - Chứa chi tiết các thông tin trong các gói gửi/nhận trong mạng
 - Giúp phân tích được gói tin từ từng tầng cụ thể

Bên cạnh đó sau khi chạy các file code vanet_accident_alert.cc và vanet_accident_aodv.cc sẽ thấy được các log terminal thể hiện kết quả mô phỏng

3.3 Phân tích thông số

Nhóm thực hiện mô phỏng theo phương pháp là gửi thông báo theo broadcast và theo giao thức định tuyến AODV. Mỗi phương pháp được nhóm chia thành 2 trường hợp là Car 0 bị tai nạn tại hai thời điểm 30s và 50s. Bên cạnh đó nhóm còn mở rộng mô hình mạng với việc tăng số node Car thành 50 node. Qua đó giúp có nhiều góc nhìn hơn để đánh giá và phân tích về mô hình của nhóm.

3.3.1 Gửi thông báo theo broadcast

Trường hợp 1: Car 0 bị tai nạn tại 30s

End-to-End delay:

- Xét tại thời điểm bị tai nạn Car 0 gửi gói tin đi đến những node gần đó với mục đích broadcast
- Thời điểm Car 0 gửi: 30s
- Thời điểm RSU 14, 20, 21 nhận: 30.000362s

➔ **End-to-End delay: 0.362ms**

- Thời điểm RSU 14, 20, 21 gửi lại: 31.000362s
- Thời gian RSU 19 nhận: 31.000724s

➔ **End-to-End delay: 0.362ms**

- Thời gian RSU 19 gửi lại: 32.000724s
- Thời gian RSU 18, 12, 20, 26 nhận: 32.001087s

➔ **End-to-End delay: 0.363ms**

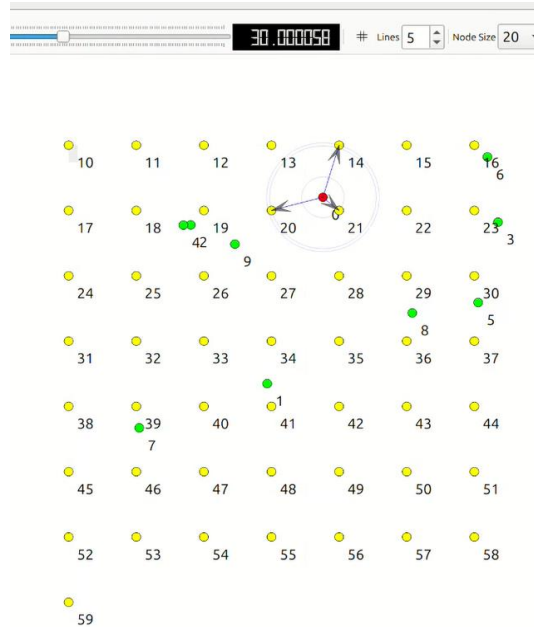
- Thời gian RSU 18, 12, 20, 26 gửi lại: 33.001087s
- Thời gian RSU 17, 21, 33 nhận: 33.001449s

