

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



NGUYỄN HOÀNG CHIẾN

**NÂNG CAO HIỆU NĂNG TRONG MẠNG VANET
BẰNG VIỆC CẢI TIẾN PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN
TRUY CẬP**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ HỆ THỐNG THÔNG TIN

Hà Nội – 2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

NGUYỄN HOÀNG CHIẾN

**NÂNG CAO HIỆU NĂNG TRONG MẠNG VANET
BẰNG VIỆC CẢI TIẾN PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN
TRUY CẬP**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ HỆ THỐNG THÔNG TIN

Mã số: 9 48 01 04

**Xác nhận của Học viện
Khoa học và Công nghệ**

Người hướng dẫn

Hà Nội – 2023

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan Luận án Tiến sĩ với tiêu đề "*Nâng cao hiệu năng trong mạng VANET bằng việc cải tiến phương pháp điều khiển truy cập*" là công trình nghiên cứu của riêng tôi dưới sự hướng dẫn của PGS.TS. Phạm Thanh Giang.

Các kết quả, số liệu được trình bày trong luận án là trung thực, một phần đã được công bố trên các Tạp chí và Kỷ yếu Hội thảo khoa học chuyên ngành trong nước và quốc tế. Luận án có tham khảo và sử dụng một số thông tin từ các nguồn sách, tạp chí và luận án được liệt kê trong danh mục tài liệu tham khảo.

Hà Nội, ngày tháng năm 2023

NGHIÊN CỨU SINH

Nguyễn Hoàng Chiến

LỜI CẢM ƠN

Nội dung luận án được thực hiện tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Công nghệ thông tin, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Nghiên cứu sinh xin tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến PGS.TS. Phạm Thanh Giang, người đã tận tình hướng dẫn, định hướng cho quá trình nghiên cứu thực hiện luận án.

Nghiên cứu sinh xin chân thành cảm ơn các ý kiến đóng góp quý báu qua các buổi seminar định kỳ hàng tháng của quý Thầy Cô, các chuyên gia, các NCS trong nhóm nghiên cứu về Công nghệ mạng và Truyền thông tại Viện Công nghệ thông tin.

Nghiên cứu sinh xin chân thành cảm ơn Lãnh đạo Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Công nghệ thông tin, Phòng Tin học Viễn thông đã tạo điều kiện thuận lợi cho việc nghiên cứu thực hiện luận án.

Nghiên cứu sinh xin chân thành cảm ơn lãnh đạo Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp, Bộ Công Thương cũng như các đồng nghiệp tại Khoa Công nghệ thông tin đã tạo điều kiện và giúp đỡ tôi hoàn thành luận án nghiên cứu của mình.

Cuối cùng là sự biết ơn sâu sắc tới gia đình đã luôn chia sẻ, cảm thông, khích lệ tinh thần để tôi hoàn thành luận án này.

NGHIÊN CỨU SINH

Nguyễn Hoàng Chiến

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ	xiii
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	xv
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ MẠNG VANET	8
1.1 Giới thiệu mạng không dây Ad hoc	8
1.2 Giới thiệu mạng VANET	10
1.2.1 Kiến trúc của VANET	12
1.2.2 Các mô hình truyền thông trong VANET	13
1.2.3 Đặc điểm của mạng VANET	14
1.2.4 Các ứng dụng trong mạng VANET	15
1.2.5 Yêu cầu của VANET	17
1.2.6 Thách thức trong mạng VANET	18
1.3 Các thành phần giao thức trong VANET	18
1.3.1 Lớp vật lý trong IEEE 802.11p	20
1.3.2 Lớp MAC trong IEEE 802.11p	21
1.3.3 Giao thức IEEE 1609.4	28
1.4 Hiệu năng mạng VANET	30
1.4.1 Khái niệm về hiệu năng	30
1.4.2 Các độ đo hiệu năng mạng	30
1.4.3 Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng	31
1.4.4 Phương pháp đánh giá hiệu năng trong mạng VANET	35
1.5 Kết luận Chương 1	38
CHƯƠNG 2. PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TẮC NGHÈN TRONG MẠNG VANET	39

2.1 Điều khiển tắc nghẽn trong mạng VANET.....	39
2.1.1 Nguyên lý điều khiển tắc nghẽn.....	39
2.1.2 Kiến trúc điều khiển tắc nghẽn xuyên lớp	40
2.1.3 Phương pháp phát hiện tắc nghẽn	41
2.1.4 Phương pháp điều khiển tắc nghẽn	42
2.2 Một số vấn đề điều khiển tắc nghẽn còn tồn tại đối với cơ chế truyền quảng bá trong mạng VANET	44
2.3 Hướng tiếp cận giải quyết vấn đề điều khiển tắc nghẽn	46
2.3.1 Hướng tiếp cận theo phương pháp dựa trên tốc độ truyền	46
2.3.2 Hướng tiếp cận theo phương pháp dựa trên công suất	48
2.3.3 Hướng tiếp cận theo phương pháp dựa trên CSMA/CA.....	50
2.3.4 Hướng tiếp cận theo phương pháp dựa trên độ ưu tiên và lập lịch....	51
2.3.5 Hướng tiếp cận theo phương pháp lai	53
2.3.6 Một số phân tích và đánh giá	56
2.4 Hướng tiếp cận và định hướng nghiên cứu của luận án.....	58
2.5 Kết luận Chương 2	60
CHƯƠNG 3. ĐIỀU KHIỂN CỬA SỔ TƯƠNG TRANH THÍCH ỨNG ĐỂ CẢI THIỆN TỶ LỆ NHẬN THÀNH CÔNG CÁC THÔNG BÁO AN TOÀN TRONG MẠNG VANET	61
3.1 Đặt vấn đề.....	61
3.2 Một số nghiên cứu liên quan.....	63
3.3 Giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng ACWC.....	67
3.3.1 Phương pháp giám sát lưu lượng quảng bá trong mạng	67
3.3.2 Cấu trúc dữ liệu ghi nhận lưu lượng quảng bá trong mạng	70
3.3.3 Phương pháp tính tỷ lệ nhận	71
3.3.4 Thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng	72
3.4 Mô phỏng và kết quả.....	75
3.4.1 Thiết lập mô hình mạng và tham số mô phỏng.....	75
3.4.2 Các độ đo hiệu năng.....	78
3.4.3 Phân tích và đánh giá kết quả mô phỏng	80
3.5 Kết luận Chương 3	83

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ CỬA SỔ TƯƠNG TRANH TRƯỢT THÍCH ỨNG ĐỂ GIẢM THIỂU TỶ LỆ XUNG ĐỘT THÔNG BÁO AN TOÀN TRONG MẠNG VANET	84
4.1 Đặt vấn đề.....	84
4.2 Một số nghiên cứu liên quan	85
4.3 Giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng ASCWC	90
4.3.1 Cơ chế điều khiển truy cập ưu tiên	91
4.3.2 Thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng.....	93
4.4 Đánh giá kết quả bằng mô phỏng.....	95
4.4.1 Các tham số mô phỏng.....	95
4.4.2 Các độ đo hiệu năng	98
4.4.3 Kết quả mô phỏng	99
4.4.4 Phân tích kết quả mô phỏng	107
4.5 Kết luận Chương 4	108
KẾT LUẬN	110
CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ	112
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	113
PHỤ LỤC	124

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Nghĩa tiếng Anh	Nghĩa tiếng Việt
AC	Access Category	Danh mục truy cập
ACK	ACKnowledgement	Xác nhận
ACS	Awareness Control Strategy	Phương pháp điều khiển nhận thức
ACWC	Adaptive Contention Window Control	Điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng
AIFS	Arbitration InterFrame Space	Khoảng thời gian giữa các khung tin dữ liệu
AIFSN	Arbitration InterFrame Space Number	Số khoảng thời gian giữa các khung tin trọng tài
AMRC	Adaptive Message Rate Control	Điều khiển tốc độ thông báo thích ứng
AN	Actual Number	Số thực tế
ASCWC	Adaptive Sliding Contention Window Control	Điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng
AOS	Adaptable Offset Slot	Khe dịch chuyên thích ứng
AP	Access Point	Điểm truy nhập
AT	ATtenuation	Sự suy giảm
ATB	Adaptive Traffic Beacon	Tín hiệu giao thông thích ứng
AVOCA	A Vehicle Oriented Congestion Control Algorithm	Thuật toán điều khiển tắc nghẽn hướng phương tiện
AWT	Average Waiting Time	Thời gian chờ trung bình
BE	Best Effort	Nỗ lực tối đa, ký hiệu một kiểu dữ liệu đa phương tiện trong IEEE 802.11e
BEB	Binary Exponential Backoff	Thủ tục quay lui hàm mũ nhị phân
BK	BacKground	nền, ký hiệu một kiểu dữ liệu đa phương tiện trong IEEE 802.11e
BPSK	Binary Phase Shift Keying	Điều chế pha nhị phân

BRR	Beacon Reception Rate	Tỷ lệ tiếp nhận tín hiệu
BSS	Basic Service Set	Bộ dịch vụ cơ sở
BSSID	Basic Service Set Identifier	Định danh bộ dịch vụ cơ sở
CABS	Context Aware Beacon Scheduling	Lập lịch tín hiệu theo ngữ cảnh
CBR	Channel Busy Ratio	Tỷ lệ kênh truyền bận
CCA	Clear Channel Assessment	Xác định kênh rỗi
CCH	Control Channel	Kênh điều khiển
CDMA	Code Division Multiple Access	Truy nhập kênh phân chia theo mã
C2C-CC	Car to Car Communication	Hiệp hội truyền thông giữa xe với xe
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance	Điều khiển đa truy nhập cảm nhận sóng mang có tránh xung đột
CMDI	Channel Monitoring and Decision Interval	Khoảng thời gian quyết định và giám sát kênh truyền
CS	Channel State	Trạng thái kênh
CR	Collision Rate	Tỷ lệ xung đột
CTS	Clear To Send	Gói tin thông báo sẵn sàng để truyền
CW	Contention Window	Cửa sổ tương tranh
DA	Destination Address	Địa chỉ đích
DBM-ACW	Density Based Method for Adjusting the CW size	Phương pháp dựa trên mật độ để điều chỉnh kích thước CW
DCF	Distributed Coordination Function	Chức năng cộng tác phân tán
DIFS	DCF InterFrame Space	Khe trống thời gian DCF
DITRAC	Dynamic Integrated TRANsmiSSion Control	Điều khiển truyền tích hợp động
DS	Distributed System	Hệ thống phân tán
DSRC	Dedicated Short Range Communication	Công nghệ truyền thông tầm ngắn chuyên dụng

DFPAV	Distributed Fair Power Adjustments for Vehicular environments	Điều chỉnh công suất công bằng phân tán cho môi trường phương tiện
EDCA	Enhanced Distributed Channel Access	Truy cập kênh truyền phân tán nâng cao
EIFS	Extended InterFrame Space	Khe trống thời gian mở rộng
EOSP	End of Service Period	Kết thúc chu kỳ dịch vụ
ESA	Event-driven Safety Applications	Các ứng dụng an toàn hướng sự kiện
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Viện tiêu chuẩn viễn thông châu âu
FCC	Federal Communications Commission	Ủy ban truyền thông liên bang
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Truy nhập kênh phân chia theo tần số
FDF	First Deadline First	Thời hạn đầu tiên
FEC	Forward Error Correction	Sửa lỗi chuyển tiếp
FFT	Fast Fourier Transform	Biến đổi Fourier nhanh
FIFO	First In First Out	Vào trước ra trước
FPAV	Fair Power Adjustment for Vehicular environment	Điều chỉnh công suất công bằng trong môi trường phương tiện
GNSS	Global Navigation Satellite System	Hệ thống dẫn đường bằng vệ tinh toàn cầu
GSM	Global System for Mobile Communication	Hệ thống toàn cầu cho truyền thông di động
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu
GPRS	General Packet Radio Service	Dịch vụ chuyển mạch gói tổng hợp
HCCA	HCF Controlled Channel Access	Truy cập kênh được điều khiển bởi HCF
HCF	Hybrid Coordination Function	Chức năng điều khiển lai
HS	HotSpot	Điểm phát sóng

HVC	Hybrid Vehicle Communication	Truyền thông phương tiện lai
IBSS	Independent Basic Service Set	Tập dịch vụ cơ sở độc lập
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Viện Kỹ nghệ Điện và Điện tử
IFS	Inter Frame Space	Khoảng cách giữa các khung tin
IPTV	Internet Protocol Television	Truyền hình giao thức Internet
ISI	Inter-Symbol Interference	Nhiều liên ký hiệu
ITS	Intelligent Transportation System	Hệ thống giao thông thông minh
IVC	Inter-Vehicle Communication	Truyền thông giữa phương tiện với phương tiện
LB	Lower Bound	Giới hạn dưới
LBB	Location Based Broadcast	Giao thức truyền quảng bá dựa trên vị trí
LLC	Logical Link Control	Điều khiển liên kết logic
LTSF	Longest Total Stretch First	Tổng thời gian dài nhất đầu tiên
LWT	Longest Wait Time	Thời gian chờ lâu nhất
MAC	Media Access Control	Điều khiển truy cập môi trường
MANET	Mobile Ad hoc Network	Mạng di động phi cấu trúc
MIVC	Multihop Inter-Vehicle Communication	Truyền thông giữa phương tiện với phương tiện đa chặng
MOVE	Mobility Model Generator for Vehicular Networks	Khởi tạo mô hình di động cho mạng phương tiện
MSDU	MAC Service Data Unit	Đơn vị dữ liệu dịch vụ MAC
MQIF	Maximum Quality Increment First	Tăng chất lượng tối đa đầu tiên
MRF	Maximum Request First	Yêu cầu đầu tiên lớn nhất
NAV	Network Allocation Vector	Véc tơ phân bổ mạng
NS	Network Simulator	Mô phỏng mạng
OBU	On-Board Unit	Thiết bị trên phương tiện

ODRC	On-Demand Rate Control	Điều khiển tốc độ theo yêu cầu
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Đa sóng mang phân chia theo tần số trực giao
OSI	Open Systems Interconnection	Mô hình liên kết các hệ thống mở
PCF	Point Coordination Function	Chức năng cộng tác điểm
PHY	PHYsical	Lớp vật lý
PIFS	PCF Interframe Space	Khe trống thời gian PCF
PLCP	Physical Layer Convergence Procedure	Giao thức hội tụ lớp vật lý
PRI	PRIority	Độ ưu tiên
PSA	Periodic Safety Applications	Các ứng dụng an toàn định kỳ
PF	Persistence Factor	Hệ số bền vững
PT	Power Transfer	Công suất truyền
PULSAR	Periodically Updated Load Sensitive Adaptive Rate	Tốc độ thích ứng tải nhạy cảm với tải được cập nhật định kỳ
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Điều chế biên độ trực giao
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Điều chế pha trực giao
RA	Receiver Address	Địa chỉ máy thu
RR	Received Rate	Tỷ lệ nhận
RSU	Road Side Unit	Thiết bị kết nối bên đường
RVC	Roadside-Vehicle Communication	Truyền thông giữa phương tiện với kết nối bên đường
RTS	Request To Send	Gói tin gửi yêu cầu để truyền
RTT	Round Trip Time	Thời gian khứ hồi
RX	Receiver	Máy thu
SA	Source Address	Địa chỉ nguồn
SCH	Service channel	Kênh dịch vụ

SDF	Smallest Data-size First	Kích thước dữ liệu nhỏ nhất đầu tiên
SF	Sliding Factor	Hệ số trượt
SIFS	Short InterFrame Space	Khe trống thời gian ngắn
SIVC	Single-hop Inter-Vehicle Communication	Truyền thông giữa phương tiện với phương tiện đơn chặng
SN	Sequence Number	Số trình tự
SNR	Signal-to Noise Ratio	Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu
SR-CSMA	Safety Rang-CSMA	Khoảng an toàn CSMA
SRVC	Sparse Roadside-Vehicle Communication	Truyền thông giữa phương tiện với kết nối bên đường không phổ biến
STA	STAion	Trạm
SUMO	Simulation of Urban Mobility	Mô phỏng di động đô thị
TA	Transmitter Address	Địa chỉ máy phát
TCP	Transmission Control Protocol	Giao thức tầng giao vận hướng kết nối
TDMA	Time Division Multiple Access	Truy cập kênh phân chia theo thời gian
TID	Traffic Identifier	Định danh lưu lượng truy cập
TN	Total Number	Tổng số
TTL	Time-To-Live	Thời gian tồn tại
TXOP	Tranmission Opportunity	Cơ hội truyền
UB	Upper Bound	Giới hạn trên
UBPFCC	Utility-Based Packet Forwarding and Congestion Control	Điều khiển tắc nghẽn và chuyển tiếp gói tin dựa trên tiện ích
UMB	Urban MultiHop Broadcast	Truyền quảng bá đa chặng đô thị
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System	Hệ thống viễn thông di động toàn cầu
URVC	Ubiquitous Roadside-Vehicle Communication	Truyền thông giữa phương tiện với kết nối bên đường phổ biến
VANET	Vehicular Ad hoc Network	Mạng phương tiện phi cấu trúc

VC	Vehicular Communication	Truyền thông phương tiện
VCWC	Vehicular Collision Warning Communication	Giao thức truyền cảnh báo xung đột phương tiện
VI	Video	Video, ký hiệu một kiểu dữ liệu đa phương tiện trong IEEE 802.11e
VO	VOice	VOice, ký hiệu một kiểu dữ liệu đa phương tiện trong IEEE 802.11e
VoIP	Voice over Internet Protocol	Truyền tiếng nói trên mạng IP
V2I	Vehicle to Infrastructure	Phương tiện tới cơ sở hạ tầng
V2V	Vehicle to Vehicle	Phương tiện tới phương tiện
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environments	Truy cập không dây trong môi trường phương tiện
WLAN	Wireless Local Area Network	Mạng không dây cục bộ
WSD	WAVE-Enhanced Safety Message Delivery	Phân phối thông báo an toàn nâng cao WAVE
WSA	WAVE Service Advertisement	Quảng cáo dịch vụ WAVE
WSM	WAVE Short Message	Thông báo ngắn WAVE

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Kiến trúc hệ thống VANET [37].....	12
Hình 1.2 Các mô hình truyền thông trong VANET [39].....	13
Hình 1.3 Mô hình hoạt động của các giao thức WAVE [4].....	19
Hình 1.4 Kênh được phân phối bởi DSRC [7].....	20
Hình 1.5 Cơ chế EDCA trong một trạm [46].....	23
Hình 1.6 Cơ chế truy cập EDCA cơ sở [46].....	24
Hình 1.7 Định dạng khung MAC [43].....	26
Hình 1.8 Trường Frame Control [43].....	26
Hình 1.9 Trường Address [43].....	27
Hình 1.10 Trường điều khiển QoS [43].....	28
Hình 1.11 Kiến trúc nội bộ của WAVE với MAC hoạt động đa kênh [7].....	29
Hình 1.12 Khoảng thời gian CCH và SCH [7].....	30
Hình 1.13 Quy trình tích hợp các phần mềm MOVE, SUMO, NS2 [60].....	38
Hình 2.1 Kiến trúc điều khiển tắc nghẽn xuyên lớp trong VANET [62].....	40
Hình 2.2 Thủ tục truyền gói tin trong lớp MAC của tiêu chuẩn WAVE [62].....	42
Hình 2.3 Tốc độ truyền thích ứng [65].....	47
Hình 2.4 Nguyên tắc hoạt động của phương pháp AOS [25].....	51
Hình 2.5 Kiến trúc hàng đợi trong mỗi phương tiện [78].....	53
Hình 2.6 Phương pháp ưu tiên các thông báo và kiểm soát tắc nghẽn [78].....	55
Hình 2.7 Mô hình so sánh hai giải pháp đề xuất.....	58
Hình 3.1 Trường điều khiển trình tự.....	69
Hình 3.2 Khung tin nhận được tại nút A.....	70
Hình 3.3 Cấu trúc dữ liệu trong bảng.....	70
Hình 3.4 Sơ đồ khối giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng ACWC.....	73
Hình 3.5 Kịch bản mô phỏng đường cao tốc trong VANET [17].....	76
Hình 3.6 Tỷ lệ nhận của toàn bộ lưu lượng truy cập.....	80
Hình 3.7 Tỷ lệ nhận lưu lượng Priority 1.....	81
Hình 3.8 Tỷ lệ nhận lưu lượng Priority 3.....	81
Hình 3.9 Độ trễ truy cập.....	82
Hình 4.1 Cơ chế điều khiển cửa sổ tương tranh trượt.....	92

Hình 4.2 Sơ đồ khối giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng ASCW 93	
Hình 4.3 Tỷ lệ xung đột của toàn bộ lưu lượng truy cập trong mô hình đường cao tốc đô thị.....	99
Hình 4.4 Tỷ lệ xung đột Priority 1 trong mô hình đường cao tốc đô thị.....	100
Hình 4.5 Tỷ lệ xung đột Priority 2 trong mô hình đường cao tốc đô thị.....	100
Hình 4.6 Tỷ lệ xung đột Priority 3 trong mô hình đường cao tốc đô thị.....	101
Hình 4.7 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 1 trong mô hình đường cao tốc đô thị ...	101
Hình 4.8 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 2 trong mô hình đường cao tốc đô thị ...	102
Hình 4.9 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 3 trong mô hình đường cao tốc đô thị ...	102
Hình 4.10 Tỷ lệ xung đột của toàn bộ lưu lượng truy cập trong mô hình đường cao tốc nông thôn	103
Hình 4.11 Tỷ lệ xung đột Priority 1 trong mô hình đường cao tốc nông thôn.....	104
Hình 4.12 Tỷ lệ xung đột Priority 2 trong mô hình đường cao tốc nông thôn.....	104
Hình 4.13 Tỷ lệ xung đột Priority 3 trong mô hình đường cao tốc nông thôn.....	105
Hình 4.14 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 1 trong mô hình đường cao tốc nông thôn ..	105
Hình 4.15 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 2 trong mô hình đường cao tốc nông thôn ..	106
Hình 4.16 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 3 trong mô hình đường cao tốc nông thôn ..	106

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1 Các ứng dụng an toàn có độ ưu tiên cao trong VANET	16
Bảng 1.2 Các ứng dụng dịch vụ trong VANET	17
Bảng 1.3 Các tham số PHY khác biệt chính giữa IEEE 802.11p và IEEE 802.11a	21
Bảng 1.4 Danh mục truy cập trong chuẩn IEEE 802.11p	23
Bảng 1.5 Các giá trị bổ sung Type và Subtype của chuẩn 802.11p	27
Bảng 1.6 Các giá trị thay đổi To DS và From DS của chuẩn 802.11p.....	27
Bảng 2.1 So sánh giữa các phương pháp điều khiển tắc nghẽn khác nhau trong VANET	56
Bảng 3.1 Mức độ ưu tiên của các loại thông báo trong VANET	68
Bảng 3.2 Thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng	73
Bảng 3.3 Tham số mạng.....	76
Bảng 3.4 Các tham số luồng dữ liệu ưu tiên trong mô phỏng.....	77
Bảng 3.5 Tải kênh cho mỗi kịch bản mô phỏng.....	78
Bảng 4.1 Tham số luồng dữ liệu ưu tiên	92
Bảng 4.2 Thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng.....	94
Bảng 4.3 Tham số mạng	96
Bảng 4.4 Tải kênh cho mỗi kịch bản mô phỏng.....	98

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Ngày nay, mạng Internet đã trở thành nền tảng chính cho sự trao đổi thông tin trên toàn cầu, có thể thấy một cách rõ ràng là Internet đã và đang tác động lên nhiều mặt của đời sống chúng ta từ việc tìm kiếm thông tin, trao đổi dữ liệu, thương mại, học tập nghiên cứu và làm việc trực tuyến, ... Ứng dụng của Internet đã đóng góp rất nhiều trong cuộc sống của con người trên tất cả các lĩnh vực từ khoa học kỹ thuật, kinh tế, đời sống, văn học và nghệ thuật, đồng thời đưa con người tới gần nhau hơn giúp chúng ta có thể giải quyết công việc một cách nhanh chóng.

Trong một vài thập niên trở lại đây ngành giao thông vận tải là một trong những ngành phát triển mạnh mẽ nhất, đóng vai trò quan trọng trong cuộc sống của con người, giúp con người tiết kiệm rất nhiều thời gian và sức lực. Tuy nhiên cũng phải kể đến vấn đề tai nạn giao thông, tình trạng tắc nghẽn phương tiện xảy ra liên tục mà một trong những nguyên nhân lớn là sự chủ quan của các tài xế và người đi đường. Để giải quyết được vấn đề này cần có một hệ thống được tích hợp sẵn trên các phương tiện tham gia giao thông, các thiết bị này phải hoạt động một cách tự động và có thể liên lạc được với nhau để hỗ trợ người điều khiển phương tiện một cách tốt nhất. Theo khía cạnh này, một vài dịch vụ di động mới với các ứng dụng có hiệu quả kinh tế cho các mạng giao thông đã được nghiên cứu, đặt nền tảng cho hệ thống giao thông thông minh - ITS (Intelligent Transportation Systems) ra đời [1].

Mạng phương tiện phi cấu trúc – VANET (Vehicular Ad hoc Network) được sử dụng trong ITS để điều khiển truyền thông không dây trong môi trường phương tiện. VANET được thiết kế để cung cấp một môi trường truyền thông tin cậy và an toàn cho người dùng bằng cách giảm thiểu tai nạn giao thông, tắc đường và tiêu hao nhiên liệu, ... Người dùng trong mạng VANET có thể nhận được thông báo về các tình huống khẩn cấp bằng cách truyền thông giữa các phương tiện và trao đổi thông tin với môi trường xung quanh. VANET là một trường hợp đặc biệt của mạng di động phi cấu trúc - MANETs (Mobile Ad hoc Networks). Các phương tiện trong VANET tương tự như các nút di động trong MANET. Mặc dù VANET kế thừa hầu hết các đặc tính của MANET, nhưng VANET vẫn có một số đặc tính riêng biệt như tính di động cao, cấu trúc mạng

thay đổi nhanh chóng, mật độ phương tiện cao, mô hình di động hạn chế, năng lượng không giới hạn, ... [2 - 4]. Những đặc tính này tạo ra nhiều thách thức trên tất cả các lớp mạng khác nhau. Trong mạng VANET, giao thức IEEE 802.11p đã được chấp thuận là tiêu chuẩn hỗ trợ các ứng dụng giao thông thông minh. Trong chuẩn IEEE 802.11p, lớp vật lý – PHY (Physical) và phân lớp điều khiển truy cập môi trường - MAC (Media Access Control) là hai thành phần quan trọng có tính chất quyết định đến việc sử dụng kênh truyền giữa các luồng dữ liệu [5 - 7]. Trong những năm gần đây, một lĩnh vực đang được cộng đồng nghiên cứu quan tâm là đi sâu giải quyết những bài toán then chốt tại phân lớp MAC trong chuẩn IEEE 802.11p nhằm cải thiện hiệu năng và nâng cao chất lượng dịch vụ cho các ứng dụng trong mạng VANET. Bài toán trong phân lớp này bao hàm nhiều vấn đề cần giải quyết trong VANET với các ràng buộc phức tạp về mặt kỹ thuật. Trong đó vấn đề được quan tâm nhiều nhất là điều khiển tắc nghẽn gây ra bởi sự tranh chấp tài nguyên và xung đột truyền thông giữa các phương tiện và giữa các luồng lưu lượng dữ liệu trong mạng. Như vậy, bằng cách tăng mật độ phương tiện, tỷ lệ xung đột trên kênh tăng lên dẫn đến xảy ra tắc nghẽn trong mạng. Sự xuất hiện tắc nghẽn làm tăng độ trễ và tỷ lệ mất gói tin (đặc biệt là các thông báo an toàn) dẫn đến giảm hiệu năng của mạng VANET. Để đảm bảo tăng độ tin cậy và cải thiện hiệu suất của VANET thì cần có cơ chế hỗ trợ chất lượng dịch vụ - QoS (Quality of Service). Điều khiển tắc nghẽn là cách hiệu quả được sử dụng để hỗ trợ QoS. Bằng cách điều khiển tắc nghẽn, độ trễ và tỷ lệ mất gói tin được kiểm soát do đó hiệu năng của VANET có thể được cải thiện nhằm tạo ra một môi trường an toàn và đáng tin cậy hơn cho người dùng VANET [8 - 12].

Do đó các phương pháp mới cần được phát triển để nâng cao hiệu năng trong mạng VANET bằng phương pháp điều khiển tắc nghẽn, đặc biệt là trong các tình huống khẩn cấp khi đó các thông báo an toàn phải được truyền đi một cách nhanh chóng mà không bị mất gói tin và độ trễ đáng kể nào.

2. Động lực nghiên cứu

Do các đặc tính riêng biệt của VANET, có nhiều phương pháp điều khiển tắc nghẽn khác nhau trong VANET. Sự tắc nghẽn thường được kiểm soát tại lớp MAC trong VANET theo các cách khác nhau như điều chỉnh tốc độ truyền, điều chỉnh công suất truyền, xác định kích thước cửa sổ tranh và khoảng thời gian giữa các khung tin

dữ liệu - AIFS (Arbitration InterFrame Space) và sắp xếp thứ tự ưu tiên và lập lịch cho các thông báo [13 - 21]. Tuy nhiên, các phương pháp điều khiển tắc nghẽn trong VANET phải đối mặt với một số vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện, cụ thể như sau:

Tỷ lệ mất gói tin có thể xảy ra do tắc nghẽn trong các kênh truyền. Tuy nhiên, việc ước tính tỷ lệ mất gói tin do tắc nghẽn là một nhiệm vụ đầy thách thức trong VANET. Nguyên nhân ảnh hưởng đến tỷ lệ mất gói tin trong VANET có thể là kết quả của việc mất kết nối kênh truyền trong lớp vật lý, lỗi trong lớp liên kết dữ liệu, thay đổi định tuyến động trong lớp mạng, lỗi giao thức vận chuyển và các kết nối fading do chuyển vùng. Do đó, việc phân biệt giữa các loại gói tin bị mất khác nhau có thể tăng hiệu quả để cải thiện hiệu năng của VANET [22, 23].

Giao thức điều khiển đa truy nhập cảm nhận sóng mang có tránh xung đột - CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) được sử dụng để truy cập kênh truyền theo tiêu chuẩn IEEE 802.11p WAVE. Giao thức này được sử dụng để điều khiển tắc nghẽn trong VANET bằng cách sử dụng cơ chế backoff. Tuy nhiên cơ chế không hiệu quả để truyền tốc độ cao các thông báo cảnh báo trong trường hợp mật độ phương tiện tăng cao, đặc biệt là khi các thông báo này hết thời gian chờ có thể dẫn đến việc hủy bỏ các gói tin trước khi chúng được truyền [24 - 26].

Trong mạng VANET, phát hiện tắc nghẽn có thể được tiến hành bằng phương pháp truyền lại một số gói tin. Tuy nhiên, điều này không phải là một cách tiếp cận hiệu quả trong VANET do tính di động cao của các nút và tốc độ thay đổi cấu trúc liên kết mạng cao. Ngoài ra, nó dẫn đến tăng tải kênh truyền và làm gia tăng tắc nghẽn. Trong VANET, việc phát hiện tắc nghẽn cũng có thể được thực hiện bằng cách tăng sự tương tác giữa các phương tiện nhưng điều này cũng dẫn đến việc làm tăng tải kênh truyền và xung đột trong mạng [13, 26 - 29].

Một số phương pháp điều khiển tắc nghẽn bằng cách bổ sung một số byte vào các gói tin, hoặc tạo ra các gói tin bổ sung để thông báo cho các phương tiện về tình hình tắc nghẽn. Các byte hoặc gói tin bổ sung này làm tăng tải kênh truyền và dẫn đến tắc nghẽn. Vì vậy, mặc dù các chiến lược điều khiển tắc nghẽn này đang cố gắng giảm thiểu và kiểm soát tắc nghẽn trong mạng, chúng làm tăng kích thước gói tin, gây bão truyền quảng bá và do đó làm gia tăng tắc nghẽn trong mạng [30]. Các chiến lược dựa

trên ngưỡng cũng có thể phải đối mặt với một số thách thức để điều khiển tắc nghẽn vì hiệu năng của các chiến lược này bị ảnh hưởng bởi giá trị ban đầu của các ngưỡng [31].

Qua những vấn đề mang tính kỹ thuật được phân tích ở trên, cho thấy đây không phải là những đặc điểm duy nhất của VANET, nhưng chúng đại diện cho một số vấn đề cơ bản mang tính cấp thiết cần được nghiên cứu, cải tiến các phương pháp điều khiển tắc nghẽn. Mục đích là nâng cao hiệu năng mạng trong hệ thống giao thông thông minh.

3. Mục tiêu của luận án

Trên cơ sở phân tích tính cấp thiết và động lực nghiên cứu, nghiên cứu sinh lựa chọn đề tài “*Nâng cao hiệu năng trong mạng VANET bằng việc cải tiến phương pháp điều khiển truy cập*”. Để đảm bảo tính khả thi trong nghiên cứu với điều kiện giới hạn về thời gian, hạ tầng trang thiết bị hiện có, nghiên cứu sinh xác định mục tiêu chính của luận án là nghiên cứu, đề xuất mới cải tiến phương pháp điều khiển tắc nghẽn tại lớp MAC nhằm nâng cao hiệu năng trong mạng VANET. Các đề xuất cải tiến tập trung vào việc điều chỉnh thích ứng kích thước cửa sổ tương tranh - CW (*Contention Window*) và tối ưu hóa các tham số QoS để truyền quảng bá hiệu quả nhằm tăng tỷ lệ nhận, duy trì phân biệt theo độ ưu tiên và giảm tỷ lệ xung đột của các lưu lượng thông báo an toàn. Các đề xuất cải tiến được cụ thể hóa bằng các nội dung chính sau đây:

1. Đề xuất phương pháp điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng nhằm cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn trong mạng VANET.
2. Đề xuất phương pháp điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng để nâng cao duy trì phân tách riêng biệt giữa các luồng dữ liệu ưu tiên khác nhau và giảm thiểu tỷ lệ xung đột thông báo an toàn trong mạng VANET.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Nâng cao hiệu năng trong mạng VANET là một chủ đề nghiên cứu rất rộng và phức tạp. Để hoàn thành mục tiêu nghiên cứu, luận án tập trung vào các đối tượng và phạm vi trong mạng VANET như sau:

1. Đối tượng nghiên cứu:
 - a. Tầng điều khiển truy cập môi trường truyền MAC trong chuẩn 802.11
 - b. Cơ chế điều khiển truy cập kênh truyền phân tán nâng cao IEEE 802.11p EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)

2. Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu giải pháp điều khiển thích ứng kích thước cửa sổ tương tranh trong cơ chế truy nhập kênh truyền phân tán nâng cao IEEE 802.11p EDCA, và tối ưu hóa các tham số QoS để truyền quảng bá hiệu quả cho các luồng lưu lượng thông báo an toàn nhằm nâng cao hiệu năng mạng.

5. Phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện mục tiêu nghiên cứu đã đề ra, tác giả luận án sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết và mô phỏng cụ thể như sau:

1. *Nghiên cứu lý thuyết*: Luận án nghiên cứu và tổng hợp các công trình liên quan đến điều khiển tắc nghẽn tại lớp MAC nhằm nâng cao hiệu năng trong mạng VANET đã công bố trong và ngoài nước. Đồng thời luận án tập trung phân tích chi tiết ưu và nhược điểm để phát hiện vấn đề còn tồn tại nhằm đề xuất giải pháp cải tiến phù hợp.

2. *Mô phỏng*: Luận án đánh giá kết quả bằng việc sử dụng kết hợp các phần mềm mô phỏng mạng Network Simulator (NS-2.35), SUMO, MOVE để xây dựng kịch bản mô phỏng trong mạng VANET. Để kết quả được đánh giá khách quan, luận án mô phỏng trên nhiều kịch bản khác nhau với nhiều tham số khác nhau gắn với các điều kiện mạng VANET trong thực tế. Thông qua kết quả mô phỏng, luận án đánh giá hiệu quả đạt được về việc nâng cao hiệu năng mạng, đưa ra nhận định ưu điểm và nhược điểm của giải pháp đề xuất.

6. Bố cục luận án

Luận án được bố cục gồm 3 phần là Mở đầu, Nội dung, Kết luận và hướng phát triển của đề tài. Trong đó:

Phần mở đầu: Tập trung phân tích tính cấp thiết và động lực nghiên cứu của luận án, từ đó xác định mục tiêu nghiên cứu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu cũng như phương pháp nghiên cứu của luận án.

Chương 1: Nghiên cứu tổng quan về mạng VANET

Nội dung chương này hệ thống hóa lại những định nghĩa, khái niệm cơ bản mạng không dây Ad hoc và mạng VANET. Trong đó tập trung phân tích các thành phần giao thức tại lớp PHY và lớp MAC, các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng trong mạng và phương pháp đánh giá hiệu năng trong mạng VANET.

Chương 2: Phân tích, đánh giá phương pháp điều khiển tắc nghẽn trong mạng VANET

Nội dung chương thực hiện phân tích ảnh hưởng của tắc nghẽn đến hiệu năng mạng, kiến trúc điều khiển tắc nghẽn xuyên lớp, phân loại các phương pháp điều khiển tắc nghẽn và xác định các vấn đề điều khiển tắc nghẽn còn tồn tại trong mạng VANET. Phân tích và đánh giá các hướng tiếp cận khác nhau giải quyết vấn đề điều khiển tắc nghẽn đã đạt được trong các nghiên cứu liên quan trong nước và ngoài nước. Đây là cơ sở để luận án xác định hướng tiếp cận và định hướng nghiên cứu từ đó đưa ra các đề xuất mới với mục tiêu nâng cao hiệu năng trong mạng VANET.

Chương 3: Điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng nhằm cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn trong mạng VANET

Nội dung của chương trình bày cơ chế phối hợp truyền quảng bá mới với mục đích là điều khiển thích ứng kích thước CW giúp cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn. Sử dụng kết hợp các công cụ mô phỏng trong VANET để xây dựng kịch bản mô phỏng trong các điều kiện khác nhau của mạng nhằm đánh giá tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn so với cơ chế mặc định trong tiêu chuẩn 802.11p. Kết quả mô phỏng đã chứng minh rằng cơ chế được đề xuất cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn tốt hơn so với cơ chế gốc trong tiêu chuẩn 802.11p.

Chương 4: Thiết kế cửa sổ tương tranh trượt thích ứng để giảm thiểu tỷ lệ xung đột thông báo an toàn trong mạng VANET

Nội dung chương tập trung vào đề xuất cơ chế phối hợp mới điều khiển thích ứng kích thước CW để truyền quảng bá nhằm làm giảm thiểu tỷ lệ xung đột thông báo an toàn với các mức độ ưu tiên khác nhau. Trong cơ chế được đề xuất, mỗi phương tiện trong VANET có thể tự động điều chỉnh CW dựa trên nhận biết điều kiện hiện tại của mạng thông qua việc phân tích tỷ lệ các khung tin nhận thành công được gửi gần đây. Thuật toán điều khiển kích thước CW bằng cách trượt cửa sổ với hệ số thay đổi động theo từng loại lưu lượng thông báo an toàn. Mỗi lưu lượng dữ liệu chọn bộ đếm thời gian backoff thay đổi động trong phạm vi $[0, CW[AC[i]]]$, có thể trùng lặp phạm vi CW giữa các lưu lượng dữ liệu để cải thiện hiệu quả băng thông tùy thuộc vào các điều kiện khác nhau của mạng. Kết quả mô phỏng đã chứng minh rằng cơ chế được đề xuất làm giảm đáng kể tỷ lệ xung đột cho cả hai lưu lượng thông báo an toàn có độ ưu tiên cao

và độ ưu tiên thấp trong điều kiện mật độ phương tiện cao.

7. Đóng góp của luận án

Thông qua tổng hợp, phân tích ưu và nhược điểm của các nghiên cứu trước đây, luận án đề xuất một số giải pháp cải tiến mới để kiểm soát tắc nghẽn tại lớp MAC bằng điều khiển tương tranh trong mạng thông qua việc điều chỉnh thích ứng kích thước cửa sổ tương tranh và tối ưu hóa các tham số QoS để truyền quảng bá hiệu quả. Các giải pháp đề xuất ít bổ sung tham số phức tạp và không sử dụng thêm tài nguyên mạng. Mục tiêu chính của luận án được thực hiện thông qua hai mục tiêu cụ thể là cải thiện tỷ lệ nhận, duy trì phân biệt theo độ ưu tiên và giảm thiểu tỷ lệ xung đột của các lưu lượng thông báo an toàn. Các đóng góp cụ thể như sau:

1. Luận án đã đề xuất phương pháp điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng nhằm cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn trong mạng VANET. Thông qua phương pháp giám sát mạng trong cơ chế được đề xuất mỗi phương tiện phân tích các khung tin nhận thành công được gửi gần đây để nhận biết điều kiện cục bộ hiện tại của mạng như xung đột hoặc tắc nghẽn. Dựa trên kết quả nhận được, cơ chế được đề xuất điều khiển kích thước CW và sử dụng cơ chế EDCA để truyền các luồng dữ liệu với độ ưu tiên khác nhau [CT1] [CT4].
2. Luận án đã đề xuất phương pháp nâng cao khả năng thích ứng của cửa sổ tương tranh bằng việc thiết kế cửa sổ trượt. Thuật toán điều khiển kích thước CW bằng cách trượt cửa sổ với hệ số thay đổi động nhằm giảm tỷ lệ xung đột giữa các loại lưu lượng thông báo an toàn. Mỗi lưu lượng dữ liệu chọn bộ đếm thời gian backoff thay đổi động trong phạm vi $[0, CW_i]$, có thể trùng lặp phạm vi CW với các lưu lượng dữ liệu khác để cải thiện hiệu quả băng thông trong các điều kiện khác nhau của mạng. Cơ chế được đề xuất đảm bảo phân tách riêng biệt giữa các luồng dữ liệu ưu tiên khác nhau và giảm thiểu đáng kể tỷ lệ xung đột [CT2].

Từ kết quả đạt được, luận án thấy rằng việc nâng cao hiệu năng trong mạng VANET bằng phương pháp điều khiển truy cập là một vấn đề phức tạp. Kết quả được đánh giá thông qua các bộ mô phỏng trong các điều kiện gần với thực tế đã cho thấy hiệu quả và tiềm năng ứng dụng để giải quyết bài toán nâng cao hiệu năng trong mạng VANET.

CHƯƠNG 1. NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ MẠNG VANET

Trong chương này, luận án trình bày tổng quan về các chủ đề liên quan đến mạng VANET. Trong đó tập trung phân tích kiến trúc, mô hình truyền thông, đặc điểm, yêu cầu, ứng dụng và các thành phần giao thức trong mạng VANET. Phần cuối chương trình bày khái niệm, các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng mạng và phương pháp đánh giá hiệu năng trong mạng VANET.

1.1 Giới thiệu mạng không dây Ad hoc

Ngày nay, có nhiều chuẩn giao tiếp không dây ra đời để đáp ứng nhu cầu truyền thông, trong đó chuẩn IEEE 802.11 đóng vai trò quan trọng nhất. Chuẩn 802.11 định nghĩa hai chế độ làm việc chính cho các mạng không dây cục bộ – WLANs (Wireless Local Area Networks) là dựa trên hạ tầng cơ sở (infrastructure based) và không cần hạ tầng cơ sở (infrastructure-less hay Ad hoc) [32].

Mạng không dây Ad hoc được gọi là mạng bao gồm các nút sử dụng giao diện không dây để truyền thông, được hình thành mà không có bất kỳ thực thể quản lý trung tâm nào. Thật vậy, mạng không dây Ad hoc là một loại mạng không dây phi cấu trúc. Trong đó đặc tính cơ bản là tính độc lập và tự kết nối của nó trên bất kỳ cơ sở hạ tầng nào có sẵn. Các thiết bị trong mạng có thể di chuyển ngẫu nhiên. Khả năng dễ dàng mở rộng vùng phủ sóng vô tuyến là đặc điểm nổi bật nhất của mạng không dây Ad hoc khi so sánh với các loại mạng không dây khác.