➔ **End-to-End delay: 0.362ms**

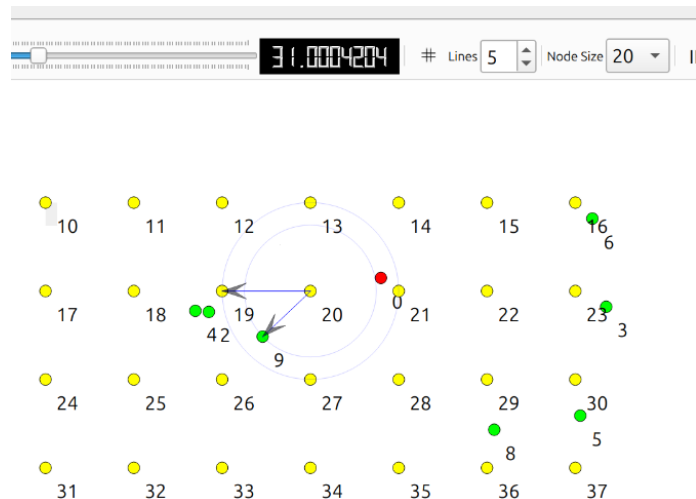
Address A	Port A	Address B	Port B	Packets	Bytes	Stream ID	Packets A → B	Bytes A → B	Packets B → A	Bytes B → A	Rel Start +	Duration
10.0.0.1	49153	255.255.255.255	80	4	384 bytes	0	4	384 bytes	0	0 bytes	0.000000	0.0003
10.0.0.15	49153	255.255.255.255	80	1	96 bytes	3	1	96 bytes	0	0 bytes	1.000362	0.0000
10.0.0.21	49153	255.255.255.255	80	3	288 bytes	2	3	288 bytes	0	0 bytes	1.000362	0.0003
10.0.0.22	49153	255.255.255.255	80	2	192 bytes	1	2	192 bytes	0	0 bytes	1.000362	0.0003
10.0.0.20	49153	255.255.255.255	80	8	768 bytes	4	8	768 bytes	0	0 bytes	2.000724	0.0003
10.0.0.13	49153	255.255.255.255	80	1	96 bytes	8	1	96 bytes	0	0 bytes	3.001087	0.0000
10.0.0.19	49153	255.255.255.255	80	2	192 bytes	7	2	192 bytes	0	0 bytes	3.001087	0.0003
10.0.0.21	49154	255.255.255.255	80	3	288 bytes	6	3	288 bytes	0	0 bytes	3.001087	0.0003
10.0.0.27	49153	255.255.255.255	80	2	192 bytes	5	2	192 bytes	0	0 bytes	3.001087	0.0003
10.0.0.18	49153	255.255.255.255	80	4	384 bytes	11	4	384 bytes	0	0 bytes	4.001449	0.0003
10.0.0.22	49154	255.255.255.255	80	6	576 bytes	10	6	576 bytes	0	0 bytes	4.001449	0.0003
10.0.0.34	49153	255.255.255.255	80	5	480 bytes	9	5	480 bytes	0	0 bytes	4.001449	0.0003

Packet Delivery Ratio:

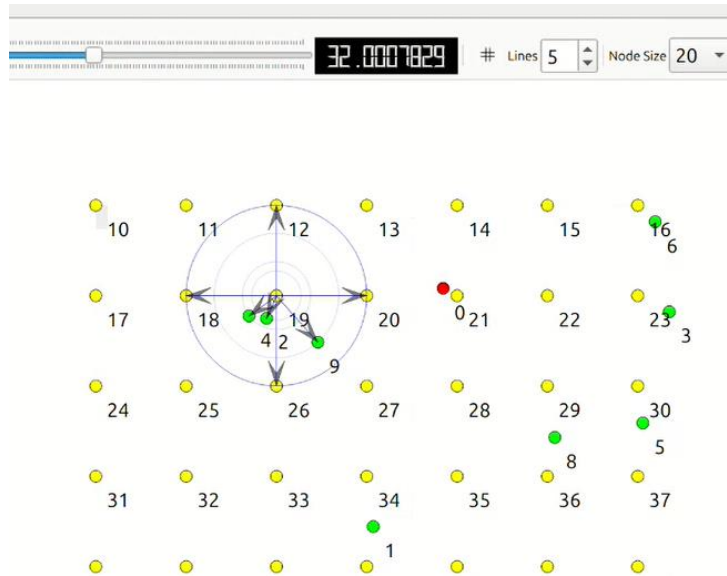
- Xét Car 0 tại thời điểm 30s:



- Khả năng có thể gửi được: 3 node
 - Số node nhận được và chuyển đi: 3 node
- ➔ **PDR: 100%**
- Xét node RSU 20 tại thời điểm 31s:



- Khả năng có thể gửi được: 6 node
 - Số node nhận được và chuyển đi: 2 node
- ➔ **PDR: 33.33%**
- Xét node RSU 19 tại thời điểm 32s:



- Khả năng có thể gửi được: 7 node
 - Số node nhận được và chuyển đi: 7 node
- ➔ **PDR: 100%**

Coverage Range

- Tổng số RSU trong mô phỏng: 50 node
 - Khả năng tiếp cận đến các node RSU của gói tin: 47 node
- ➔ **Tỉ lệ phủ sóng của mạng: 94% mô hình mạng**