Mạng Ad hoc có hai mô hình cơ bản là đơn chặng và đa chặng. Mô hình đơn chặng có nghĩa là khoảng cách truyền sóng giữa hai nút mạng nằm trong vùng truyền sóng của nhau. Mô hình đa chặng có nghĩa là truyền thông không dây được thực hiện thông qua một tập hợp các nút chuyển tiếp.

Trong chuẩn IEEE 802.11 tham chiếu với mô hình OSI (Open Systems Interconnection), tầng liên kết dữ liệu gồm hai tầng con là MAC và LLC (Logical Link Control) [33].

Tầng MAC: Chịu trách nhiệm tạo khuôn dạng gói số liệu theo cấu trúc quy định. Điều khiển việc truy nhập vào kênh truyền chung một cách bình đẳng đồng thời phát hiện và giải quyết xung đột.

Tầng LLC: Chịu trách nhiệm thực hiện các biện pháp điều khiển lưu lượng và điều khiển tắc nghẽn, đồng thời phát hiện lỗi và sửa lỗi. Nhiệm vụ chung của lớp con

LLC là đảm bảo chuyển tiếp số liệu chính xác giữa các thực thể cuối của giao thức trao đổi số liệu và hỗ trợ ứng dụng ở các mức chức năng cao hơn trong LAN. Ngoài ra, tầng LLC còn sử dụng các dịch vụ của tầng MAC để cung cấp dịch vụ vận chuyển giống nhau cho tầng mạng bên trên. Trong mạng Ad hoc, mỗi nút mạng đóng vai trò là trạm trung chuyển của các nút khác.

Giao thức MAC trong chuẩn IEEE 802.11 cho việc truy cập đường truyền trong WLANs là một chuẩn không chính thức (de facto) cho các mạng Ad hoc. Trong môi trường mạng Ad hoc, các thiết bị di động của người dùng hình thành nên mạng và chúng phải cộng tác với nhau để cung cấp chức năng thông thường được cung cấp bởi cơ sở hạ tầng mạng (ví dụ routers, switches, và servers). Cách tiếp cận này đòi hỏi mật độ người dùng phải đủ lớn để đảm bảo việc chuyển tiếp các gói tin giữa bên gửi và bên nhận. Nếu mật độ người dùng thấp, mạng có thể trở nên không hoạt động được. Tuy nhiên, nếu mật độ người dùng cao thì hiệu năng của mạng như độ trễ, tính công bằng sẽ suy giảm nghiêm trọng. Trong các mạng Ad hoc đa chặng, các trạm cộng tác để chuyển tiếp các gói tin từ các trạm khác qua mạng. Do đó, một trạm phải truyền đi cả *luồng trực tiếp* (direct flow), sinh ra bởi chính trạm đó và các *luồng chuyển tiếp* (forwarding flow), được sinh ra bởi các trạm hàng xóm, do đó nó chia sẻ dung lượng kênh truyền với các trạm hàng xóm. Hiệu ứng của sự tranh chấp tại tầng MAC và tầng liên kết sẽ ảnh hưởng đến hiệu năng của mạng, đặc biệt là sự công bằng.

Trong mạng không dây, tránh xung đột phải được thực hiện để đảm bảo các gói tin đến được đích. Để giảm thiểu xung đột, Chức năng điều phối phân tán - DCF (Distributed Coordination Function) dựa trên phương pháp điều khiển CSMA/CA yêu cầu một nút muốn truyền phải lắng nghe môi trường trong một khoảng thời gian DIFS (DCF InterFrame Space). Trong khoảng thời gian này, nếu nút cảm nhận môi trường đang bận, nó sẽ trì hoãn quá trình truyền của chính mình. Khi có nhiều nút đồng thời đang chờ cảm nhận môi trường, chúng cũng sẽ đồng thời nhận thấy kênh truyền được giải phóng và sau đó cố gắng truy cập kênh truyền cùng một lúc. Do đó, xung đột có thể xảy ra [34].

Để tránh điều này, DCF sử dụng thủ tục quay lui hàm mũ nhị phân - BEB (Binary Exponential Backoff) để buộc các nút trì hoãn quyền truy cập kênh truyền thêm một khoảng thời gian. Thủ tục BEB điều khiển tần suất truy cập kênh truyền của mỗi trạm

bằng cách chọn ngẫu nhiên một giá trị quay lui từ một đến CW dựa trên phân phối ngẫu nhiên chuẩn, với CW là kích thước cửa sổ tương tranh - CW (*Contention Window*). Ý tưởng BEB rất đơn giản: khi một nút muốn truy cập kênh truyền, nếu mọi thứ diễn ra suôn sẻ, hãy tiếp tục; nếu không, hãy đợi một khoảng thời gian ngẫu nhiên để thử lại. Sau mỗi lần thử không thành công, kích thước trung bình của khe thời gian ngẫu nhiên sẽ tự động tăng lên gấp đôi, cho tới giá trị tối đa. Giá trị này phụ thuộc vào phiên bản của chuẩn IEEE 802.11. Sau khi thử thành công, kích thước của khe thời gian ngẫu nhiên sẽ được đặt trở lại mức tối thiểu. Vì các khe thời gian ngẫu nhiên có thể khác nhau giữa các nút, nên có thể ngăn chặn được xung đột.

Thu tục BEB xác định kích thước cửa sổ tương tranh tương ứng với điều kiện tắc nghẽn. Thu tục này sẽ nhân đôi giá trị CW sau mỗi lần đụng độ cho đến khi đạt ngưỡng CW_{max} và đặt lại (reset) giá trị CW thành CW_{min} với mỗi lần truyền thành công. Tuy nhiên, thủ tục BEB không xem xét các điều kiện khác về các trạm lân cận, thông tin tầng trên, số luồng trong kênh truyền hoặc số người dùng trong hệ thống. Do đó, giá trị CW sau vài lần tắc nghẽn có thể sẽ không phải là giá trị tối ưu cho tính công bằng, đặc biệt trong các mạng đa chặng bất đối xứng. Thêm nữa, bởi vì giá trị CW là như nhau với tất cả các luồng được sinh ra từ một trạm, mọi luồng sẽ truy cập kênh truyền với cùng độ ưu tiên. Sẽ có sự không công bằng giữa các luồng trong không gian bộ đệm (buffer space), vì vậy các giá trị CW khác nhau nên được gán cho mỗi luồng để giảm bớt sự tương tranh giữa chúng.

1.2 Giới thiệu mạng VANET

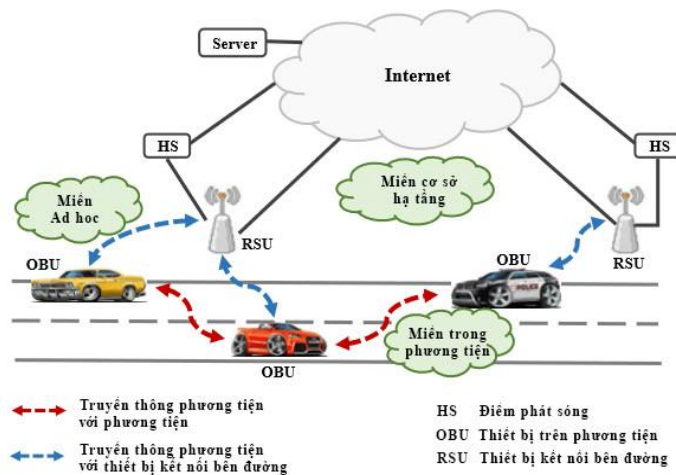
Tùy thuộc vào ngữ cảnh kịch bản ứng dụng, mạng không dây Ad hoc có thể được gọi đến với các tên khác nhau. Một loại mạng không dây Ad hoc phổ biến là Mạng di động phi cấu trúc - MANET (Mobile Ad hoc Network) nơi các nút có thể di chuyển tự do và độc lập theo bất kỳ hướng nào. Do đó, cấu trúc liên kết mạng của loại mạng này sẽ thay đổi thường xuyên; thiết lập liên kết và chấm dứt kết nối có thể xảy ra theo thời gian. Việc liên tục duy trì thông tin cần thiết để định tuyến lưu lượng dữ liệu được coi là thách thức chính trong MANET. Do đó, hầu hết các nỗ lực nghiên cứu tập trung vào khả năng liên kết, định tuyến. Thông lượng và dung lượng là những độ đo tốt để đánh giá hiệu năng của loại mạng này [35].

Mạng phương tiện phi cấu trúc – VANET (Vehicular Ad hoc Network) là một nhóm các mạng di động phi cấu trúc - MANETs (Mobile Ad hoc Networks) với các nút là các phương tiện như ô tô, xe tải, xe buýt và xe máy. Các nút này có tính di động cao, chúng có thể giao tiếp với nhau bằng truyền thông phương tiện với phương tiện - V2V (Vehicle to Vehicle) và kết nối với cơ sở hạ tầng bằng truyền thông giữa phương tiện với cơ sở hạ tầng - V2I (Vehicle to Infrastructure).

Năm 1970, một hệ thống dẫn đường điện tử được đề xuất ở Mỹ. Người lái xe gán cho phương tiện một mật mã nơi đích đến. Tại mỗi giao lộ, phương tiện sẽ gửi mã tới trạm bên đường để nhận được các hướng dẫn di chuyển. Tại Nhật Bản, hệ thống kiểm soát giao thông tự động toàn diện được thực hiện từ năm 1973 đến năm 1979 để giảm tắc nghẽn giao thông, khí thải và ngăn ngừa tai nạn. Năm 1986, chương trình PROMETHEUS được khởi xướng ở Châu Âu, bao gồm ba chương trình phụ để hỗ trợ người lái xe, truyền thông V2V và V2I. Bắt đầu từ năm 1990 và cho đến sau này, một số hoạt động nghiên cứu đã được thực hiện ở Nhật Bản, Mỹ và Châu Âu tập trung vào hỗ trợ người lái xe và ứng dụng an toàn. Vào năm 1999, Ủy ban Truyền thông Liên bang Hoa Kỳ đã phân bổ băng thông 75 MHz của dải tần 5.9 GHz cho Công nghệ truyền thông tầm ngắn chuyên dụng - DSRC (Dedicated Short Range Communication).

Năm 2004, IEEE bắt đầu nghiên cứu về chuẩn 802.11p và tính năng Truy cập không dây trong môi trường phương tiện - WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) để trở thành một phần của DSRC. Năm 2005, bộ giao thông vận tải Mỹ đã đưa một số ứng dụng triển khai trên mạng VANET như thanh toán điện tử, vị trí phương tiện và thu thập dữ liệu tốc độ cao, hiển thị thông báo và chỉ dẫn tín hiệu giao thông cho người lái xe. Vào năm 2010, IEEE đã hoàn thiện thông số kỹ thuật của chuẩn IEEE 802.11p đây là một bản sửa đổi đã được phê duyệt cho tiêu chuẩn IEEE 802.11 để bổ sung tính năng WAVE. Tiêu chuẩn IEEE 802.11p xác định các cải tiến cần thiết đối với chuẩn IEEE 802.11 để hỗ trợ các ứng dụng trong hệ thống giao thông thông minh [1 – 7]. Mục tiêu chính của VANET được thiết kế để cải thiện an toàn và hiệu quả giao thông trên đường trong môi trường phương tiện. Các mạng này đặt ra một số vấn đề quan trọng để nghiên cứu trong học viện và các ngành công nghiệp.

1.2.1 Kiến trúc của VANET



Hình 1.1 Kiến trúc hệ thống VANET [37]

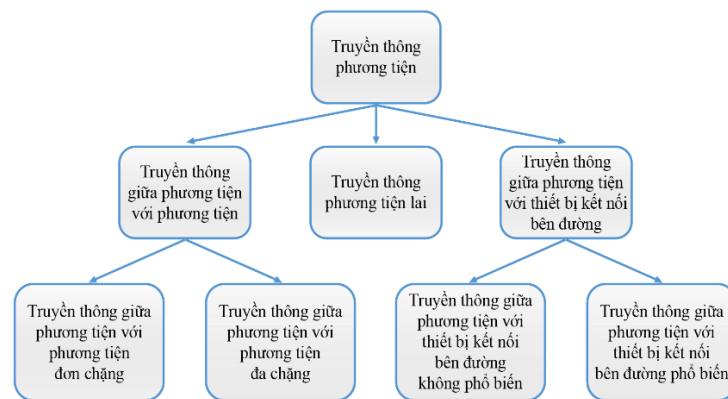
Trong mạng VANET được phân bố thành ba miền bao gồm miền trong phương tiện, miền Ad hoc và miền cơ sở hạ tầng như trình bày trong Hình 1.1 [36, 37].

- Miền trong phương tiện được hình thành từ thiết bị trên phương tiện - OBU (On-Board Unit). Mỗi phương tiện coi như đã được trang bị OBU. Giao tiếp không dây tầm ngắn được tạo bởi OBU dành cho truyền thông an toàn và dịch vụ.
- Miền thứ hai là miền Ad hoc bao gồm OBU và thiết bị kết nối bên đường - RSU (Road Side Unit). Một mạng di động Ad hoc có thể được tạo ra từ việc thiết lập truyền thông giữa các OBU trong các phương tiện. Kết nối OBU có thể được thực hiện bằng đơn chặng hoặc đa chặng phụ thuộc vào các ứng dụng tạo ra chúng.
- Miền thứ ba là miền cơ sở hạ tầng được tạo ra bởi RSU và các điểm phát sóng - HS (HotSpot). Miền cơ sở hạ tầng được sử dụng để truy cập các ứng dụng an toàn hoặc dịch vụ. RSU cung cấp truy cập Internet và HS điều khiển môi trường truyền ở mức thấp. Trong trường hợp RSU hoặc HS không thể cung cấp truy cập Internet, OBU có thể sử dụng mạng di động bao gồm GPRS (General packet radio service), GSM (Global System for Mobile Communications), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), 4G, 5G và WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access).

1.2.2 Các mô hình truyền thông trong VANET

Trong mạng VANET, mỗi phương tiện có thể đóng một vai trò khác nhau bao gồm nút gửi, nút nhận và bộ định tuyến để điều khiển truyền thông trong hệ thống giao thông thông minh. Truyền thông phương tiện - VC (Vehicular Communication) được chia thành ba nhóm chính [38, 39]:

- Truyền thông giữa phương tiện với phương tiện - IVC (Inter-Vehicle Communication).
- Truyền thông giữa phương tiện với thiết bị kết nối bên đường - RVC (Roadside-Vehicle Communication).
- Truyền thông phương tiện lai – HVC (Hybrid Vehicle Communication).



Hình 1.2 Các mô hình truyền thông trong VANET [39]

Trong đó IVC là mô hình truyền thông giữa các phương tiện hoàn toàn không có cơ sở hạ tầng, chúng cần OBU để thực hiện truyền thông. IVC được phân loại thành các nhóm truyền thông giữa phương tiện với phương tiện đơn chặng – SIVC (Single-hop IVC) và truyền thông giữa phương tiện với phương tiện đa chặng - MIVC (Multi-hop IVC). SIVC hỗ trợ các ứng dụng yêu cầu truyền thông trong phạm vi ngắn như ứng dụng hợp nhất làn đường. Mặt khác, các MIVC được sử dụng bởi các ứng dụng yêu cầu truyền thông tầm xa như các ứng dụng giám sát giao thông.

RVC phát triển trao đổi thông tin giữa OBU và RSU. RVC bao gồm truyền thông giữa phương tiện với kết nối bên đường không phổ biến – SRVC (Sparse RVC) và truyền thông giữa phương tiện với kết nối bên đường phổ biến – URVC (Ubiquitous RVC). SRVC cung cấp dịch vụ trao đổi thông tin tại các điểm kết nối, trong khi URVC cung cấp truyền thông tốc độ cao cho tất cả các nút. Để phủ sóng đầy đủ trên tất cả các con đường (ở các quốc gia lớn), URVC có thể yêu cầu thêm thiết bị.

Cuối cùng, HVC được sử dụng để thực hiện trao đổi thông tin giữa các phương tiện và điểm kết nối bên đường để mở rộng vùng phủ sóng của RVC. Ngoài ra, khi các phương tiện không nằm trong phạm vi truyền của các điểm kết nối bên đường, HVC có thể sử dụng các phương tiện trung gian khác làm nút chuyển tiếp di động. Do đó, HVC làm tăng phạm vi truyền của RVC. Mặt khác, HVC không thể đảm bảo kết nối trong môi trường có mật độ phương tiện thấp.

1.2.3 Đặc điểm của mạng VANET

Vì VANET là một mạng con của MANET, chúng kế thừa hầu hết các đặc tính của MANET. Tuy nhiên, VANET có một số đặc tính khác biệt bao gồm tính di động cao của các nút, mật độ nút cao, tốc độ thay đổi cấu trúc mạng cao, hạn chế về mô hình đường, cung cấp năng lượng vô hạn, không hạn chế về kích thước mạng, v.v. [2, 4]. Trong VANET, các nút di động là các phương tiện có thể di chuyển với vận tốc rất cao (ví dụ: 120 -140 km/h trên đường cao tốc). Do đó, một trong những đặc điểm quan trọng nhất của VANET là tính di động cao. Ngoài ra, trong VANET, cấu trúc liên kết có thể thay đổi rất thường xuyên do phương tiện có thể di chuyển nhanh chóng, người lái xe có thể chọn đường đi một cách ngẫu nhiên, v.v. [38].

Do tính chất thay đổi liên tục của giao thông trên đường, một số khoảng trống có thể được tạo ra giữa các phương tiện và tạo ra các cụm nút bị cô lập trên đường [40]. Ngoài ra, do sự thay đổi cấu trúc mạng cao trong VANET, thời gian kết nối của liên kết là rất ngắn. Các nút cần thường xuyên chọn tuyến đường mới để truyền dữ liệu. Ngoài ra, khi mật độ nút mạng giảm, tốc độ ngắt kết nối sẽ tăng lên. Tỷ lệ ngắt kết nối cao làm nảy sinh vấn đề về hiệu năng trong mạng VANET. Vấn đề này có thể được giải quyết bằng cách sử dụng các điểm kết nối bên đường và các nút chuyển tiếp. Đồng thời cần thực hiện các nghiên cứu mới để duy trì kết nối liên mạch và giảm hiệu ứng fading trong VANET [36].

Mô hình di động của VANET được giới hạn trong mô hình đường cao tốc, đường bộ và đường phố. Tuy nhiên, cần phải biết vị trí của các nút và hướng di chuyển của chúng để hỗ trợ tài xế đưa ra quyết định trong tương lai và ngăn chặn việc ngắt kết nối liên kết. Ngoài ra, việc thay đổi mô hình di động (tức là đường cao tốc hoặc môi trường đô thị) ảnh hưởng đến việc thiết kế các thuật toán điều khiển trong VANET. Mô hình di chuyển trên đường cao tốc đơn giản do các phương tiện di chuyển một chiều. Trong khi

đó, trong mô hình đô thị, một số tính năng như mô hình đường phố, mật độ nút cao, chuyển động hai chiều của phương tiện, chướng ngại vật và giao thoa qua các tòa nhà cao tầng và cây cối phải được xem xét. Những đặc điểm này làm cho thiết kế của VANET trong môi trường đô thị trở nên khác biệt và phức tạp hơn.

Sử dụng pin có thể sạc lại trong môi trường VANET, giúp người dùng không có bất kỳ ràng buộc nào về năng lượng.

1.2.4 Các ứng dụng trong mạng VANET

Các ứng dụng khác nhau được phát triển cho VANET để cung cấp một môi trường phương tiện an toàn và thoải mái cho người dùng. Các ứng dụng VANET có thể được phân thành hai nhóm chính bao gồm các ứng dụng an toàn và dịch vụ [3, 5].

Các ứng dụng an toàn được sử dụng để giảm thiểu tai nạn đường bộ và xung đột giao thông mà mục đích cuối cùng là để tăng sự an toàn khi tham gia giao thông. Do tốc độ cao của phương tiện trên đường, người lái xe có thể không phản ứng kịp thời và chính xác trong các tình huống nguy hiểm. Các ứng dụng an toàn có thể được sử dụng để cảnh báo người lái xe về các tình huống nguy hiểm (ví dụ: tai nạn trên đường). Khi các ứng dụng an toàn gửi thông báo khẩn cấp đến các phương tiện, người lái xe có thể giảm tốc độ trước khi đến gần nơi xảy ra tai nạn do đó có thể ngăn chặn một tai nạn khác. Hơn nữa, khả năng xảy ra tai nạn và ùn tắc giao thông tại ngã tư là rất cao. Người lái xe có thể sử dụng ứng dụng an toàn để thông báo cho các phương tiện khác về một tình huống khẩn cấp xảy ra tại ngã tư. Các ứng dụng an toàn cũng có thể được sử dụng để tiết kiệm thời gian và giảm mức tiêu thụ nhiên liệu bằng cách đề xuất các con đường gần nhất không bị tắc nghẽn. Do đó, các ứng dụng an toàn giúp cải thiện sự an toàn và hiệu quả của môi trường phương tiện.

Các ứng dụng an toàn sử dụng thông báo an toàn, trong VANET thông báo an toàn có thể được hiểu là các thông báo có liên quan đến an toàn giao thông và được truyền qua mạng để cung cấp thông tin quan trọng cho các phương tiện và hệ thống điều khiển giao thông. Các thông báo an toàn có thể phân loại thành thông báo cảnh báo (định kỳ) và thông báo khẩn cấp (theo hướng sự kiện).

Các thông báo cảnh báo được phát định kỳ giữa các phương tiện để truyền thông tin về các phương tiện lân cận. Các thông báo cảnh báo bao gồm một số thông tin về các tình huống của phương tiện như vị trí, tốc độ và hướng của phương tiện, v.v. Cảnh báo

va chạm ở giao lộ, cảnh báo chiều cao và cảnh báo va chạm kết hợp với một số ứng dụng sử dụng thông báo cảnh báo để cung cấp dịch vụ của họ cho người dùng VANET.

Các thông báo khẩn cấp được phát khi có sự kiện nguy hiểm (ví dụ: tai nạn xe hơi) xảy ra trong mạng VANET. Các ứng dụng an toàn sử dụng thông báo khẩn cấp để thông báo về tai nạn, sự cố đèn giao thông.

Bảng 1.1 cho thấy một số ứng dụng an toàn và các loại mô hình truyền thông tin và dữ liệu của chúng [7, 40].

Bảng 1.1 Các ứng dụng an toàn có độ ưu tiên cao trong VANET

Ứng dụng	Mô hình truyền thông	Tần số	Độ trễ	Dữ liệu truyền
Vi phạm tín hiệu giao thông	V2I	10 Hz	100 ms	Trạng thái tín hiệu, thời gian, vị trí, hướng, hình dạng đường
Cảnh báo tốc độ khúc cua	V2I	1 Hz	1000 ms	Vị trí khúc cua, độ cong, độ dốc, giới hạn tốc độ, bề mặt đường
Đèn phanh khẩn cấp	V2V	10 Hz	100 ms	Vị trí, hướng đi, vận tốc, gia tốc
Cảm biến sự cố	V2V	50 Hz	20 ms	Loại phương tiện, vị trí, hướng đi, vận tốc, gia tốc, tốc độ, tỷ lệ lệch hướng
Va chạm phía trước	V2V	10 Hz	100 ms	Loại phương tiện, vị trí, hướng đi, vận tốc, gia tốc, tốc độ, tỷ lệ lệch hướng
Hỗ trợ rẽ trái	V2I/ V2V	10 Hz	100 ms	Trạng thái tín hiệu, thời gian, vị trí, hướng, hình dạng đường
Cảnh báo chuyển làn đường	V2V	10 Hz	100 ms	Vị trí, hướng đi, vận tốc, gia tốc, trạng thái đèn tín hiệu
Hỗ trợ biển báo dừng	V2I/ V2V	10 Hz	100 ms	Vị trí, vận tốc, hướng đi, cảnh báo

Nhóm ứng dụng thứ hai của VANET là các ứng dụng dịch vụ. Nhóm ứng dụng này được sử dụng để cung cấp thông tin về tình trạng tắc đường, tiện ích giúp lái xe thoải mái và tối ưu hóa tuyến đường. Do nhu cầu truy cập Internet khi di chuyển bằng phương tiện giao thông tăng lên, các ứng dụng dịch vụ của VANET sẽ cung cấp kết nối

Internet liên tục cho người dùng trên các tuyến đường. Các ứng dụng này cũng phải cung cấp tính năng chia sẻ file hoặc chơi trò chơi giữa những người sử dụng phương tiện. Một số ứng dụng dịch vụ được trình bày trong Bảng 1.2.

Bảng 1.2 Các ứng dụng dịch vụ trong VANET

Ứng dụng	Ví dụ
Tối ưu hóa giao thông	Thông tin và khuyến nghị về giao thông, hướng dẫn tuyến đường nâng cao
Thông tin giải trí	Truy cập Internet, môi trường tải dữ liệu, thông báo tức thời
Dịch vụ thanh toán	Thu phí tự động, quản lý bãi đỗ xe
Tìm dịch vụ bên đường	Tìm trạm xăng, nhà hàng gần nhất

1.2.5 Yêu cầu của VANET

Các yêu cầu của VANET dựa trên các yêu cầu của ứng dụng trong VANET. Các yêu cầu của VANET có thể phân loại thành các yêu cầu về thiết bị, có tính chiến lược, kinh tế, khả năng hệ thống, hiệu năng hệ thống và các yêu cầu tiêu chuẩn hóa [3, 41].

Các yêu cầu thiết bị mà VANET cần được trang bị để liên lạc giữa các phương tiện và giữa các phương tiện với cơ sở hạ tầng. Trong VANET, các phương tiện được trang bị OBU. Ngoài ra, các RSU được lắp đặt bên lề đường trong môi trường đường cao tốc và đô thị.

Các yêu cầu có tính chiến lược của chính phủ và mức độ triển khai của VANET (ví dụ: ngưỡng đầu tư tối thiểu). Trong các yêu cầu kinh tế, một số yếu tố được xem xét như chi phí và thời gian cần thiết để hoàn vốn.

Các yêu cầu về khả năng của hệ thống là các yêu cầu để cung cấp khả năng liên lạc vô tuyến, kết nối mạng và định vị phương tiện, v.v. Các khả năng truyền thông vô tuyến bao gồm băng thông khả dụng, phạm vi truyền thông vô tuyến trong đơn chặng, các kênh tần số vô tuyến đã sử dụng, tốc độ bit và mức bù trừ cho các khó khăn lan truyền tín hiệu vô tuyến bởi RSU và OBU, v.v. Các khả năng kết nối mạng bao gồm chế độ phổ biến (ví dụ: unicast, multicast, geocast, broadcast), điều khiển tắc nghẽn, ưu tiên và lập lịch cho các thông báo, thu thập dữ liệu, địa chỉ IPv4 và IPv6, và quản lý tính di động. Các khả năng định vị phương tiện có thể được cung cấp bởi hệ thống dẫn đường bằng vệ tinh toàn cầu - GNSS (Global Navigation Satellite System) và hệ thống định vị toàn cầu - GPS (Global Positioning System).

Các yêu cầu về hiệu năng của hệ thống là các yêu cầu liên quan đến hiệu năng truyền thông phương tiện (ví dụ: thời gian trễ tối đa, tần suất cập nhật thông tin và truyền lại thông tin), độ chính xác của định vị phương tiện, và độ tin cậy của mạng, v.v. Trong các yêu cầu tiêu chuẩn hóa, các tiêu chuẩn và quy tắc được xác định để cung cấp VANET trong môi trường phương tiện.

1.2.6 Thách thức trong mạng VANET

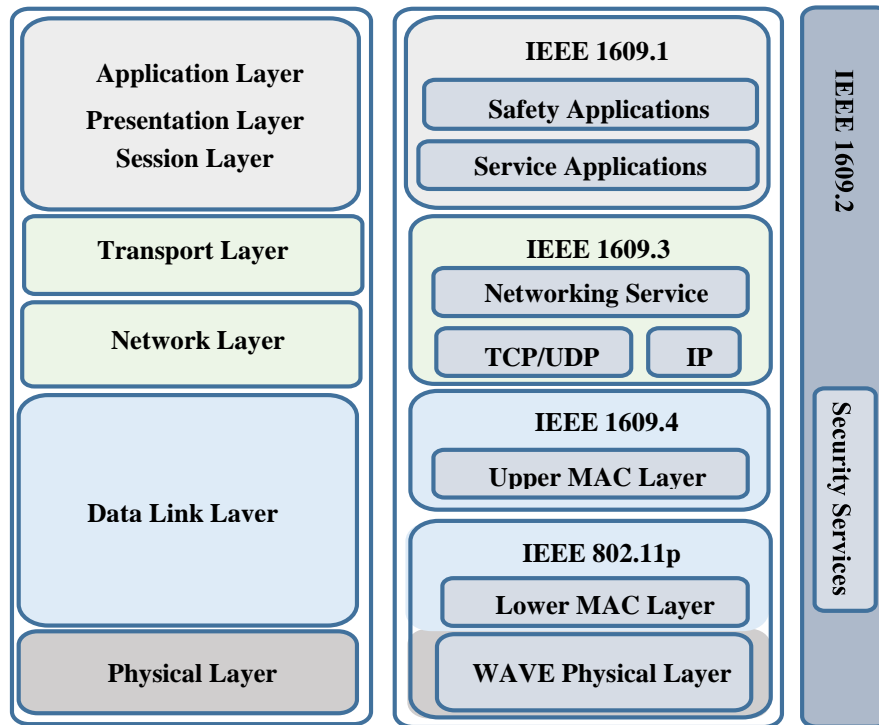
Trong VANET, giả định rằng vận tốc của RSU bằng 0, trong khi vận tốc của các phương tiện, được coi là các nút di động trong VANET, có thể từ 0 trong tình huống tắc đường đến hơn 140 km/h trên đường cao tốc. Những thay đổi của vận tốc này dẫn đến một số thách thức đối với định tuyến dữ liệu, phổ biến dữ liệu và QoS. Ví dụ, vận tốc của phương tiện cao dẫn đến tốc độ thay đổi cấu trúc mạng cao trong VANET, trong khi vận tốc của phương tiện thấp có thể dẫn đến mật độ phương tiện cao kết quả là tỷ lệ xung đột và tắc nghẽn tăng lên.

Mặt khác, các mô hình đường khác nhau ảnh hưởng đến khả năng di chuyển của các phương tiện. Bản chất việc di chuyển trên đường cao tốc và môi trường đô thị là khác nhau dẫn đến một số thách thức đối với việc định tuyến dữ liệu, phân bố dữ liệu, QoS, khả năng mở rộng, v.v. Vị trí của các phương tiện cũng cần được xác định cho một số ứng dụng VANET. Do các đặc điểm riêng biệt của VANET (ví dụ: tính di động cao), việc định vị các phương tiện cũng là một nhiệm vụ đầy thách thức trong VANET [42].

1.3 Các thành phần giao thức trong VANET

Các nhóm tiêu chuẩn hóa chính (ví dụ: IEEE, IETF và ISO) và hiệp hội (ví dụ: Hiệp hội truyền thông giữa xe với xe - C2C-CC (Car to Car Communication)) xác định các tiêu chuẩn cho truyền thông phương tiện. Theo định nghĩa của IEEE, truy cập không dây trong môi trường phương tiện được sử dụng trong tiêu chuẩn DSRC để tạo ra một tiêu chuẩn cho hiệu năng truyền thông của VANET trong các lớp PHY và MAC.

Mô hình hoạt động của các giao thức WAVE được trình bày trong Hình 1.3, cho thấy WAVE được cấu thành bởi hai giao thức của tiêu chuẩn IEEE bao gồm giao thức IEEE 802.11p và IEEE 1609 được xác định để quản lý các dịch vụ mạng, tài nguyên, dịch vụ bảo mật và hoạt động đa kênh, v.v. [43 - 45]



Hình 1.3 Mô hình hoạt động của các giao thức WAVE [4]

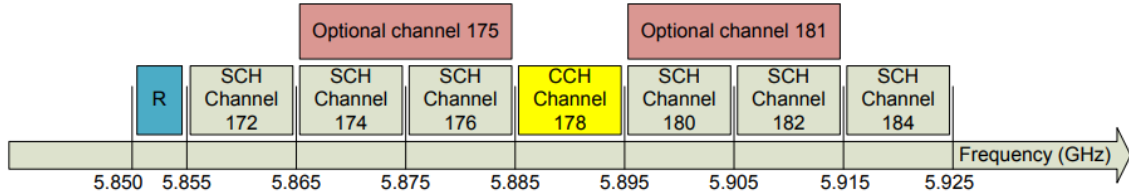
Giao thức IEEE 802.11p quy định các chức năng của lớp PHY và phần dưới của lớp MAC để truyền dữ liệu trong môi trường phương tiện. Trong đó, IEEE 802.11p sử dụng phiên bản sửa đổi của IEEE 802.11a cho giao thức lớp MAC. Giao thức này sử dụng giao thức lớp MAC dựa trên CSMA/CA làm phương pháp truy cập môi trường cơ bản để chia sẻ liên kết. Lớp 802.11p PHY dựa trên tiêu chuẩn DSRC hoạt động ở phổ tần số 5,850-5,925 GHz do IEEE đề xuất điều chỉnh đến Ủy ban Truyền thông Liên bang - FCC (Federal Communications Commission) tại Hoa Kỳ và Viện Tiêu chuẩn Viễn thông Châu Âu – ETSI (European Telecommunications Standards Institute) tại Liên minh Châu Âu.

Giao thức IEEE 1609 xử lý các chức năng hoạt động và sự phức tạp về hiệu năng của DSRC. IEEE 1609.1 được định nghĩa trong các lớp ứng dụng để quản lý hoạt động của ứng dụng nhằm thực hiện các tương tác giữa OBU và tài nguyên mạng khác. Ngoài ra, IEEE 1609.1 chuẩn hóa hoạt động của các ứng dụng VANET dựa trên tiêu chuẩn WAVE. IEEE 1609.2 cung cấp tính bảo mật trong WAVE bằng cách xác định các định dạng an toàn cho thông báo và thực hiện xử lý an toàn trên thông báo. IEEE 1609.2 cũng cung cấp tính bảo mật trong việc trao đổi thông báo. IEEE 1609.3 được định nghĩa trong lớp mạng để định tuyến và đặt địa chỉ cho thông báo. Cuối cùng, IEEE 1609.4 nằm ở phần trên của lớp MAC cung cấp các hoạt động đa kênh trong VANET và xử lý các hoạt

động của các lớp cao hơn mà không cần xem xét các tham số kênh vật lý ở các lớp thấp hơn.

1.3.1 Lớp vật lý trong IEEE 802.11p

Phổ tần số DSRC là 5,9 GHz, sử dụng tám kênh để truyền các thông báo khác nhau được tạo ra bởi các ứng dụng an toàn và dịch vụ, như trình bày trong Hình 1.4.



Hình 1.4 Kênh được phân phối bởi DSRC [7]

Các kênh này bao gồm sáu kênh dịch vụ SCH (Service channels) cho các ứng dụng dịch vụ, một kênh điều khiển CCH (Control channel) cho truyền thông an toàn và một kênh dành riêng cho các mục đích sử dụng trong tương lai. Kênh điều khiển được sử dụng để truyền các thông báo an toàn có mức độ ưu tiên cao bao gồm các thông báo khẩn cấp (theo hướng sự kiện) và thông báo cảnh báo. Các kênh dịch vụ được sử dụng để truyền các thông báo có mức độ ưu tiên thấp.

Các lớp dưới của DSRC tương tự như lớp PHY của IEEE 802.11a [7]. Cơ chế điều chế được IEEE 802.11a sử dụng là phương pháp Đa sóng mang phân chia theo tần số trực giao – OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Trong lớp PHY của IEEE 802.11a, phổ tần số được chia thành các kênh có độ rộng băng thông 20 MHz, do đó khoảng cách giữa các sóng mang là $20 \text{ MHz}/64 = 312.5 \text{ kHz}$. Mỗi kênh có tổng cộng 64 sóng mang phụ bao gồm 48 sóng mang phụ dữ liệu, 4 sóng mang phụ dẫn đường (pilot) và 12 sóng mang phụ rỗng (trong tiêu chuẩn 802.11 chúng hoạt động như dải tần bảo vệ, vì chúng nằm ở biên của kênh). Tùy thuộc vào điều kiện kênh có thể được điều chế với BPSK (Binary Phase Shift Keying), QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation) hoặc 64QAM (64 Quadrature Amplitude Modulation). Chu kỳ của một ký hiệu OFDM là $4 \mu\text{s}$ trong đó khoảng thời gian bảo vệ là $0.8 \mu\text{s}$. Sửa lỗi chuyển tiếp – FEC (Forward Error Correction) được thực hiện thông qua mã hóa tích chập với tỉ lệ mã hóa là $1/2$, $2/3$ hoặc $3/4$. Kết quả là, hệ thống hỗ trợ các chế độ truyền khác nhau với nhiều tốc độ truyền dữ liệu từ 6 đến 54 Mbps.

Do tốc độ cao của các phương tiện, truyền thông trong môi trường phương tiện

để bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng Doppler. Mặt khác, với độ rộng băng thông là 20 MHz trong chuẩn 802.11a, các tổ chức tiêu chuẩn cho rằng khoảng thời gian bảo vệ không đủ dài để tránh nhiễu liên ký hiệu - ISI (Inter-Symbol Interference). Vì vậy, lớp PHY của mạng VANET ưu tiên sử dụng các kênh có độ rộng băng thông 10 MHz (mặc dù băng thông 20 MHz vẫn là một lựa chọn khả thi, tuy nhiên băng thông 10 MHz được chọn thường xuyên nhất). Kênh điều khiển và các kênh dịch vụ có băng thông là 10 MHz, trong khi băng thông của kênh dành riêng là 5 MHz. Việc giảm một nửa băng thông, tất cả các tham số thời gian đều tăng gấp đôi so với các tham số tương ứng trong 802.11a, nhằm cải thiện độ ổn định trước ảnh hưởng của tính di động. Đặc biệt, khoảng thời gian bảo vệ tăng gấp đôi giúp giảm nhiễu ISI do truyền multipath gây ra, tín hiệu trở nên ổn định với độ trễ tối đa chênh lệch cao gấp đôi so với IEEE 802.11a. Trong DSRC, cho phép tốc độ dữ liệu từ 3 đến 27 Mbps và phạm vi truyền từ 10 đến 1000 m [21].

Bảng 1.3 Các tham số PHY khác biệt chính giữa IEEE 802.11p và IEEE 802.11a

Tham số	IEEE 802.11a	IEEE 802.11p	Thay đổi
Băng thông kênh	20 MHz	10 MHz	Giảm một nửa
Tốc độ dữ liệu (Mbps)	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	3, 4.5, 6, 9, 12, 18, 24, 27	Giảm một nửa
Chế độ điều chế	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	Không đổi
Số sóng mang phụ	52	52	Không đổi
Khoảng thời gian tín hiệu OFDM	4.0 μ s	8.0 μ s	Tăng gấp đôi
Thời gian bảo vệ	0.8 μ s	1.6 μ s	Tăng gấp đôi
Chu kỳ FFT	3.2 μ s	6.4 μ s	Tăng gấp đôi
Khoảng thời gian ban đầu	16 μ s	32 μ s	Tăng gấp đôi

1.3.2 Lớp MAC trong IEEE 802.11p

Trong các mạng viễn thông và máy tính, cơ chế truy cập kênh là một kỹ thuật cho phép một số lượng người tham gia chia sẻ một môi trường. Không giống như mạng có dây hoặc mạng di động nơi mà cơ chế truy cập kênh thường dựa trên phương pháp ghép kênh (Truy cập kênh phân chia theo thời gian - TDMA (Time Division Multiple Access), Truy cập kênh phân chia theo tần số - FDMA (Frequency Division Multiple Access), Truy cập kênh phân chia theo mã - CDMA (Code Division Multiple Access),

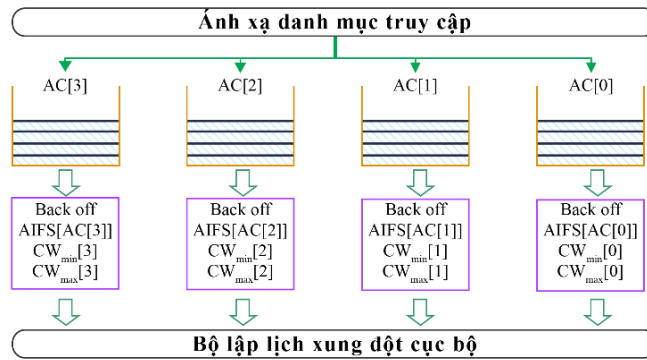
v.v.), cơ chế truy cập kênh chính trong mạng không dây được xây dựng dựa trên cơ chế điều khiển và giao thức hỗ trợ đa truy cập. Thuật toán này được gọi là điều khiển truy cập môi trường MAC. Vì chuẩn IEEE 802.11p được phát triển dựa trên chuẩn 802.11a, cũng như chuẩn 802.11, nên các đặc điểm trong chuẩn IEEE 802.11p gần như giống với chuẩn 802.11a chỉ thay đổi và bổ sung một số đặc điểm. Vì vậy trong phần này sẽ chỉ chú trọng phân tích các đặc điểm được thay đổi và bổ sung trong chuẩn IEEE 802.11p [7, 43 – 46].

1.3.2.1 Kiến trúc chung phân lớp MAC

Ban đầu, IEEE 802.11 định nghĩa hai cơ chế truy cập môi trường để truyền gói tin là Chức năng điều phối phân tán - DCF (Distributed Coordination Function) và Chức năng điều phối điểm - PCF (Point Coordination Function). Sau đó, để cung cấp QoS, một cải tiến cho cả DCF và PCF đã được đề xuất. Ngoài ra, Chức năng điều khiển lai - HCF (Hybrid Coordination Function) được giới thiệu trong IEEE 802.11e. Trong khi truy cập kênh được điều khiển HCF - HCCA (HCF Controlled Channel Access) có cơ chế hoạt động tương tự như PCF. Truy cập kênh phân tán nâng cao - EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) sử dụng cơ chế hoạt động cơ bản của DCF ngoại trừ một điều, cả HCCA và EDCA đều xác định Danh mục truy cập - AC (Access Categories) cho các loại khung dữ liệu khác nhau. Vì HCCA và PCF dựa trên cơ chế hỏi vòng (poll-based) trong đó cần một thực thể trung tâm để điều phối cho tất cả các nút tham gia, nó không thể được áp dụng cho các mạng Ad hoc nói chung hoặc VANET nói riêng. Trong khi đó, do tính chất phân tán của DCF và EDCA, chúng phù hợp hơn cho các mạng này. Do đó, lớp MAC trong IEEE 802.11p sử dụng EDCA để điều khiển truy cập kênh truyền.

1.3.2.2 Enhanced Distributed Channel Access (EDCA)

EDCA là một cải tiến của DCF để cung cấp QoS. Cơ chế này cũng sử dụng DCF làm cơ chế cạnh tranh cơ bản để truy cập môi trường truyền. Tuy nhiên, thay vì một hàng đợi duy nhất lưu trữ khung dữ liệu, EDCA có nhiều hàng đợi đại diện cho các loại lưu lượng dữ liệu có mức độ ưu tiên khác nhau (được gọi là Danh mục truy cập - AC (Access Categories)) như Voice, Video, Best effort và Background. EDCA định nghĩa bốn loại AC ưu tiên truy cập kênh truyền cho các kiểu dữ liệu khác nhau và có các dịch vụ phân biệt cho từng loại AC, như được thể hiện trong Hình 1.5 [46].