Trường hợp 2: Car 0 bị tai nạn tại 50s

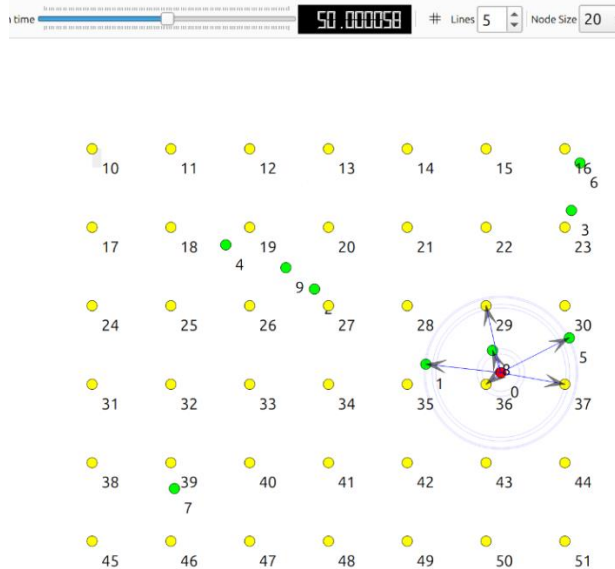
End-to-End delay:

- Xét tại thời điểm bị tai nạn Car 0 gửi gói tin đi đến những node gần đó với mục đích broadcast
 - Thời điểm Car 0 gửi: 50s
 - Thời điểm RSU 29, 36, 37 nhận: 50.000362s
- ➔ **End-to-End delay: 0.362ms**
- Thời điểm RSU 29, 36, 37 gửi: 51.000362s
 - Thời điểm RSU 22 nhận: 51.000724s
- ➔ **End-to-End delay: 0.362ms**
- Thời điểm RSU 22 gửi: 52.000274s
 - Thời điểm RSU 15, 21, 23, 29 nhận: 52.001087s
- ➔ **End-to-End delay: 0.813ms**

Ethernet	IEEE 802.11 - 30	IPv4 - 30	IPv6	TCP	UDP - 49						
Address A	Port A	Address B	Port B	Packets	Bytes	Stream ID	Packets A → B	Bytes A → B	Packets B → A	Bytes B → A	Rel Start
10.0.0.1	49153	255.255.255.255	80	7	672 bytes	0	7	672 bytes	0	0 bytes	0.000000
10.0.0.30	49153	255.255.255.255	80	2	192 bytes	3	2	192 bytes	0	0 bytes	1.000362
10.0.0.37	49153	255.255.255.255	80	2	192 bytes	2	2	192 bytes	0	0 bytes	1.000362
10.0.0.38	49153	255.255.255.255	80	2	192 bytes	1	2	192 bytes	0	0 bytes	1.000362
10.0.0.23	49153	255.255.255.255	80	5	480 bytes	4	5	480 bytes	0	0 bytes	2.000724
10.0.0.16	49153	255.255.255.255	80	1	96 bytes	8	1	96 bytes	0	0 bytes	3.001087
10.0.0.22	49153	255.255.255.255	80	2	192 bytes	7	2	192 bytes	0	0 bytes	3.001087
10.0.0.24	49153	255.255.255.255	80	2	192 bytes	6	2	192 bytes	0	0 bytes	3.001087
10.0.0.30	49154	255.255.255.255	80	4	384 bytes	3	4	384 bytes	0	0 bytes	3.001087

Packet Delivery Ratio:

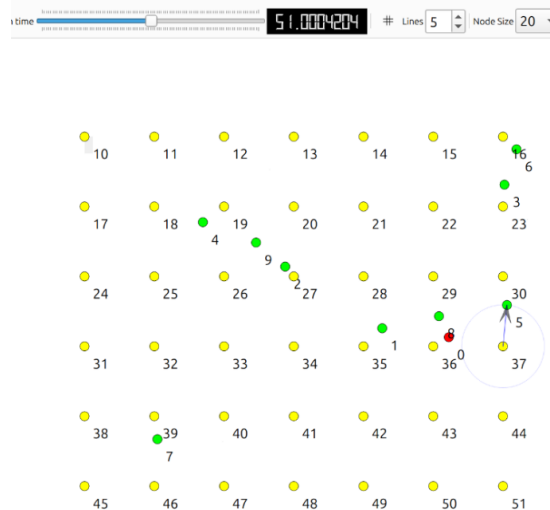
- Xét Car 0 tại thời điểm 50s:



- Khả năng có thể gửi được: 6 node
- Số node nhận được và chuyển đi: 6 node

➔ **PDR: 100%**

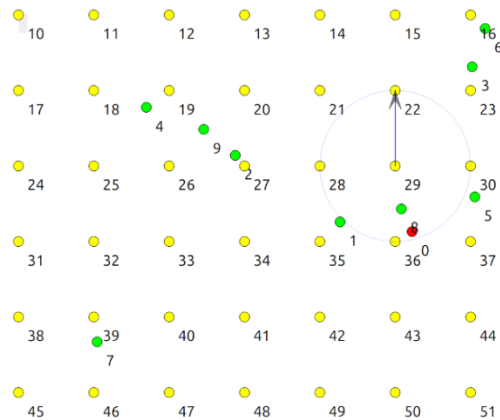
- Xét node RSU 37 tại thời điểm 51s:



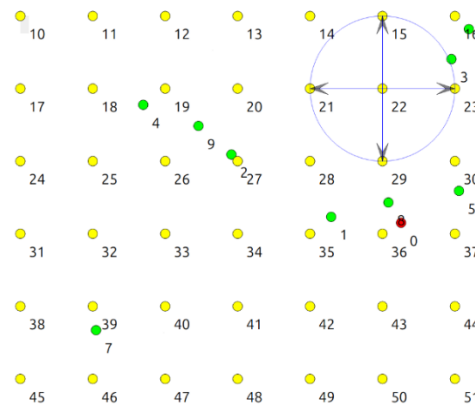
- Khả năng có thể gửi được: 5 node
- Số node nhận được và chuyển đi: 1 node

➔ **PDR: 20%**

- Xét node RSU 29 tại thời điểm 51s:



- Khả năng có thể gửi được: 5 node
 - Số node nhận được và chuyển đi: 1 node
- ➔ **PDR: 20%**
- Xét node RSU 22 tại thời điểm 52s:



- Khả năng có thể gửi được: 4 node
 - Số node nhận được và chuyển đi: 4 node
- ➔ **PDR: 100%**

Coverage Range

- Tổng số RSU trong mô phỏng: 50 node
 - Khả năng tiếp cận đến các node RSU của gói tin: 29 node
- ➔ **Tỉ lệ phủ sóng của mạng: 58% mô hình mạng**

3.3.2 Gửi thông tin theo giao thức AODV

Trường hợp 1: Car 0 bị tai nạn tại 30s

End-to-End delay:

- Xét tại thời điểm Car 0 gửi gói tin đi đến những node gần đó với mục đích truyền cho trung tâm xử lý RSU 10

0.0.0.1	49153	10.0.0.11	80	30	3 kB	67	30	3 kB	0	0 bytes	30.691376
0.0.0.11	80	10.0.0.1	80	14	2 kB	68	14	2 kB	0	0 bytes	30.712374

- Thời điểm Car 0 gửi: 30.691376s
- Thời điểm RSU 10 nhận: 30.712374s
- ➔ **End-to-End delay: 20.998ms**

Packet Delivery Ratio:

- Không xác định được gói UDP nhận được từ Processing center

Coverage Range

- Gói tin thông báo từ Car 0 có thể tiếp cận đến Processing center (RSU 10) và Processing center trả về gói tin xác nhận
- ➔ Gói tin trên mạng có thể tiếp cận được Processing center