Hình 1.5 Cơ chế EDCA trong một trạm [46]

Việc các khung dữ liệu khác nhau được ánh xạ cho từng AC sẽ phụ thuộc vào sự đòi hỏi chất lượng dịch vụ của tầng trên. Mỗi AC hoạt động trên cơ chế DCF độc lập để cạnh tranh cơ hội truyền bằng cách sử dụng các tham số EDCA của riêng mình, chẳng hạn như $AIFSN$, aCW_{min} và aCW_{max} , như được liệt kê trong Bảng 1.4 [43].

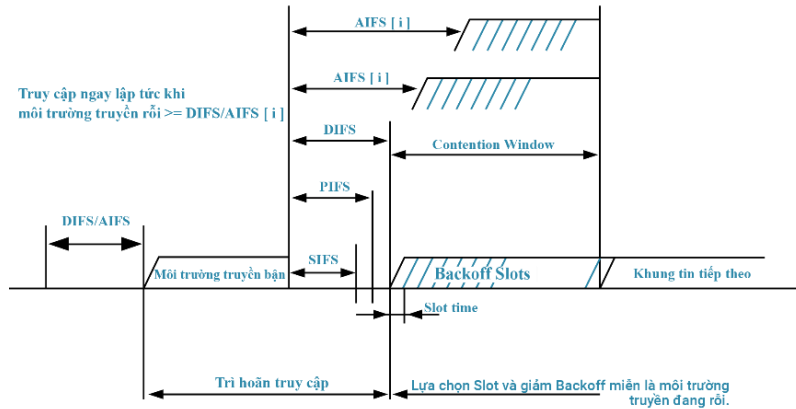
Bảng 1.4 Danh mục truy cập trong chuẩn IEEE 802.11p

Kiểu dữ liệu	AC trong 802.11p	AIFSN	CW_{min}	CW_{max}	TXOP
Background	AC_BK	9	aCW_{min}	aCW_{max}	0
Best effort	AC_BE	6	aCW_{min}	aCW_{max}	0
Video	AC_VI	3	$(aCW_{min} + 1)/2 - 1$	aCW_{min}	0
Voice	AC_VO	2	$(aCW_{min} + 1)/4 - 1$	$(aCW_{min} + 1)/2 - 1$	0

Mỗi phương tiện sẽ có bốn hàng đợi khác nhau, lưu lượng ưu tiên khác với lưu lượng không ưu tiên bằng cách sử dụng không gian liên khung $AIFS[AC[i]]$ và $CW_{min}[AC[i]]$ thay vì DIFS và CW_{min} tiêu chuẩn, tương ứng. Các không gian liên khung $AIFS[AC[i]]$ được xác định bởi công thức (1.1) sau:

$$AIFS[AC[i]] = aSIFSTime + AIFSN[AC[i]] * aSlotTime \quad i = (0, 1, 2, 3) \quad (1.1)$$

Trong đó, $aSIFSTime$ và $aSlotTime$ lần lượt là khoảng thời gian (Short Interframe Space - SIFS) và một khe thời gian, cả hai đều có giá trị cố định. Như đã trình bày trong Bảng 1.4 và công thức (1.1), khoảng thời gian của $AIFS[AC[i]]$ chịu ảnh hưởng bởi giá trị của $AIFSN[AC[i]]$. AC có giá trị $AIFSN$ nhỏ hơn sẽ có mức ưu tiên cao hơn để truy cập kênh truyền. Ngoài ra, các cửa sổ tương tranh khác nhau (ví dụ: CW_{min} và CW_{max}) được gán cho các hàng đợi AC khác nhau. Hàng đợi AC có kích thước CW nhỏ có cơ hội truy cập kênh truyền cao hơn so với hàng đợi có kích thước CW lớn.



Hình 1.6 Cơ chế truy cập EDCA cơ sở [46]

Như trình bày trong Hình 1.5, có bốn hàng đợi AC độc lập trong mỗi trạm. Trong một trạm như Hình 1.6, nếu AC[i] có một khung tin mới được khởi tạo để truyền, trạm sẽ kiểm tra trạng thái của kênh truyền và cảm nhận kênh truyền đang rỗi trong ít nhất một khoảng thời gian $AIFS[AC[i]]$. Bộ đếm thời gian backoff của AC[i], là một giá trị nguyên được lựa chọn ngẫu nhiên trong khoảng $[0, CW]$, sẽ được kiểm tra. Nếu nó có giá trị là 0, khung tin sẽ được trạm truyền ngay lập tức, nếu kênh truyền được cảm nhận là rỗi trong một khe thời gian thì bộ đếm thời gian backoff sẽ giảm đi 1, và tạm dừng khi kênh truyền bận. Bộ đếm thời gian backoff được kích hoạt lại sau khi cảm nhận kênh truyền rỗi trở lại trong khoảng thời gian $AIFS[AC[i]]$. Nếu kênh đang bận (trong khoảng thời gian $AIFS[AC[i]]$), việc truy cập sẽ bị trì hoãn lại. Trạm sẽ tiếp tục theo dõi kênh truyền cho đến khi kênh truyền rỗi trong khoảng thời gian $AIFS[AC[i]]$. Tại thời điểm này, thủ tục backoff được thực hiện để giảm thiểu xác suất xung đột. Khi bộ đếm thời gian backoff giảm về 0, khung tin sẽ được truyền đi. Tuy nhiên, trong mỗi trạm có bốn AC, khi có nhiều hơn một hàng đợi AC cùng truyền tại một thời điểm, xung đột có thể xảy ra trong một trạm. Mỗi trạm sẽ duy trì một bộ lập lịch để kiểm soát xung đột cục bộ này bằng cách cấp quyền ưu tiên truyền các khung tin cho hàng đợi AC có mức ưu tiên cao, trong khi trì hoãn hàng đợi AC có mức ưu tiên thấp hơn. Sau đó thủ tục backoff được gọi để bắt đầu lại quá trình truyền.

1.3.2.3 CSMA/CA

Như đã mô tả trong phần trước, một nút sử dụng cơ chế EDCA luôn phải cảm nhận môi trường truyền để kiểm tra xem môi trường có bận hay không. Để xác định tính sẵn sàng chia sẻ môi trường không dây, trong giao thức IEEE 802.11 MAC gốc, một nút

thực hiện hai đánh giá kênh truyền khác nhau [43], như sau:

Đánh giá kênh vật lý: Một nút phải lắng nghe kênh vô tuyến để nhận biết có hay không tần số vô tuyến truyền trong sóng mang đó. Nếu năng lượng tín hiệu tại ăng-ten vượt quá một ngưỡng nhất định hoặc một mẫu tín hiệu cụ thể được nhận dạng thì môi trường được xác định là bận.

Cơ chế cảm nhận sóng mang ảo: Một giá trị đếm thời gian, còn được gọi là Véc tơ phân bổ mạng - NAV (Network Allocation Vector) cho biết thời gian sử dụng kênh truyền. Khoảng thời gian của giá trị đếm thời gian này được cập nhật khi một nút nhận được khung tin từ các máy khác truyền trong môi trường. Trường khoảng thời gian trong khung tin chứa giá trị cho việc cập nhật. Một nút chỉ có thể bắt đầu truyền khi bộ đếm thời gian này bằng 0.

Trong quá trình đánh giá kênh vật lý, giao thức CCA (Clear Channel Assessment) sẽ được gọi để xác định trạng thái rỗi của kênh truyền. CCA phụ thuộc vào giao thức MAC và phương pháp cài đặt thiết bị đầu cuối. Đối với các giao thức CSMA/CA được sử dụng trong IEEE 802.11, CCA được thực hiện theo một trong ba phương pháp sau:

1. Chế độ CCA 1: *Năng lượng trên ngưỡng.* CCA sẽ báo cáo môi trường bận khi phát hiện bất kỳ năng lượng nào trên ngưỡng Phát hiện năng lượng (Energy Detection - ED). Trong trường hợp này, việc chiếm dụng kênh truyền có liên quan đến tổng mức nhiễu.
2. Chế độ CCA 2: *Chỉ cảm nhận sóng mang.* CCA sẽ chỉ báo cáo môi trường bận khi phát hiện tín hiệu tuân thủ tiêu chuẩn riêng của nó, tức là cùng đặc tính của lớp PHY, chẳng hạn như điều chế hoặc lan truyền. Lưu ý rằng tùy thuộc vào giá trị ngưỡng, tín hiệu này có thể cao hơn hoặc thấp hơn ngưỡng ED.
3. Chế độ CCA 3: *Cảm nhận sóng mang với năng lượng trên ngưỡng.* CCA phải báo cáo môi trường bận bằng cách sử dụng kết hợp logic (ví dụ AND hoặc OR) để phát hiện tín hiệu tuân theo AND hoặc OR năng lượng trên ngưỡng ED.

Cơ chế CCA đảm bảo rằng có một khoảng cách tối thiểu giữa các máy phát đồng thời (trừ khi xảy ra xung đột). Nếu máy thu nằm trong phạm vi vô tuyến của máy phát, nó đảm bảo mức nhiễu thấp tại vị trí máy thu. Ngoài ra, nó giới hạn số lượng máy phát đồng thời trong một khu vực nhất định. Do đó, cơ chế CCA là chìa khóa để đánh giá việc tái sử dụng không gian trong mạng không dây.

Bảng 1.5 Các giá trị bổ sung Type và Subtype của chuẩn 802.11p

Giá trị Type b3 b2	Mô tả type	Giá trị Subtype b7 b6 b5 b4	Mô tả Subtype
00	Management	0110	Timing Advertisement
00	Management	0111	Reserved

Ngoài các giá trị bổ sung hai trường Type và Subtype, các trường To DS và From DS cũng có một thay đổi về giá trị cho cả hai trường như trình bày trong Bảng 1.6.

Bảng 1.6 Các giá trị thay đổi To DS và From DS của chuẩn 802.11p

Các giá trị To DS và From DS	Ý nghĩa
To DS = 0 From DS = 0	Một khung tin dữ liệu trực tiếp từ STA (STation) này đến STA khác trong cùng một IBSS (Independent Basic Service Set), hoặc khung tin dữ liệu trực tiếp từ một STA không phải AP này sang một STA không phải AP khác trong cùng một BSS (Basic Service Set), hoặc khung tin dữ liệu bên ngoài ngữ cảnh của BSS, cũng như tất cả các khung quản lý và điều khiển.

- **Trường Address**

Địa chỉ lớp con 802.11 MAC thường có ba loại đó là Unicast, Multicast và Broadcast. Khung tin 802.11 có thể có tối đa 4 trường Address trong tiêu đề MAC. Các khung tin 802.11 thường chỉ sử dụng ba trong số các trường địa chỉ MAC. Nội dung của các trường Address đó có thể bao gồm các trường con như RA (Receiver Address), TA (Transmitter Address), BSSID (Basic Service Set Identifier), DA (Destination Address), SA (Source Address) được trình bày trong Hình 1.9.

Receiver Address	Transmitter Address	BSSID	Destination Address	Source Address
---------------------	------------------------	-------	------------------------	-------------------

Hình 1.9 Trường Address [43]

Trong các trường Address, chuẩn 802.11p có sự thay đổi trong trường BSSID, cụ thể là:

Trường BSSID là một trường 48 bit có cùng định dạng với địa chỉ MAC trong chuẩn IEEE 802. Khi *dot11OCBEnabled* là false, giá trị của trường này được xác định duy nhất cho mỗi BSS. Trong chuẩn 802.11p, *dot11OCBEnabled* là một thuộc tính trong

cấu hình mạng không dây, cho phép STA không phải là thành viên của BSS truyền khung tin dữ liệu. Các khung tin dữ liệu như vậy được định nghĩa là truyền bên ngoài ngữ cảnh của BSS. Giá trị của trường BSSID, trong một BSS cơ sở hạ tầng biểu thị địa chỉ MAC đang được sử dụng bởi STA trong AP của BSS.

Tất cả các giá trị “1s” được sử dụng làm ký tự đại diện để chỉ BSSID. Các giá trị ký tự đại diện không được sử dụng trong trường BSSID trừ trường hợp được qui định một cách rõ ràng trong tiêu chuẩn này. Khi *dot11OCBEnabled* là true, giá trị ký tự đại diện được sử dụng trong trường BSSID.

- **Trường điều khiển QoS**

Trường điều khiển QoS có 16 bits xác định tham số QoS của khung tin dữ liệu (chỉ trong loại khung tin dữ liệu QoS-Data). Trường điều khiển QoS gồm năm trường con bao gồm TID (Traffic Identifier), EOSP (End of Service Period), ACK Policy, Reserved, Queue Size được trình bày như trong Hình 1.10.

	TID	EOSP	ACK Policy	Reserved	Queue Size
Bits:	4	1	2	1	8

Hình 1.10 Trường điều khiển QoS [43]

Trong trường này, chuẩn 802.11p có những sự thay đổi ở hai trường con bao gồm đó là trường con TID và trường con Queue Size.

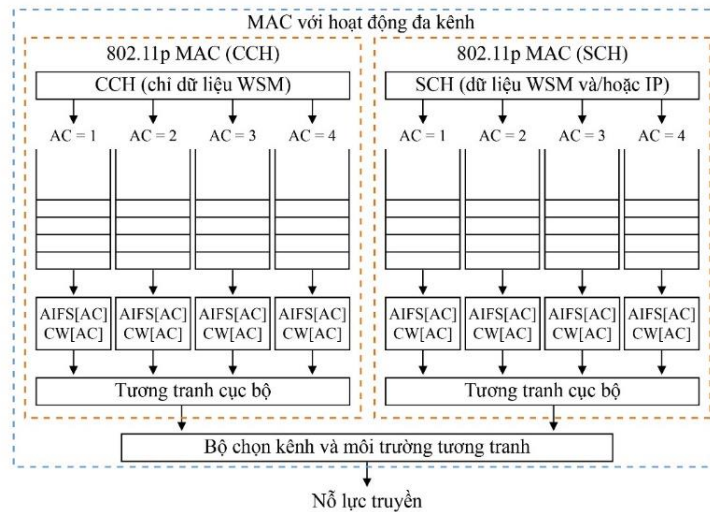
Trường con TID, bổ sung cụ thể là: Đối với các STA có *dot11OCBEnabled* là true, các luồng lưu lượng không được sử dụng và TID luôn luôn tương ứng với một TC.

Trường con Queue Size, thay đổi cụ thể là: Trường con Queue Size hiện diện trong khung dữ liệu QoS gửi bởi các STA không phải AP với 4 bit của trường điều khiển QoS được thiết lập là 1.

1.3.3 Giao thức IEEE 1609.4

Giao thức IEEE 1609.4 là tiêu chuẩn hoạt động đa kênh trong mạng VANET. Kiến trúc nội bộ của WAVE với MAC hoạt động đa kênh được mô tả trong Hình 1.11. Kiến trúc thiết kế tham chiếu này được sử dụng để quy định các hoạt động truyền như: định tuyến kênh truyền, quản lý hàng đợi và ưu tiên dữ liệu, và điều phối kênh truyền. Có hai thực thể 802.11p MAC: một dành cho CCH và một dành cho SCH. Mỗi kênh có bốn hàng đợi độc lập, mỗi hàng đợi có thủ tục backoff riêng để cung cấp các mức độ ưu

tiên riêng biệt. Dữ liệu được ưu tiên theo danh mục truy cập (liên quan trực tiếp đến mức độ ưu tiên của người dùng), như được chỉ ra bởi các hàng đợi được trình bày trong Hình 1.11, cung cấp các tham số tương tranh và truyền khác nhau cho các khung tin dữ liệu theo mức độ ưu tiên.

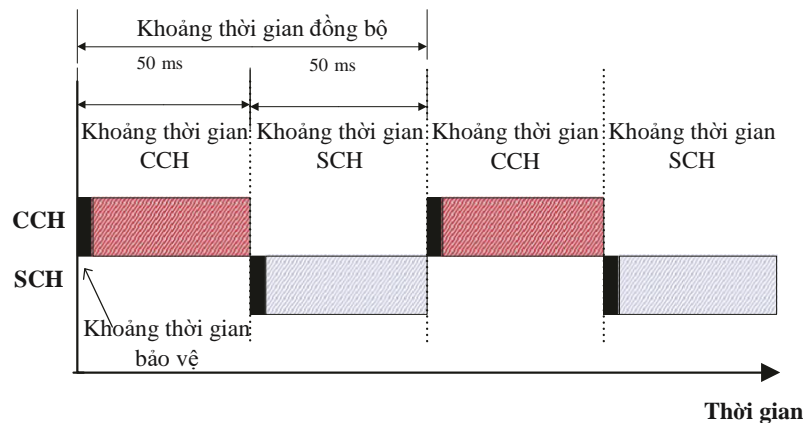


Hình 1.11 Kiến trúc nội bộ của WAVE với MAC hoạt động đa kênh [7]

Đối với WSM, kênh truyền, công suất truyền và tốc độ dữ liệu được thiết lập bởi các lớp cao hơn trên cơ sở mỗi thông báo. Đối với các gói dữ liệu IP, kênh truyền, công suất truyền và tốc độ dữ liệu được lưu trữ trong cấu hình máy phát. Bộ tham số EDCA mặc định được quy định trong tiêu chuẩn IEEE 802.11p cho hoạt động *dot11OCBEnabled* được tối ưu hóa để truyền thông báo khẩn và được đề xuất sử dụng khi hoạt động trên CCH.

Trong giao thức IEEE 1609.4, thời gian kênh được chia thành nhiều khoảng thời gian đồng bộ với độ dài cố định cho mỗi khoảng thời gian đồng bộ là 100 ms. Một khoảng thời gian đồng bộ bao gồm một khoảng thời gian CCH 50 ms và một khoảng thời gian SCH 50 ms như trình bày trong Hình 1.12. Mỗi CCH và SCH bắt đầu với một khoảng thời gian bảo vệ 4 ms cho phép các nút chuyển đổi giữa các kênh và nó được sử dụng để đồng bộ hóa chính xác giữa các phương tiện khác nhau. Tất cả các phương tiện cần điều chỉnh CCH trong khoảng thời gian CCH để truyền các thông báo liên quan đến an toàn hoặc thông báo WSA (WAVE Service Advertisement), trong khi trong khoảng thời gian SCH, các phương tiện có thể tùy chọn điều chỉnh theo SCH cụ thể để gửi các thông báo không an toàn. Chuyển đổi định kỳ và đồng bộ (luân phiên) giữa CCH và

SCH là bắt buộc đối với các bộ truyền thu phát đơn kênh và hoạt động trên một kênh vô tuyến tại một thời điểm.



Hình 1.12 Khoảng thời gian CCH và SCH [7]

1.4 Hiệu năng mạng VANET

Trong nhiều vấn đề đang tồn tại của mạng VANET cần nghiên cứu để giải quyết, tác giả luận án đề cập tới vấn đề nâng cao hiệu năng mạng. Dưới đây trình bày sơ lược khái niệm, các độ đo hiệu năng và các yếu tố liên quan có ảnh hưởng lớn đến hiệu năng trong mạng VANET.

1.4.1 Khái niệm về hiệu năng

Hiệu năng là một độ đo công việc mà một hệ thống thực hiện được. Hiệu năng chủ yếu được xác định bởi sự kết hợp của các nhân tố như tính sẵn sàng để dùng (availability), thời gian đáp ứng (response time) và thông lượng (throughput). Trong mạng máy tính, hiệu năng được xác định dựa trên các nhân tố khác như độ tin cậy (reliability), tỉ suất lỗi (error rate), thời gian trễ (delay time), hiệu năng của ứng dụng v.v. Tùy theo hệ thống được thiết kế, nghiên cứu, mà khái niệm hiệu năng được sử dụng một hoặc kết hợp từ nhiều yếu tố trên.

1.4.2 Các độ đo hiệu năng mạng

Hiệu năng mạng là một vấn đề bao hàm nhiều thành tố có liên quan đến nâng cao các chỉ số đo lường hướng tới người dùng và hệ thống. Các chỉ số đo lường thông dụng hướng tới người dùng như thời gian đáp ứng (response time) là khoảng thời gian từ khi có một yêu cầu (request) đến hệ thống cho đến khi nó được hệ thống thực hiện xong. Thời gian đáp ứng thường được sử dụng trong các hệ thời gian thực hoặc các môi trường hệ thống tương tác. Trong các hệ thống tương tác, đôi khi người ta sử dụng độ đo thời

gian phản ứng của hệ thống (system reaction time) thay cho thời gian đáp ứng. Thời gian phản ứng của hệ thống là khoảng thời gian tính từ khi dữ liệu vào hệ thống cho đến khi yêu cầu chứa trong dữ liệu vào đó nhận được khe thời gian (slice time) phục vụ đầu tiên. Độ đo này đo mức độ hiệu dụng của bộ lập lịch của hệ thống trong việc nhanh chóng đáp ứng và cung cấp dịch vụ cho một yêu cầu mới đến. Trong các hệ thống mạng máy tính, các tham số thời gian như thời gian đáp ứng và thời gian phản ứng của hệ thống thường được coi là các biến ngẫu nhiên. Do đó, thường thảo luận về phân bố xác suất, giá trị kỳ vọng và phương sai của chúng để đánh giá tính biến đổi và hiệu suất của hệ thống.

Các chỉ số đo lường hướng tới hệ thống điển hình là thông lượng (throughput) và thời gian trễ (delay time). Thông lượng là một đại lượng biểu thị số lượng đơn vị thông tin (có thể là bit, byte hay gói số liệu) tính trung bình được truyền qua mạng trong một khoảng thời gian cụ thể. Nếu việc truyền các đơn vị thông tin đi vào mạng diễn ra độc lập với trạng thái của mạng, thì thông lượng cũng có thể được hiểu là tốc độ truyền trung bình khi mạng vẫn còn có khả năng vận chuyển, không dẫn đến trạng thái bị tắc nghẽn. Trong một số trường hợp, người ta sử dụng đại lượng không phải là số nguyên, đó là Hệ số sử dụng đường truyền (Line Utilization) hay còn gọi thông lượng chuẩn hoá, là tỷ lệ giữa thông lượng truyền và năng lực vận chuyển của đường truyền (line capacity). Thời gian trễ là khoảng thời gian trung bình mà một gói tin cần để đi từ nguồn tới đích trong mạng. Cũng trong một số trường hợp, người ta sử dụng một đại lượng thời gian trễ chuẩn hoá, là tỷ lệ giữa thời gian trễ của gói tin và một tham số thời gian cố định, ví dụ thời gian cần thiết để truyền một gói tin (packet transmission time).

1.4.3 Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng

1.4.3.1 Hiện tượng multipath trên đường truyền

Mạng Ad hoc sử dụng kênh truyền vô tuyến nên chịu ảnh hưởng của các hiệu ứng vật lý như nhiễu kênh vô tuyến, nhiễu giao thoa giữa các kênh truyền, nhiễu tạp âm, nhiễu xuyên âm, nhiễu xung, hiện tượng fading, hiệu ứng suy giảm công suất qua môi trường không khí v.v. Trong đó hiện tượng multipath có ảnh hưởng lớn đến độ tin cậy của đường truyền.

Hiện tượng fading nhiều tia hay còn gọi là hiện tượng multipath là hiện tượng xảy ra khi tín hiệu từ cùng một nút phát được truyền đến nút thu theo nhiều đường khác

nhau do một phần năng lượng sóng bị phản xạ vào chướng ngại vật trên đường đi. Các tia tín hiệu này lệch pha với nhau và gây ra hiện tượng tăng hoặc giảm mức năng lượng bên thu. Có nhiều nguyên nhân gây ra hiện tượng multipath như sự thẳng góc của tầng điện ly đối với hệ thống sóng ngắn; sự hấp thụ gây bởi các phân tử khí, hơi nước, mưa, tuyết, sương mù; sự khúc xạ gây bởi sự không đồng đều của mật độ không khí; sự phản xạ sóng từ bề mặt trái đất, đặc biệt trong trường hợp có bề mặt nước và sự phản xạ sóng từ các bất đồng nhất trong khí quyển; sự phản xạ, tán xạ và nhiễu xạ từ các chướng ngại trên đường truyền lan sóng điện từ, gây nên hiện tượng trễ và giao thoa sóng tại nút thu do tín hiệu nhận được là tổng của rất nhiều tín hiệu truyền theo nhiều đường [33].

Hiện tượng fading lựa chọn tần số xảy ra do hiện tượng nút thu xử lý khác nhau đối với các tần số khác nhau trong một miền tần số. Đặc trưng của fading chọn lọc tần số là cường độ tín hiệu ở một vài tần số thì được tăng cường trong khi ở một số khác thì bị suy giảm. Độ trễ lan truyền là khoảng thời gian giữa tín hiệu được truyền đến nút thu đầu tiên và cuối cùng. Trong hệ thống số, độ trễ lan truyền gây ra hiện tượng nhiễu xuyên ký tự. Tín hiệu truyền trước đó có thể chồng lên tín hiệu đến tiếp sau, gây ra các lỗi rất nghiêm trọng, sử dụng TDMA. Khi tốc độ truyền tăng lên, thời gian giữa các bit nhận được bị thu ngắn lại và xác suất xảy ra giao thoa xuyên ký tự tăng lên, vì vậy hiện tượng multipath làm hạn chế tốc độ truyền tối đa, và đặt ra cho nó một giới hạn trên. Thông thường, để xử lý hiện tượng multipath, tức là giảm thiểu độ trễ lan truyền, người ta phải giảm tốc độ truyền, điều này dẫn tới sự ra đời của OFDM.

1.4.3.2 Sự suy giảm tín hiệu và dung lượng kênh truyền

Quá trình truyền tín hiệu, trên bất kỳ phương tiện truyền thông nào, tín hiệu luôn bị giảm dần năng lượng trên đường đi. Quá trình suy hao năng lượng đó được gọi là sự suy giảm (Attenuation). Độ suy giảm tín hiệu trên đường truyền được tính theo hàm logarit. Thông qua hàm suy hao tín hiệu trên đường truyền, ta có thể định lượng được mức năng lượng bị mất, qua đó xác định được năng lượng cần thiết của tín hiệu nguồn. Đơn vị decibel (dB) được dùng để xác định độ tương quan do suy hao hoặc khuếch đại giữa tín hiệu nguồn và tín hiệu đích. Công suất tính theo đề xi ben được tính theo công thức (1.2) như sau:

$$AT = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \quad (1.2)$$

Trong đó, P_1 là công suất tại nguồn, P_2 là công suất tại đích.

Dung lượng kênh (Channel capacity) là tốc độ tối đa mà dữ liệu có thể truyền trên một kênh hoặc đường truyền dữ liệu trong các điều kiện cụ thể. Dung lượng kênh phụ thuộc vào ba yếu tố chính bao gồm băng thông (bandwidth), nhiễu (noise), tỷ lệ lỗi (error rate). Các tham số này dễ bị tác động làm thay đổi trong môi trường Ad hoc, ảnh hưởng trực tiếp đến việc truyền tin của kênh.

Nhiễu là thành phần tín hiệu không mong muốn, bị thêm vào, làm sai lệch tín hiệu chính. Do ảnh hưởng của nhiễu, nếu càng tăng số lượng mức tín hiệu thì các bit dữ liệu càng dễ bị sai lệch bởi nhiễu. C.E. Shannon [47] đưa ra công thức xác định dung lượng kênh đối với một kênh truyền có nhiễu.

$$C = B \times \log_2(1 + SNR) \quad (1.3)$$

Trong đó, C là dung lượng kênh truyền (bps), B là băng thông tín hiệu (Hz), SNR là tỷ lệ cường độ tín hiệu trên cường độ nhiễu (Signal to Noise Ratio). Trong đó SNR được tính theo công thức:

$$SNR = \frac{signal_power}{noise_power} \quad (1.4)$$

Để thuận tiện SNR cũng có thể tính theo đơn vị dB như sau:

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{signal_power}{noise_power} \quad (1.5)$$

Trong công thức của Shannon, nhiễu được giả thiết là chỉ có nhiễu nhiệt, không có nhiễu xung, không có sự suy giảm và sai lệch do trễ trên đường truyền. Do vậy trong thực tế, tốc độ truyền số liệu tối đa một kênh truyền thông có thể đạt được thường thấp hơn nhiều so với giá trị tính toán trong công thức Shannon.

1.4.3.3 Biến động về định tuyến

Trong mạng VANET, các phương tiện di chuyển rất nhanh gây ra sự thay đổi cấu trúc liên kết mạng nhanh chóng và thường xuyên theo thời gian. Ngắt kết nối có thể xảy ra chỉ trong vài giây sau khi một phương tiện ra khỏi phạm vi truyền của phương tiện khác do sự khác biệt về vận tốc di chuyển. Do đó không thể dự đoán trước được tuyến đường giữa nút nguồn và đích. Kết quả là việc định tuyến các gói tin định tuyến giữa hai nút trở nên phức tạp hơn nhiều so với mạng MANET truyền thống. Lúc đầu, các giao thức định tuyến MANET được triển khai trong VANET. Tuy nhiên, chúng lại gặp rất nhiều hạn chế về mặt kỹ thuật trong các kịch bản VANET như khả năng mở rộng, tính di động, tăng cường sử dụng flooding và định tuyến cục bộ [48-51].

1.4.3.4 Điều khiển tắc nghẽn

Khi có nhiều gói tin từ nhiều nguồn khác nhau cùng đến nút trung gian với một cổng ra giống nhau ở cùng thời điểm thì chỉ có duy nhất một gói tin được chuyển tiếp đến các nút mạng khác, các gói tin còn lại bị đẩy vào một hàng đợi tại liên kết đầu ra mà chúng yêu cầu. Nếu tốc độ chuyển các gói tin đi khỏi nút mạng nhỏ hơn tốc độ các gói tin đến nút mạng thì sau một khoảng thời gian hàng đợi sẽ đầy và xảy ra hiện tượng tắc nghẽn. Trên thực tế, phương pháp điều khiển tắc nghẽn của giao thức TCP (Transmission Control Protocol) được đề xuất cho các mạng có dây khi mà tắc nghẽn là nguyên nhân chính dẫn đến mất gói tin. Tuy nhiên, trong MANET mất gói tin có thể xảy ra do nhiều nguyên nhân khác nhau như tắc nghẽn, mất định tuyến, và lỗi kênh truyền. Thật vậy, MANET đối mặt với các vấn đề tương tranh do việc chia sẻ môi trường không dây giữa tất cả các nút di động dẫn đến việc tăng số lượng gói tin bị mất trong mạng. Tính di động là một vấn đề chính gây ra mất định tuyến và do đó dẫn đến mất gói tin trong mạng. Hơn nữa, có nhiều thách thức liên quan đến các liên kết không dây gây ra mất gói tin trong mạng không dây, chẳng hạn như bị tấn công, lỗi liên kết, lỗi kênh truyền và chia sẻ băng thông không công bằng [23, 52 - 54]. Các phương pháp điều khiển tắc nghẽn hiện có trong MANET không hiệu quả trong VANET do đặc tính riêng của VANET so với MANET. Một số nguyên nhân tắc nghẽn cần được xem xét như [55]:

- *Do lưu lượng mạng*

Sự thay đổi đột biến của lưu lượng: Thông thường, các ứng dụng mới trong mạng Internet được thiết kế với nhu cầu lưu lượng truyền tải lớn (đặc biệt là các ứng dụng liên quan đến cơ sở dữ liệu phân tán hay VoIP, Video, IPTV...). Mặt khác, những ứng dụng đa phương tiện có đặc điểm là lưu lượng biến đổi động khó dự đoán trước được

Tính biến động của lưu lượng: Đây là một đặc tính mới của mạng hiện nay so với mạng truyền thống. Hình trạng mạng có thể thay đổi đột ngột do các nút mạng có thể di chuyển hoặc tự hệ thống mạng có thể cấu hình thay đổi hình trạng, điều đó dẫn đến những biến đổi về phân chia lưu lượng trên mạng.

- *Khả năng hạn chế của nút mạng*

Khả năng xử lý tại nút: Do thời gian chờ xử lý và xếp hàng trong hàng đợi quá lớn. Khi luồng các gói tin đột ngột đến từ nhiều cổng vào và tất cả đều cần ra cùng một

công thì hàng đợi tại đây sẽ có chiều hướng tăng. Nếu khả năng xử lý của các nút mạng chậm sẽ dẫn đến tắc nghẽn. Do đó, cần có các cơ chế điều khiển hoạt động hiệu quả tại nút trung gian để tránh hiện tượng tắc nghẽn do tràn hàng đợi.

Dung lượng bộ đệm tại nút: Do chiều dài hàng đợi nhỏ dẫn đến chiều dài hàng đợi không đủ dung lượng để lưu các gói tin đến thì xảy ra hiện tượng mất gói. Việc tăng chiều dài hàng đợi lên sẽ hạn chế sự mất gói, nhưng đây không phải là giải pháp tốt vì khi tăng chiều dài hàng đợi thì đồng nghĩa với việc tạo ra trễ lớn tại hàng đợi, sẽ làm ảnh hưởng đến hiệu năng mạng. Vì vậy, cần có cơ chế quản lý hàng đợi tích cực tại nút mạng để giữ cho số lượng gói tin trong hàng đợi duy trì dưới mức cho phép, không vượt quá các ngưỡng nhằm tránh tắc nghẽn hoặc loại bỏ gói tin trước khi tắc nghẽn xảy ra.

- *Tính không đồng nhất giữa các mạng liên kết*

Tốc độ truyền trên kênh di động thấp hơn nhiều so với kênh cố định. Vì vậy, phần truy cập vô tuyến sẽ luôn là chỗ nghẽn cổ chai đối với một kết nối giữa thuê bao di động đầu cuối ở mạng cố định. Đây là một trong những đặc điểm của môi trường hỗn tạp Internet. Khi băng thông tại mỗi kết nối đầu ra của đoạn mạng nhỏ hơn băng thông của các kết nối bên trong có lưu lượng ra ngoài lớn hơn sẽ dẫn đến tình trạng nghẽn cổ chai tại điểm ra. Ngoài ra, hiệu ứng băng thông không đối xứng cũng có tác động lớn đến truy cập mạng.

- *Hạn chế của giao thức*

Giao thức điều khiển tránh tắc nghẽn tại tầng giao vận TCP hoạt động theo cơ chế thụ động ở phía đầu cuối, nên sẽ có độ trễ lớn từ khi xảy ra hiện tượng mất gói cho đến khi TCP nhận biết tắc nghẽn. Hơn nữa, TCP không có khả năng phân biệt giữa mất gói do lỗi của đường truyền hay mất gói do tắc nghẽn. Mỗi khi xảy ra các hiện tượng mất gói thì TCP giảm tốc độ truyền, điều này không phù hợp với đường truyền có tỉ lệ lỗi mất gói cao, như trong mạng không dây. Việc điều chỉnh không phù hợp của giao thức TCP có thể dẫn đến hiệu năng đường truyền bị giảm sút.

1.4.4 Phương pháp đánh giá hiệu năng trong mạng VANET

Có ba phương pháp phổ biến được sử dụng để đánh giá hiệu năng mạng là phương pháp đánh giá bằng mô hình hóa, phương pháp đánh giá bằng thực nghiệm và phương pháp đánh giá bằng mô hình mô phỏng.

1.4.4.1 Phương pháp mô hình hóa

Phương pháp mô hình hóa sử dụng các mô hình và khái niệm toán học để mô tả các tham số hiệu năng và mối tương quan, tác động giữa các tham số. Lý thuyết nền tảng thường sử dụng là lý thuyết hàng đợi, lý thuyết xác suất thống kê, lý thuyết đồ thị. Trong đó lý thuyết hàng đợi thường được sử dụng trong đánh giá hiệu năng. Ưu điểm của phương pháp mô hình hóa là chi phí và thời gian thử nghiệm thấp, tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là nhiều giả thuyết đưa ra để giải quyết bài toán khi áp dụng vào thực tế không khả thi hoặc thiếu các điều kiện cần thiết.

1.4.4.2 Phương pháp thực nghiệm

Thực nghiệm là phương pháp đánh giá hiệu năng trên thiết bị mạng thực thông qua việc đo lường các chỉ số để giám sát và kiểm chứng kết quả. Phương pháp thực nghiệm thường sử dụng trong giai đoạn lắp đặt và vận hành hệ thống để chọn các tham số cấu hình phù hợp. Phương pháp thực nghiệm chỉ được áp dụng hệ thống mạng thực đã tồn tại và được phép truy cập để đánh giá. Tuy nhiên nhược điểm phương pháp này là tốn kém và khó thực hiện. Việc thực nghiệm cũng gặp khó khăn khi sử dụng các công cụ đo lường. Ưu điểm chính của phương pháp này là đưa lại kết quả sát với thực tế, giúp đánh giá một cách chính xác các thông số của hiệu năng.

1.4.4.3 Phương pháp mô phỏng

Phương pháp sử dụng các phần mềm mô phỏng để đánh giá hiệu năng mạng. Các phần mềm thông dụng có độ tin cậy cao thường được sử dụng là NS2, OMNet++, OPNET, QualNet, GloMoSim, Netsim, MATLAB... [56]. Mô phỏng là quá trình bắt chước hoạt động trên hệ thống thực thông qua mô hình ảo thực hiện bằng phần mềm. Phương pháp mô phỏng có ưu điểm tiết kiệm chi phí và mềm dẻo trong việc thiết kế, có thể thực hiện nhiều lần nên thường được sử dụng chính trong đánh giá hiệu năng mạng. Nhược điểm của phương pháp này là cần nhiều thời gian để kiểm nghiệm độ chính xác và tin cậy của các kịch bản mô phỏng, trong đó việc thiết lập các tham số, cấu hình hệ thống đòi hỏi nhiều kỹ năng liên quan đến phần mềm chuyên dụng.

Trong mạng VANET, để triển khai và thử nghiệm thực tế là rất tốn kém và phức tạp. Sử dụng phần mềm mô phỏng là một giải pháp thay thế thực tế hơn nhằm tiết kiệm chi phí và thời gian. Khó khăn của mô phỏng mạng VANET xuất phát từ nhu cầu mô phỏng các mô hình di động cũng như truyền mạng và dữ liệu một cách đồng thời. Để

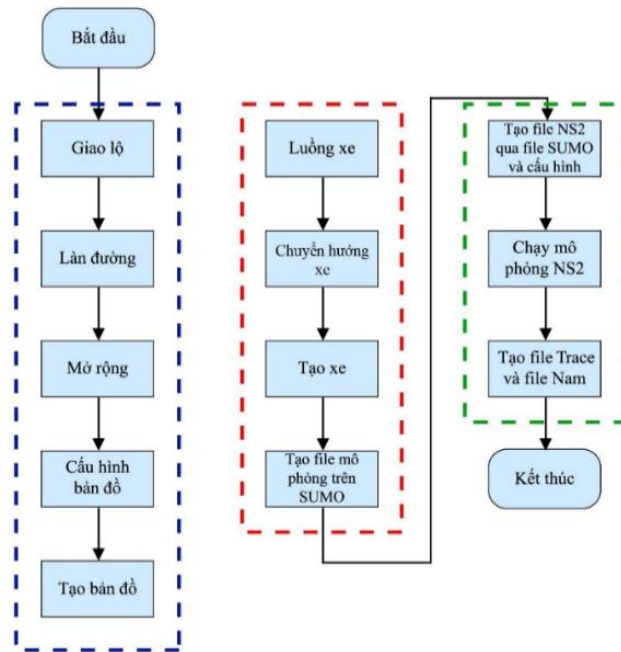
giải quyết vấn đề này, tác giả luận án sử dụng kết hợp các phần mềm mô phỏng mạng để đánh giá hiệu năng mạng như sau:

NS2 (The Network Simulator): NS2 là một phần mềm mô phỏng mạng với các sự kiện rời rạc, mã nguồn mở được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu, phân tích hiệu suất của các giao thức mạng, định tuyến và các thuật toán khác, phát triển các mô hình mạng. NS2 có thể mô phỏng cả mạng có dây, mạng không dây và mạng di động [57].

SUMO (Simulation of Urban Mobility): SUMO là một gói phần mềm mô phỏng giao thông đô thị, mã nguồn mở, có tính di động cao, được thiết kế để xử lý trên các kích thước mạng lưới giao thông khác nhau nhằm tạo ra một kịch bản mô phỏng giao thông phù hợp với thực tế. Các tính năng chính của SUMO bao gồm di chuyển phương tiện không gây va chạm, hỗ trợ các loại phương tiện khác nhau, định tuyến của từng phương tiện, hỗ trợ đường nhiều làn với khả năng thay đổi làn đường, quy tắc ưu tiên tại các giao lộ, phân cấp các loại giao lộ, giao diện người dùng đồ họa để sử dụng và định tuyến động. Tuy nhiên, do SUMO là một trình tạo lưu lượng thuần túy, các dấu vết được tạo ra không thể sử dụng trực tiếp bởi các phần mềm mô phỏng mạng hiện có [58, 59].

MOVE (Mobility Model Generator for Vehicular Networks): MOVE là một công cụ hiệu quả tạo ra các mô hình di động thực tế cho các mô phỏng trong mạng VANET. MOVE được xây dựng dựa trên SUMO. Công cụ xây dựng bản đồ được sử dụng để tạo ra các cấu trúc liên kết đường đi và phương pháp hoạt động của các phương tiện. Đầu ra của MOVE là một tệp vết di động chứa thông tin về các chuyển động thực tế của phương tiện có thể được sử dụng ngay lập tức bởi các công cụ mô phỏng mạng phổ biến như NS-2 hoặc GloMoSim [60].

Đây là các bộ mô phỏng được các nhà nghiên cứu uy tín sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu về mạng VANET. Trong Hình 1.13 cho thấy quy trình tích hợp các phần mềm để mô phỏng trong mạng VANET.



Hình 1.13 Quy trình tích hợp các phần mềm MOVE, SUMO, NS2 [60]

1.5 Kết luận Chương 1

Trong chương này, luận án đã trình bày khái quát về mô hình, cấu trúc điều khiển, các thành phần giao thức và các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng trong mạng VANET. Trong đó đi sâu phân tích các vấn đề đang tồn tại có ảnh hưởng lớn đến hiệu năng trong mạng VANET. Trên cơ sở các vấn đề này, hướng nghiên cứu của luận án được xác định là đề xuất cơ chế, giải pháp điều khiển tắc nghẽn nhằm cải thiện hiệu năng và chất lượng dịch vụ truyền dữ liệu trong mạng VANET. Nội dung chương được tổng hợp từ các tài liệu chuyên ngành và một phần được trích rút từ công bố trong 01 bài báo khoa học chuyên ngành [CT3].

CHƯƠNG 2. PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TẮC NGHẼN TRONG MẠNG VANET

Hiện nay, có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng và chất lượng dịch vụ truyền dữ liệu, tắc nghẽn là một yếu tố quan trọng có thể dẫn đến suy giảm QoS trong mạng VANET. Tắc nghẽn xảy ra do hạn chế về tài nguyên, dẫn đến làm tăng khả năng xảy ra xung đột, tỷ lệ mất gói tin và độ trễ, và làm giảm thông lượng mạng có mật độ phương tiện cao. Điều khiển tắc nghẽn là một cách tiếp cận hiệu quả nhất để cải thiện hiệu năng, cung cấp môi trường an toàn và đáng tin cậy hơn cho người dùng VANET. Trên cơ sở đó, trong chương này luận án tập trung phân tích các vấn đề cơ bản về nguyên lý điều khiển tắc nghẽn, xác định các vấn đề điều khiển tắc nghẽn còn tồn tại đối với cơ chế truyền quảng bá, đánh giá các phương pháp phát hiện và điều khiển tắc nghẽn trong mạng VANET. Đề xuất hướng tiếp cận và phương pháp điều khiển tắc nghẽn hiệu quả cải thiện hiệu năng và chất lượng dịch vụ truyền dữ liệu trong mạng VANET.