Route Discovery Time

- Thời gian car 0 bắt đầu gửi RREQ đến RSU 10: 30.006000s

8340	30.002272	10.0.0.6	10.0.0.255	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.6, O: 10.0.0.6 Hcnt=0 DSN=0 Lifetime=2000
8341	30.002272	10.0.0.6	10.0.0.255	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.6, O: 10.0.0.6 Hcnt=0 DSN=0 Lifetime=2000
8342	30.006000	10.0.0.1	10.0.0.255	AODV	88	Route Request, D: 10.0.0.11, O: 10.0.0.1 Id=1 Hcnt=0 DSN=0 OSN=1
8343	30.006284	10.0.0.1	10.0.0.255	AODV	88	Route Request, D: 10.0.0.11, O: 10.0.0.1 Id=1 Hcnt=0 DSN=0 OSN=1
8344	30.006284	10.0.0.1	10.0.0.255	AODV	88	Route Request, D: 10.0.0.11, O: 10.0.0.1 Id=1 Hcnt=0 DSN=0 OSN=1

- Thời gian RSU 10 gửi RREP về lại car 0: 30.689097s

9078	30.689097	10.0.0.21	10.0.0.1	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.11, O: 10.0.0.1 Hcnt=4 DSN=0 Lifetime=1439
9079	30.689097	10.0.0.21	10.0.0.1	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.11, O: 10.0.0.1 Hcnt=4 DSN=0 Lifetime=1439
9080	30.689097	10.0.0.21	10.0.0.1	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.11, O: 10.0.0.1 Hcnt=4 DSN=0 Lifetime=1439

- ➔ **Route Discovery Time: 683.097ms**

Trường hợp 2: Car 0 bị tai nạn tại 50s

End-to-End delay:

- Xét tại thời điểm Car 0 gửi gói tin đi đến những node gần đó với mục đích truyền cho trung tâm xử lý RSU 10

10.0.0.1	49153	10.0.0.11	80	44	4 kB	74	44	4 kB	0	0 bytes	51.269679
10.0.0.11	80	10.0.0.1	80	15	2 kB	75	15	2 kB	0	0 bytes	51.294796

- Thời điểm Car 0 gửi: 51.269679s
- Thời điểm RSU 10 nhận: 51.294796s
- ➔ **End-to-End delay: 25.117ms**

Packet Delivery Ratio:

- Không xác định được gói UDP nhận được từ Processing center

Coverage Range:

- Gói tin thông báo từ Car 0 có thể tiếp cận đến Processing center (RSU 10) và Processing center trả về gói tin xác nhận
- ➔ Gói tin trên mạng có thể tiếp cận được Processing center

Route Discovery Time:

- Thời gian car 0 bắt đầu gửi RREQ đến RSU 10: 50.005000s

- Thời gian RSU 10 gửi RREP về lại car 10: 51.267469s

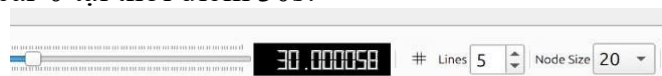
➔ **Route Discovery Time: 1.262469s**

Nhằm mục đích đánh giá mô hình thì nhóm thực hiện tăng số node Car lên thành 50 node

End-to-End delay:

➔ **End-to-End delay: 0.362ms**

Packet Delivery Ratio:



- Khả năng có thể gửi được: 4 node
- Số node nhận được và chuyển đi: 4 node

➔ **PDR: 100%**

Coverage Range

- Tổng số RSU trong mô phỏng: 50 node
- Khả năng tiếp cận đến các node RSU của gói tin: 3 node

➔ **Tỉ lệ phủ sóng của mạng: 6% mô hình mạng**

Trường hợp 2: Gửi thông báo theo giao thức AODV

End-to-End delay:

- Xét tại thời điểm Car 0 gửi gói tin đi đến những node gần đó với mục đích truyền cho trung tâm xử lý RSU 50

10.0.0.1	49153	10.0.0.51	80	42	4 kB	108	42	4 kB	0	0 bytes	30.688688
10.0.0.51	80	10.0.0.1	80	20	2 kB	109	20	2 kB	0	0 bytes	30.706554

- Thời điểm Car 0 gửi: 30.688688s
- Thời điểm RSU 50 nhận: 30.706554s

➔ **End-to-End delay: 17.866ms**

Packet Delivery Ratio:

- Không xác định được gói UDP nhận được từ Processing center

Coverage Range

- Gói tin thông báo từ Car 0 có thể tiếp cận đến Processing center (RSU 50) và Processing center trả về gói tin xác nhận