2.1 Điều khiển tắc nghẽn trong mạng VANET

2.1.1 Nguyên lý điều khiển tắc nghẽn

Các phương pháp điều khiển tắc nghẽn có thể cải thiện hiệu năng của mạng có dây, mạng không dây và cung cấp truyền thông tin cậy hơn bằng cách kiểm soát tải kênh truyền. Tắc nghẽn cần được kiểm soát trong mạng để đạt được khả năng đáp ứng cao hơn, sử dụng băng thông, khả năng mở rộng, hiệu quả, và ổn định. Sự tắc nghẽn cũng cần được kiểm soát để giảm tỷ lệ mất gói tin và tăng tính công bằng và khả năng tương thích của các mạng với các giao thức và tiêu chuẩn khác nhau. Hiệu quả của các phương pháp điều khiển tắc nghẽn nên được cải thiện bằng cách tăng tốc độ hội tụ, tính liên tục và khả năng đáp ứng của các phương pháp. Tốc độ hội tụ được ước tính dựa trên khoảng thời gian cần thiết để đạt đến trạng thái ổn định trong mạng. Tính liên tục đảm bảo kết nối được duy trì liên tục và không bị gián đoạn trong quá trình truyền dữ liệu. Tính liên tục phụ thuộc vào kích thước dao động của dữ liệu được đo dựa trên sự phản xạ của cường độ dao động. Khả năng đáp ứng được tính toán dựa trên thời gian khứ hồi – RTT (Round Trip Time) cần thiết để đạt được sự ổn định trong mạng [61].

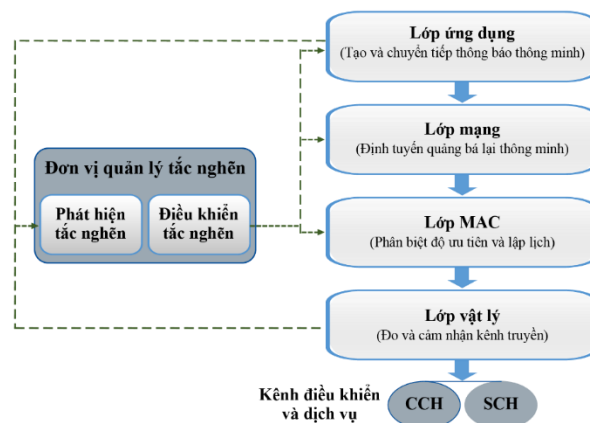
Các phương pháp điều khiển tắc nghẽn trong mạng không dây có thể được phân thành hai nhóm chung bao gồm các phương pháp end-to-end và hop-by-hop [19]. Các phương pháp end-to-end không phù hợp để điều khiển tắc nghẽn trong VANET vì trong

các phương pháp này các vấn đề liên quan đến nút trung gian (ví dụ như xung đột, nhiễu và các vấn đề truyền thông) không được quan tâm. Phương pháp hop-by-hop phù hợp để điều khiển tắc nghẽn trong VANET do tính động của các mạng này và những hạn chế liên quan đến khả năng lưu trữ và tính toán của phương tiện. Phương pháp hop-by-hop có thể điều khiển tắc nghẽn cục bộ đối với tập hợp con các nút cụ thể trong VANET. Tuy nhiên, việc áp dụng các phương pháp này trong VANET có một số nhược điểm. Các phương pháp này làm tăng chi phí truyền thông và tính toán, không có khả năng mở rộng khi số lượng kết nối tăng lên. Do đó, cần đề xuất các giải pháp mới phù hợp với các đặc tính riêng của VANET như tính di động cao, tốc độ thay đổi cấu trúc liên kết mạng cao, mật độ phương tiện cao [4].

Nhiều vấn đề trong hệ thống phức tạp như mạng máy tính có thể được xem xét dựa trên quan điểm của lý thuyết điều khiển. Các giải pháp điều khiển tắc nghẽn trong VANET được chia thành hai nhóm điều khiển là điều khiển vòng mở và điều khiển vòng đóng [55]. Các giải pháp điều khiển vòng mở ngăn ngừa tắc nghẽn trước khi nó xuất hiện trong mạng trong khi các giải pháp điều khiển vòng đóng điều khiển tắc nghẽn sau khi được phát hiện trong mạng. Các giải pháp điều khiển vòng mở sử dụng một số chính sách như truyền lại, cửa sổ, lưu bộ đệm không đúng trình tự, điều khiển luồng, loại bỏ và chính sách xác nhận để tránh xảy ra tắc nghẽn. Mặt khác, các giải pháp điều khiển vòng đóng sử dụng một số chính sách như phản hồi ngược, gói choke, phát tín hiệu ngầm và phát tín hiệu rõ ràng.

2.1.2 Kiến trúc điều khiển tắc nghẽn xuyên lớp

Trong Hình 2.1 [62], một thực thể quản lý WAVE được xem xét để phát hiện tắc nghẽn và điều khiển tắc nghẽn.



Hình 2.1 Kiến trúc điều khiển tắc nghẽn xuyên lớp trong VANET [62]

Phát hiện tắc nghẽn sử dụng một số thông tin từ lớp ứng dụng để phát hiện tắc nghẽn xảy ra trong mạng. Ngoài ra, tắc nghẽn có thể được phát hiện bằng cách cảm nhận kênh truyền trong lớp vật lý và đo một số tham số như mức độ sử dụng kênh truyền.

Việc điều khiển tắc nghẽn có thể được tiến hành theo những cách khác nhau trong các lớp mạng khác nhau. Lớp ứng dụng có thể góp phần điều khiển tắc nghẽn bằng cách điều chỉnh tốc độ tạo ra thông báo của các ứng dụng khác nhau, và giảm tải lưu lượng truy cập cũng như tắc nghẽn trong mạng. Lớp mạng có thể điều khiển tắc nghẽn bằng các thuật toán định tuyến thông minh giúp phát lại hiệu quả các thông báo và giảm thiểu tắc nghẽn bằng cách hạn chế lưu lượng chuyển tiếp. Lớp MAC phân biệt theo độ ưu tiên và lập lịch các thông báo tại lớp MAC là cách tiếp cận chính có thể giúp kiểm soát đáng kể tình trạng tắc nghẽn trong VANET. Lớp vật lý có thể phát hiện tắc nghẽn bằng cảm nhận và đo lường kênh, ví dụ như CCA từ IEEE 802.11. Hơn nữa, việc thiết kế kênh truyền dành riêng cho các ứng dụng khác nhau, như kiến trúc CCH/SCH trong WAVE, tạo điều kiện phân biệt mức độ ưu tiên giữa các thông báo an toàn ưu tiên cao và thông báo an toàn ưu tiên thấp, tương ứng [62, 63].

2.1.3 Phương pháp phát hiện tắc nghẽn

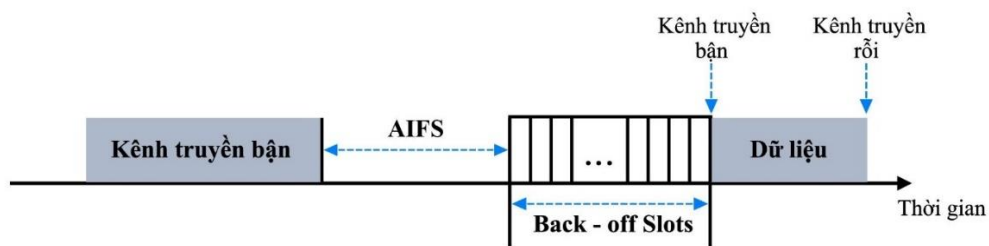
Trong VANET, phát hiện tắc nghẽn sử dụng hai phương pháp bao gồm phương pháp dựa trên sự kiện và dựa trên phép đo [62, 64]. Phương pháp dựa trên sự kiện phát hiện tắc nghẽn dựa trên các thông báo an toàn hướng sự kiện. Trong các phương pháp này, khi một ứng dụng an toàn được khởi tạo và truyền quảng bá thông báo an toàn hướng sự kiện trong mạng, giả định rằng xảy ra tắc nghẽn trong mạng. Khi đó bằng cách phát hiện thông báo an toàn hướng sự kiện trong mạng, hàng đợi truyền tầng MAC bị đóng băng ngoại trừ hàng đợi kênh điều khiển để đảm bảo phân phối các thông báo an toàn hướng sự kiện có mức độ ưu tiên cao. Do đó, để cải thiện hiệu năng của các ứng dụng an toàn, tắc nghẽn cần được kiểm soát ngay lập tức bằng cách đóng băng việc truyền các thông báo khác ngoại trừ các thông báo an toàn hướng sự kiện.

Phương pháp dựa trên phép đo phát hiện tắc nghẽn bằng cách định kỳ cảm nhận kênh truyền và đo một số thông số như số lượng thông báo trong hàng đợi [19], thời gian chiếm dụng kênh truyền [65] và mức độ sử dụng kênh truyền [62]. Các giá trị của các tham số này được so sánh với các ngưỡng được xác định trước để đưa ra quyết định

về việc xảy ra tắc nghẽn trong mạng. Các ngưỡng được xác định trước có tác động đáng kể đến hiệu năng của mạng trong việc giám sát các kênh truyền và phát hiện tắc nghẽn.

Theo tác giả Bouassida và cộng sự [19], mỗi nút duy trì một hàng đợi CCH để lưu trữ các thông báo an toàn và một hàng đợi SCH để lưu trữ các thông báo dịch vụ. Mỗi nút tính mức độ ưu tiên riêng biệt phụ thuộc vào số lượng thông báo đang chờ trong hàng đợi CCH và hàng đợi SCH. Mặt khác, mỗi nút dự trữ động một phần kênh truyền của CCH và SCH tùy thuộc vào số lượng thông báo đang chờ trong hàng đợi. Các thông báo dịch vụ tại một nút cũng có thể được truyền bằng CCH miễn là CCH rỗi và SCH bị quá tải, điều này giúp giảm thiểu việc mất thông báo dịch vụ tại một nút, từ đó làm giảm mức độ tắc nghẽn và cải thiện chất lượng dịch vụ của nút. Nếu độ dài của hàng đợi SCH vượt quá một ngưỡng, nó được coi là xảy ra tắc nghẽn trong mạng. Sau đó, nút phát hiện tắc nghẽn điều khiển tắc nghẽn bằng cách giảm tốc độ truyền.

Tuy nhiên, trong [66], mỗi nút đo độc lập thời gian chiếm dụng kênh truyền CCH. Khi thời gian chiếm dụng kênh truyền của CCH vượt quá ngưỡng, nút chặn việc truyền các thông báo cảnh báo để điều khiển tắc nghẽn. Trong [62], tắc nghẽn được phát hiện khi mức độ sử dụng kênh truyền vượt quá ngưỡng được xác định trước đó là ước tính dựa trên thủ tục truyền gói tin trong lớp MAC của tiêu chuẩn WAVE như trong Hình 2.2.



Hình 2.2 Thủ tục truyền gói tin trong lớp MAC của tiêu chuẩn WAVE [62]

2.1.4 Phương pháp điều khiển tắc nghẽn

Phương pháp điều khiển tắc nghẽn trong VANET có thể được phân loại dựa trên các tiêu chí khác nhau. Nó dựa trên phương pháp quyết định ngăn chặn hoặc điều khiển tắc nghẽn, các phương pháp điều khiển tắc nghẽn trong VANET có thể được phân thành ba loại bao gồm: các phương pháp chủ động, phản ứng và phương pháp lai [11, 62, 66].

Trong phương pháp chủ động, dựa trên một số thông tin như số lượng phương tiện lân cận, mô hình khởi tạo dữ liệu, các tham số truyền được điều chỉnh sao cho khi

xảy ra tắc nghẽn sẽ được ngăn chặn. Nói cách khác, các phương pháp chủ động có thể được coi là phương pháp điều khiển tắc nghẽn vòng mở điều chỉnh các tham số truyền trước khi kênh truyền trở nên tắc nghẽn. Phương pháp chủ động ước tính tải kênh truyền bằng cách sử dụng một mô hình hệ thống. Theo đó, để cung cấp hiệu năng mong muốn cho lớp ứng dụng, cơ chế tối ưu hóa được sử dụng để có được các giá trị phù hợp cho các tham số truyền nhằm tránh xảy ra tắc nghẽn trên các kênh truyền. Các phương pháp chủ động có hiệu quả để điều khiển tắc nghẽn trong môi trường phương tiện bởi vì trong môi trường này phần lớn các thông báo an toàn được gửi đến các kênh truyền vô tuyến đều đang bị đe dọa nghiêm trọng bởi sự tắc nghẽn của kênh truyền. Tóm lại, các phương pháp chủ động giảm tải kênh truyền để tránh xảy ra tắc nghẽn trong các kênh truyền bằng cách điều chỉnh một số tham số truyền như độ trễ, băng thông, lưu lượng truyền, kích thước gói tin, độ ưu tiên của gói tin. Để ước tính tải kênh truyền được tạo ra bởi phương tiện lân cận, phương pháp chủ động sử dụng mô hình truyền thông để ánh xạ mức công suất truyền tới phạm vi cảm nhận sóng. Các điều kiện lan truyền cần được xem xét để ánh xạ phù hợp. Tuy nhiên, rất khó để ước tính các điều kiện lan truyền trong các kịch bản thực tế nơi mà các phương tiện di chuyển linh hoạt. Ngoài ra, trong các phương pháp chủ động, độ trễ để ước tính tải khởi tạo kênh truyền cần được xem xét. Mặc dù, độ trễ này có thể chấp nhận được (ví dụ: trong trường hợp các ứng dụng sử dụng thông báo cảnh báo), việc ước tính chính xác về tốc độ khởi tạo kênh truyền là một nhiệm vụ đầy thách thức.

Phương pháp phản ứng sử dụng thông tin về các điều kiện tắc nghẽn kênh truyền để quyết định phương pháp nên tiến hành điều khiển tắc nghẽn bằng cách điều chỉnh một số tham số truyền như tốc độ truyền dữ liệu, thời gian truyền giữa các gói tin, độ trễ của gói tin và cơ chế tránh xung đột. Phương pháp phản ứng có thể được coi là các giải pháp điều khiển tắc nghẽn vòng đóng điều khiển tắc nghẽn sau khi nó xảy ra trong mạng. Do đó, các phương pháp cảm nhận kênh truyền một cách định kỳ, đo một số thông số kênh truyền (ví dụ: mức độ sử dụng kênh truyền, số lượng thông báo trong hàng đợi và thời gian chiếm dụng kênh truyền) và so sánh giá trị của các tham số này với ngưỡng được xác định trước để phát hiện xảy ra tắc nghẽn trong mạng. Nếu xảy ra tắc nghẽn được phát hiện trong các kênh truyền, các tham số truyền được điều chỉnh để giảm tải của kênh truyền và điều khiển tắc nghẽn. Tóm lại, phương pháp phản ứng làm

giảm tải của các kênh truyền bằng cách thu thập thông tin phản hồi từ các mạng phương tiện. Vì các phương pháp kiểm soát tải kênh truyền sau khi phát hiện dấu hiệu sắp xảy ra tắc nghẽn, nên cần phải khôi phục mạng từ tình huống quan trọng này. Tuy nhiên, việc khôi phục mạng dẫn đến giảm hiệu năng của ứng dụng an toàn trong những tình huống quan trọng.

Phương pháp điều khiển tắc nghẽn thứ ba là các phương pháp lai sử dụng các lợi thế của các phương pháp chủ động và phản ứng. Ví dụ: các phương pháp điều chỉnh công suất truyền một cách chủ động và tốc độ truyền một cách phản ứng để điều khiển tắc nghẽn trong các kênh truyền.

2.2 Một số vấn đề điều khiển tắc nghẽn còn tồn tại đối với cơ chế truyền quảng bá trong mạng VANET

Trên cơ sở các phân tích ở trên cho thấy việc điều khiển tắc nghẽn trong VANET phải đối mặt với nhiều vấn đề, thách thức do những đặc tính riêng biệt của VANET. Một số vấn đề còn tồn tại có thể nhận thấy đó là công nghệ IEEE 802.11 chưa có phương pháp quản lý tài nguyên một cách hiệu quả. Đặc biệt là trong trường hợp truyền quảng bá các thông báo an toàn. Cụ thể là:

Không thể truyền lại đối với các lần truyền quảng bá không thành công bởi vì chúng không thể phát hiện được lỗi. Việc truyền unicast không thành công được phát hiện do thiếu xác nhận - ACK (Acknowledgement) từ bên nhận. Tuy nhiên, xác nhận không được sử dụng đối với các gói tin quảng bá.

Kích thước cửa sổ tương tranh không thể thay đổi vì thiếu sự khôi phục tại phân lớp MAC đối với các khung tin quảng bá. Để điều khiển tắc nghẽn, cửa sổ tương tranh được tăng lên theo cấp số nhân mỗi khi phát hiện quá trình truyền bị lỗi. Vì không có phát hiện nào về việc truyền quảng bá không thành công nên kích thước của cửa sổ tương tranh được giữ cố định cho các lần truyền quảng bá. Nếu một số lượng lớn các nút đang dành quyền truy cập, khả năng lớn sẽ xảy ra xung đột.

Vấn đề nút ảm tồn tại do thiếu trao đổi RTS/CTS (Request To Send/Clear To Send). Vấn đề nút ảm là một trong những nguyên nhân chính gây ra xung đột trong mạng không dây. Giao thức IEEE 802.11 sử dụng cơ chế trao đổi RTS/CTS tùy chọn theo sau một xác nhận để đảm bảo việc phân phối gói tin unicast. Gói tin quảng bá không sử dụng cơ chế trao đổi RTS/CTS vì cơ chế này sẽ làm tràn ngập lưu lượng mạng.

Mục tiêu chung của VANET là tạo ra một môi trường an toàn và đáng tin cậy cho người dùng, các thông báo cảnh báo khẩn cấp phải được truyền mà không bị trễ và mất gói tin [3]. Tuy nhiên, các phương pháp điều khiển tắc nghẽn hiện chưa phân biệt hiệu quả theo độ ưu tiên giữa thông báo cảnh báo khẩn cấp và các loại thông báo khác trong các tình huống quan trọng. Vấn đề này quan trọng hơn trong các ứng dụng an toàn thời gian thực. Trong VANET, các thông báo an toàn thường được gửi với phạm vi truyền hoặc công suất truyền cao để truyền quảng bá ngay khi các thông báo an toàn xuất hiện trong một khu vực rộng lớn và gia tăng số lượng nút nhận. Tuy nhiên, khi phạm vi truyền lớn, xác suất xung đột tăng lên trong các kênh truyền do ngày càng có nhiều nút cạnh tranh nhau để có được kênh truyền. Tốc độ truyền cũng có tác động đáng kể đến độ bão hòa của kênh truyền. Khi tốc độ truyền tăng lên, các ứng dụng của VANET có thể hoạt động hiệu quả hơn do thường xuyên cập nhật thông tin. Tuy nhiên, kênh truyền có thể thường xuyên bị bão hòa bởi việc gia tăng tốc độ truyền [11, 14].

Thông báo cảnh báo là một loại thông báo an toàn định kỳ quảng bá một số thông tin về trạng thái của phương tiện bao gồm vị trí, vận tốc, gia tốc và hướng của phương tiện. Các thông báo này được truyền trong kênh điều khiển. Do tốc độ truyền thông báo cảnh báo cao khi mật độ phương tiện cao, CCH có thể phải đối mặt với tình trạng quá tải cũng như tắc nghẽn [67]. Mặt khác, bằng cách giảm tốc độ truyền thông báo cảnh báo, hoạt động của các ứng dụng an toàn gặp nhiều thách thức do không nhận được thông báo cảnh báo và thông tin cập nhật [26, 67].

Do khả năng truy cập kênh của mỗi phương tiện được xác định trực tiếp bởi giao thức CSMA/CA trong lớp MAC, vấn đề tắc nghẽn kênh có thể được giải quyết bằng cách làm giảm khả năng truy cập kênh thông qua việc sửa đổi các tham số điều khiển của giao thức CSMA/CA. Điều khiển tắc nghẽn bằng cách xác định các giá trị phù hợp cho kích thước CW và AIFS để điều khiển truy cập kênh truyền. Cơ chế EDCA sử dụng bộ tham số trong Bảng 1.4 để xác định mức độ ưu tiên cho các loại thông báo khác nhau được tạo ra trong mạng VANET. Trong EDCA, các thông báo an toàn có độ ưu tiên cao được thiết lập giá trị kích thước CW nhỏ hơn và giá trị AIFS được thiết lập để ưu tiên thời gian chiếm lấy kênh truyền, để truyền dữ liệu với độ trễ nhỏ hơn so với các thông báo có độ ưu tiên thấp. Vấn đề đang tồn tại của việc sử dụng EDCA là các tham số phân lớp MAC không thích ứng với các điều kiện thay đổi của mạng. Đặc biệt khi mạng bão

hòa, số lượng phương tiện tương tranh để truy cập môi trường không dây có thể trở nên rất lớn dẫn đến tăng tỷ lệ xung đột giữa các luồng dữ liệu có độ ưu tiên cao và độ ưu tiên thấp đang cạnh tranh cơ hội truyền.

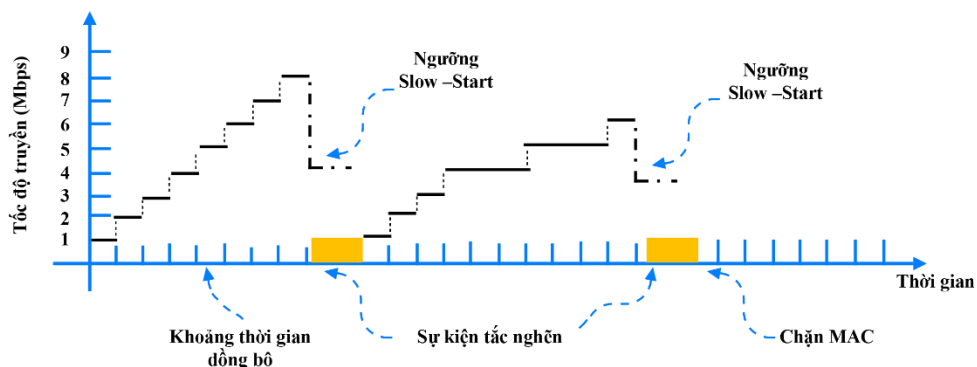
2.3 Hướng tiếp cận giải quyết vấn đề điều khiển tắc nghẽn

2.3.1 Hướng tiếp cận theo phương pháp dựa trên tốc độ truyền

Do tác động đáng kể của tốc độ truyền đến hiệu năng của các mạng, phương pháp dựa trên tốc độ truyền điều chỉnh tốc độ truyền hoặc tốc độ khởi tạo gói tin để kiểm soát tải kênh truyền và tắc nghẽn trong các mạng. Hiệu năng của VANET được cải thiện bằng cách tăng tốc độ truyền vì các ứng dụng an toàn có thể nhận được thông tin mới về trạng thái của các phương tiện lân cận, gửi trạng thái của chính nó cho các phương tiện lân cận và cập nhật thông tin để hoạt động hiệu quả. Ngoài ra, tốc độ cảnh báo cao trong mạng, đặc biệt là khi mật độ của mạng cao, dẫn đến việc sử dụng băng thông cao và do đó tắc nghẽn trên kênh điều khiển. Do đó, hiệu năng của các ứng dụng an toàn bị giảm do sự rối loạn trong việc gửi các thông báo an toàn. Cũng cần lưu ý rằng khi tốc độ truyền tăng, kênh truyền có thể bão hòa do tăng tải kênh truyền [11, 13, 14, 67].