➔ Gói tin trên mạng có thể tiếp cận được Processing center

Route Discovery Time

- Thời gian car 0 bắt đầu gửi RREQ đến RSU 50: 30.007000s

22931	29.981272	10.0.0.1	10.0.0.255	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.1, O: 10.0.0.1 Hcnt=0 DSN=0 Lifetime=2000
23178	30.007000	10.0.0.1	10.0.0.255	AODV	88	Route Request, D: 10.0.0.51, O: 10.0.0.1 Id=1 Hcnt=0 DSN=0 OSN=1
23179	30.007284	10.0.0.1	10.0.0.255	AODV	88	Route Request, D: 10.0.0.51, O: 10.0.0.1 Id=1 Hcnt=0 DSN=0 OSN=1
23180	30.007284	10.0.0.1	10.0.0.255	AODV	88	Route Request, D: 10.0.0.51, O: 10.0.0.1 Id=1 Hcnt=0 DSN=0 OSN=1

- Thời gian RSU 50 gửi RREP về lại car 0: 30.681943s

24630	30.681943	10.0.0.61	10.0.0.1	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.51, O: 10.0.0.1 Hcnt=4 DSN=0 Lifetime=8390
24631	30.681943	10.0.0.61	10.0.0.1	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.51, O: 10.0.0.1 Hcnt=4 DSN=0 Lifetime=8390
24632	30.681943	10.0.0.61	10.0.0.1	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.51, O: 10.0.0.1 Hcnt=4 DSN=0 Lifetime=8390
24633	30.681943	10.0.0.61	10.0.0.1	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.51, O: 10.0.0.1 Hcnt=4 DSN=0 Lifetime=8390
24634	30.681943	10.0.0.61	10.0.0.1	AODV	84	Route Reply, D: 10.0.0.51, O: 10.0.0.1 Hcnt=4 DSN=0 Lifetime=8390

➔ **Route Discovery Time: 674.943ms**

3.3.4 Phân tích

Thông số	10 Nodes Car - Tai nạn 30s		10 Nodes Car - Tai nạn 50s		50 Nodes Car - Tai nạn 30s	
	Broadcast	AODV	Broadcast	AODV	Broadcast	AODV
End-to-End Delay	0.362 ms	20.998 ms	0.512ms	25.117ms	0.362 ms	17.866ms
Packet Delivery Ratio (PDR)	Car 0: 100% RSU 20: 33.33% RSU 19: 100%	Không xác định	Car 0:100% RSU 37: 20% RSU 29: 20% RSU 22: 100%	Không xác định	Car 0: 100%	Không xác định
Coverage Range	94%	-	58%	-	6%	-
Route Discovery Time	-	683.097 ms	-	1262.47m s	-	674.943ms

End-to-End delay:

- Có thể thấy thông số thông số của End-to-End delay của mô hình ở hai thời điểm khác nhau và khi tăng số node car lên gần như ổn định và có thời gian cụ thể phù hợp cho việc thông báo khẩn cấp.

Packet Delivery Ratio:

- Thông số PDR trong mô hình mạng không ổn định khi từng node có một tỉ lệ không giống nhau và khả năng tùy thuộc vào việc truyền và nhận node.

Coverage Range:

- Trong phương pháp broadcast, thông số này trong mô hình không ổn định vì có sự khác biệt khi số node car ít thì tỉ lệ bao phủ khá cao 94% nhưng khi có nhiều node car hơn thì tỉ lệ này giảm gần một nửa chỉ còn 58%.
- Đối với phương pháp định tuyến với giao thức aodv thì nhiệm vụ quan trọng nhất là truyền được cảnh báo đến Processing center, thì qua các cách tiếp cận nêu trên thì mục tiêu đó đều hoàn thành cho thấy được sự ổn định hơn.

Route Discovery Time:

- Thông số này khá ổn định, với trường hợp 10 node car hay 50 node car ở cùng thời điểm tai nạn là 30s thì có giá trị gần như bằng nhau. Tuy nhiên với trường hợp bị tai nạn ở thời điểm 50s thì có một sự thay đổi, thực chất là do sự khác biệt về khoảng cách của node car 0 so với Processing center. Tại thời điểm 50s thì node car 0 ở xa hơn nên việc RDT dài hơn là hợp lý.