Theo tác giả Sommer và cộng sự [68] đã đề xuất phương pháp tiếp cận Tín hiệu giao thông thích ứng – ATB (Adaptive Traffic Beacon) để tăng khả năng gửi thông báo trong mạng và tránh quá tải kênh truyền. ATB là cách tiếp cận phân tán để điều chỉnh động tốc độ tín hiệu dựa trên chất lượng kênh truyền và tiện ích thông báo. Theo cách tiếp cận này, chất lượng kênh truyền được ước tính bằng cách đo Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu – SNR (Signal-to Noise Ratio), số lượng phương tiện lân cận và trạng thái đánh giá cuối cùng của mạng. Ngoài ra, tiện ích thông báo được tính dựa trên thời gian của thông báo, khoảng cách giữa các phương tiện, và các vị trí xảy ra sự kiện. Cách tiếp cận ATB có thể ngăn chặn xung đột kênh truyền trong các kênh truyền không tắc nghẽn trong thời gian truyền quảng bá thông báo. Hơn nữa, bằng cách sử dụng cách tiếp cận ATB, việc phổ biến thông báo có thể được tiến hành trong các phạm vi rộng lớn hơn khi so sánh với các phương pháp dựa trên flooding. ATB có thể giảm tải kênh truyền trong điều kiện tắc nghẽn chỉ bằng cách truyền các thông báo quan trọng. Tuy nhiên, cách tiếp cận này không xem xét cài đặt tại lớp MAC vì nó tính toán xác suất tiếp nhận tín hiệu và độ trễ. Ngoài ra, theo cách tiếp cận ATB, một số ứng dụng an toàn không được đáp ứng do giảm tốc độ tín hiệu dẫn đến việc thiếu thông tin cần thiết để hoạt động hiệu quả.

Tác giả He và cộng sự [65] đã giới thiệu phương pháp điều khiển tắc nghẽn xuyên lớp (cross-layer) bằng cách tăng tốc độ truyền các thông báo an toàn hướng sự kiện. Tất cả các nút sử dụng phương pháp chặn MAC để phát hiện tắc nghẽn trong kênh điều khiển. Nếu thời gian chiếm dụng kênh truyền vượt quá ngưỡng được xác định trước, tắc nghẽn được coi là đã xảy ra trong kênh điều khiển. Sau đó, lớp MAC gửi tín hiệu đến lớp ứng dụng để chặn tất cả thông báo cảnh báo. Do đó, tải kênh truyền được giảm và kênh điều khiển chỉ dành riêng cho các thông báo an toàn hướng sự kiện. Một giá trị ban đầu được cân nhắc cho tốc độ truyền của thông báo cảnh báo. Tốc độ truyền được tăng lên theo bước thời gian cho đến khi thời gian chiếm dụng kênh truyền vượt quá ngưỡng. Sau khi phát hiện tắc nghẽn trong kênh điều khiển, ngưỡng mới được chọn bằng một nửa tốc độ truyền hiện tại. Khi lớp MAC không bị chặn, việc truyền các thông báo cảnh báo được đặt thành giá trị ban đầu. Sau đó, giá trị này tăng lên cho đến khi đạt đến ngưỡng mới. Hình 2.3 cho thấy tốc độ truyền thích ứng sử dụng phương pháp điều khiển tắc nghẽn xuyên lớp. Hơn nữa, nút bị chặn gửi thông báo đến các nút lân cận để thông báo về việc chặn MAC. Sau đó, các nút lân cận cùng hợp tác để điều khiển tốc độ truyền thông báo cảnh báo. Mặc dù, phương pháp cải thiện tính công bằng của việc tạo ra thông báo nhưng các yêu cầu liên quan đến các ứng dụng an toàn không được xem xét. Ngoài ra, có một số khó khăn để đo và phân tích thời gian chiếm dụng kênh truyền trong lớp MAC.



Hình 2.3 Tốc độ truyền thích ứng [65]

Tác giả Wischhof và cộng sự [69] đã giới thiệu phương pháp điều khiển tắc nghẽn và chuyển tiếp gói tin dựa trên tiện ích – UBPFCC (Utility-Based Packet Forwarding and Congestion Control) để điều khiển tắc nghẽn cho các ứng dụng dịch vụ. Phương pháp điều chỉnh tốc độ truyền dựa trên tiện ích và kích thước của gói tin. Phương pháp

UBPFCC tự động gán băng thông có sẵn cho các phương tiện theo phương pháp hop-by-hop dựa trên giá trị tiện ích trung bình được tính cho mỗi phương tiện. Trong phương pháp UBPFCC, các phương tiện có tiện ích cao có thể tiêu thụ phần băng thông có sẵn lớn, trong khi các gói tin có tiện ích thấp hơn bị hủy trong điều kiện tắc nghẽn. Các tiện ích trung bình được tính toán độc lập tại lớp ứng dụng của mỗi nút mà không cần quan tâm đến mật độ và chuyển động được tính toán của phương tiện. Sau đó, giá trị tốc độ truyền thích hợp được xác định cho phương tiện dựa trên tiện ích trung bình. Việc trao đổi băng thông có sẵn giữa các phương tiện lân cận không chú ý tới lưu lượng và tình trạng tắc nghẽn của các phương tiện trên các kênh truyền bị quá tải, đặc biệt là trong các mạng có mật độ phương tiện cao. Phương pháp UBPFCC thực hiện phân làn đường để tính toán số liệu tiện ích, sử dụng thông tin GPS để phân làn đường. Do phân làn đường, nên phương pháp UBPFCC không thể sử dụng cho các ứng dụng an toàn. Ngoài ra, tín hiệu GPS có thể không nhận được trong một số trường hợp (ví dụ như trong các đường hầm) làm giảm độ chính xác của thông tin để phân làn đường. Phương pháp này không hoạt động đối với các ứng dụng dựa trên giao dịch của VANET. Hơn nữa, điều chỉnh tốc độ truyền dựa trên tiện ích và kích thước gói tin dẫn đến giảm hiệu năng của các thông báo an toàn hướng sự kiện.

2.3.2 Hướng tiếp cận theo phương pháp dựa trên công suất

Trong các phương pháp dựa trên công suất, công suất truyền được điều chỉnh để giảm xung đột. Để cung cấp sự công bằng cho VANET, tất cả các nút sẽ có cơ hội ngang nhau để truyền thông với các phương tiện lân cận khác. Các ứng dụng an toàn thường xuyên gửi thông báo an toàn với phạm vi truyền lớn sao cho số lượng các nút lớn nhất có thể nhận được các thông báo này. Tuy nhiên, nếu xảy ra tắc nghẽn trong mạng, một số phương tiện sẽ giảm công suất truyền để giảm xung đột trong kênh truyền. Như vậy, cơ hội truyền thông với các phương tiện lân cận bị giảm và mục tiêu công bằng trong VANET không đạt được. Ngoài ra, công suất truyền cao dẫn đến bão hòa kênh truyền và tăng xung đột kênh truyền [11, 13, 14, 67].

Theo tác giả Fallah và cộng sự [70] đã trình bày phương pháp giám sát và điều khiển tắc nghẽn dựa trên chiếm dụng kênh truyền. Phương pháp điều khiển tắc nghẽn bằng cách điều chỉnh thích ứng phạm vi truyền để chiếm dụng kênh truyền tối ưu, sao cho thích ứng với tốc độ thay đổi nhanh của mật độ phương tiện trong mạng VANET.

Các tác giả đã giới thiệu một mô hình toán học ước tính tỷ lệ chiếm dụng kênh truyền dựa trên tốc độ truyền, phạm vi truyền, kích thước cửa sổ tranh trong mạng có mật độ phương tiện cao. Phương pháp không xem xét thông tin về mô hình lan truyền, mật độ phương tiện và tốc độ truyền của phương tiện lân cận. Tuy nhiên, nếu tốc độ truyền thay đổi, phạm vi truyền phải được điều chỉnh với tốc độ truyền mới do sự thay đổi trong mô hình toán học. Ngoài ra, phương pháp không xem xét độ trễ là một yếu tố quan trọng cho các thông báo an toàn.

Trong nghiên cứu [71], tác giả Torrent-Moreno và cộng sự đã đề xuất phương pháp điều chỉnh công suất công bằng phân tán trong môi trường phương tiện – DFPAV (Distributed Fair Power Adjustments for Vehicular environments) là phương pháp điều chỉnh công suất truyền phân tán và cục bộ. D-FPAV cung cấp công suất truyền hiệu quả cho các thông báo hướng sự kiện bằng cách giảm tải tín hiệu trong kênh điều khiển. Sử dụng DFPAV, các thông báo hướng sự kiện có độ ưu tiên cao hơn so với các thông báo cảnh báo trong kênh điều khiển. Phương pháp DFPAV cho rằng tỷ lệ tiếp nhận tín hiệu không giảm tại các nút lân cận. Phương pháp điều khiển tắc nghẽn bằng cách tự động điều chỉnh phạm vi truyền tín hiệu dựa trên mật độ phương tiện để giảm tải của kênh truyền. Trong DFPAV, mỗi phương tiện yêu cầu thông tin tổng thể về trạng thái của các phương tiện lân cận nằm trong phạm vi cảm nhận. Dựa trên thông tin này, các phương tiện điều chỉnh phạm vi truyền tối đa cho các thông báo cảnh báo sao cho tải tín hiệu không vượt quá ngưỡng cố định xác định trước. Sau đó, phạm vi truyền điều chỉnh được truyền quảng bá đến các phương tiện lân cận nằm trong phạm vi cảm nhận. Thời gian kênh truyền bận, tính công bằng được cải thiện bằng cách sử dụng DFPAV. Tuy nhiên, việc giảm phạm vi truyền báo hiệu làm giảm việc gửi thông báo cảnh báo ở khoảng cách xa hơn. Vì vậy, các ứng dụng của VANET đã sử dụng thông tin của thông báo cảnh báo có thể phải đối mặt với việc thiếu thông tin cần thiết để hoạt động hiệu quả. Hơn nữa, thu thập thông tin tổng thể về các phương tiện xung quanh là một nhiệm vụ khó khăn trong VANET, việc thay đổi công suất truyền đã điều chỉnh giữa các phương tiện lân cận làm tăng thêm tải trong các kênh truyền.

Tác giả Sepulcre và cộng sự [11] đưa ra phương pháp phi tập trung để tránh xảy ra tắc nghẽn trong các kênh truyền. Các tác giả sử dụng phương pháp kiểm soát nhận thức - ACS (Awareness Control Strategy) để điều khiển công suất truyền. Phương pháp

làm giảm công suất truyền trong mạng có mật độ phương tiện cao sẽ làm giảm xác suất nhận gói tin ở khoảng cách xa hơn, trong khi giữ tỷ lệ tiếp nhận cao ở khoảng cách gần. Đặc tính này rất hữu ích đối với các ứng dụng an toàn phải tác động nhiều hơn đối với các phương tiện xung quanh thay vì các phương tiện ở xa. Tuy nhiên, điều chỉnh công suất truyền trong VANET không phải là giải pháp có thể mở rộng để điều khiển tắc nghẽn trong các kênh truyền.

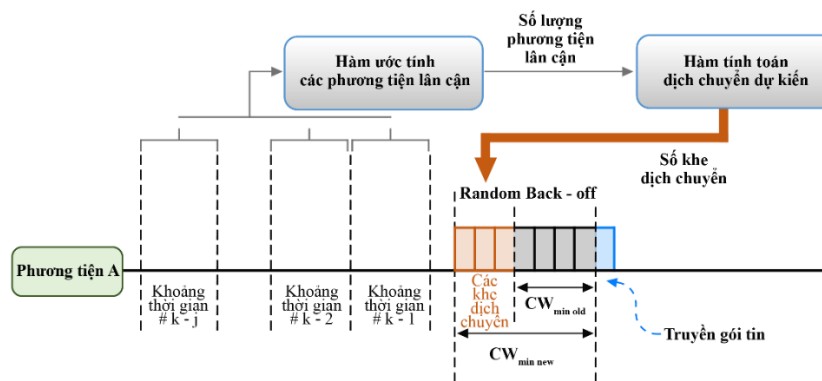
2.3.3 Hướng tiếp cận theo phương pháp dựa trên CSMA/CA

Phương pháp dựa trên CSMA/CA là phương pháp tránh xung đột được sử dụng như phương pháp điều khiển tắc nghẽn mặc định theo chuẩn 802.11p. Phương pháp xác định khả năng truy cập kênh truyền của từng nút trong lớp MAC bằng cách điều chỉnh kích thước CW và AIFS. Kích thước CW và AIFS đóng vai trò quan trọng để giảm xung đột kênh truyền và tránh xảy ra tắc nghẽn trong các kênh truyền. Ngoài ra, trong phương pháp CSMA/CA, cơ chế backoff theo cấp số nhân được sử dụng để điều khiển tắc nghẽn. Tuy nhiên, khi tốc độ khởi tạo thông báo cao và các thông báo cảnh báo hết thời gian chờ, cơ chế backoff theo cấp số nhân không hiệu quả trong VANET do việc loại bỏ các thông báo trước khi truyền [11, 13, 16].

Trong nghiên cứu [24], tác giả Stanica và cộng sự đã sửa đổi phương pháp cảm nhận sóng mang vật lý và đề xuất phương pháp Khoảng an toàn CSMA – SR-CSMA (Safety Rang-CSMA). Trong phương pháp SR-CSMA, xác suất tiếp nhận tín hiệu được nghiên cứu dựa trên cảm nhận sóng mang vật lý. SR-CSMA điều khiển tắc nghẽn bằng cách điều chỉnh kích thước CW và cảm nhận sóng mang vật lý và sử dụng một số đặc điểm của mạng (ví dụ: vị trí phương tiện chiếm kênh truyền). Phạm vi an toàn được xác định trong SR-CSMA nhỏ hơn phạm vi truyền của phương tiện. Sau đó, SR-CSMA tăng xác suất tiếp nhận các thông báo an toàn trong phạm vi này. Phương pháp này đã cải thiện hiệu năng của VANET bằng cách giảm xung đột trong kênh truyền. Tuy nhiên, SR-CSMA được đề xuất cho các mạng phương tiện một chiều mà bỏ qua nhiều tham số phức tạp liên quan đến thực tế trong VANET.

Tác giả Hsu và cộng sự [25] đã giới thiệu phương pháp Khe dịch chuyển thích ứng – AOS (Adaptable Offset Slot) để điều khiển tắc nghẽn trong lớp MAC. Phương pháp AOS làm giảm xung đột gói tin trong mạng có mật độ phương tiện cao bằng cách điều chỉnh kích thước CW tối thiểu dựa trên thông tin cục bộ về mật độ phương tiện.

Nói cách khác, sử dụng phương pháp AOS, thời gian backoff tối ưu được xác định dựa trên số lượng phương tiện lân cận. Trong phương pháp AOS, mật độ phương tiện được tính bằng số thông báo “hello” được truyền quảng bá tới các phương tiện lân cận và lắng nghe kênh điều khiển để nhận biết các phản hồi. Trong bước tiếp theo, kích thước CW tối thiểu mới được xác định dựa trên mật độ phương tiện được tính toán và được tăng tuyến tính bằng cách tăng số lượng phương tiện. Hình 2.4 cho thấy nguyên tắc hoạt động của phương pháp AOS. Phương pháp này cải thiện đáng kể thông lượng và tỷ lệ mất gói. Tuy nhiên, bằng cách tăng kích thước cửa sổ tương tranh trong mật độ phương tiện cao, độ trễ của các thông báo an toàn sẽ tăng lên. Do đó, thông tin được yêu cầu bởi các ứng dụng VANET không còn nhiều tác dụng.



Hình 2.4 Nguyên tắc hoạt động của phương pháp AOS [25]

2.3.4 Hướng tiếp cận theo phương pháp dựa trên độ ưu tiên và lập lịch

Phương pháp dựa trên độ ưu tiên và lập lịch điều khiển tắc nghẽn bằng cách gán mức độ ưu tiên cho các thông báo và lập lịch cho chúng để truyền trên các kênh CCH và SCH. Trong phương pháp này, độ ưu tiên được xác định sao cho các thông báo an toàn có độ ưu tiên cao có nhiều cơ hội hơn để có được các kênh truyền và truyền với độ trễ thấp hơn. Sử dụng phương pháp này, quyền truy cập kênh truyền được kiểm soát do đó làm giảm xung đột kênh truyền.

Trong phương pháp điều khiển tắc nghẽn này, cần có sự ưu tiên nghiêm ngặt cho các loại thông báo khác nhau được tạo ra trong VANET. Sau đó, các thông báo ưu tiên được lập lịch để truyền trên các kênh điều khiển hoặc dịch vụ. Do đó, các phương pháp dựa trên ưu tiên và lập lịch có thể ngăn chặn sự bão hòa kênh truyền và tắc nghẽn trong các mạng. Nói chung, các phương pháp dựa trên ưu tiên và lập lịch là các phương pháp

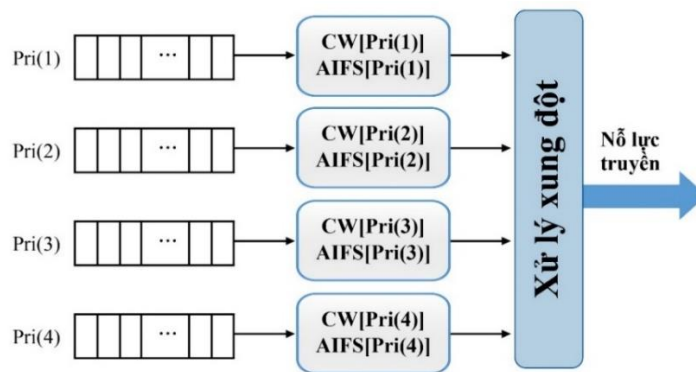
điều khiển tắc nghẽn chủ động rất phổ biến được sử dụng để ngăn chặn xảy ra tắc nghẽn trong các mạng [21, 72, 73].

Một số thuật toán ưu tiên và lập lịch có thể được sử dụng trong VANET như sau:

- Thuật toán Vào trước ra trước - FIFO (First In First Out) là một trong những thuật toán lập lịch đơn giản nhất. Các gói tin đầu tiên đến hàng đợi sẽ được truyền trước tiên đến các kênh truyền.
- Thuật toán Thời gian chờ lâu nhất - LWT (Longest Wait Time) gán mức ưu tiên cao hơn cho các thông báo chờ lâu hơn trong hàng đợi để được truyền trên các kênh truyền.
- Thuật toán Yêu cầu đầu tiên lớn nhất - MRF (Maximum Request First) gán mức ưu tiên cao hơn cho các thông báo được yêu cầu nhiều hơn bởi các dịch vụ khác nhau.
- Trong thuật toán Thời hạn đầu tiên – FDF (First Deadline First), các thông báo được lập lịch dựa trên thời gian còn lại trước khi hết thời gian chờ.
- Thuật toán Kích thước dữ liệu nhỏ nhất đầu tiên - SDF (Smallest Data-size First) xác định mức độ ưu tiên cao hơn cho thông báo có kích thước nhỏ hơn [73].
- Trong thuật toán Tổng thời gian dài nhất đầu tiên - LTSF (Longest Total Stretch First), một chỉ số mở rộng được sử dụng để giảm thời gian chờ trong hàng đợi. Chỉ số này được định nghĩa là tỷ lệ giữa thời gian phản hồi yêu cầu với thời gian dịch vụ yêu cầu. Thuật toán LTSF nhằm mục đích để tối ưu hóa giá trị của chỉ số mở rộng. Tuy nhiên, thuật toán lập lịch này không hiệu quả khi kích thước hệ thống lớn (đặc biệt là khi các thông báo được truyền quảng bá) do tăng thời gian tính toán để tính chỉ số mở rộng cho từng mục dữ liệu [74].
- Trong thuật toán Tăng chất lượng tối đa đầu tiên - MQIF (Maximum Quality Increment First, các thông báo được lập lịch dựa trên các chỉ số QoS và chất lượng dữ liệu - QoD (Quality of Data). Các chỉ số QoS và QoD được xác định để xem xét khả năng phản hồi và tình trạng của các thông báo dữ liệu.
- Cuối cùng, thuật toán $D * S$ xác định các ưu tiên dựa trên Thời hạn (D) và Kích thước (S) của thông báo [73, 75, 76].

Theo tác giả Suthaputchakun và cộng sự [77] đã đề xuất phương pháp điều khiển tắc nghẽn để tăng độ tin cậy của việc truyền quảng bá thông báo giữa các phương tiện

dựa trên ưu tiên sử dụng truyền thông IVC. Trong phương pháp được đề xuất, mỗi thông báo được truyền thông giữa các phương tiện, được ưu tiên dựa trên mức độ khẩn cấp và độ trễ trung bình. Thông báo an toàn có độ ưu tiên cao được truyền lại nhiều hơn thông báo có độ ưu tiên thấp để tăng cơ hội truyền và nâng cao độ tin cậy của các thông báo an toàn. Trong Hình 2.5 cho thấy, bốn hàng đợi được giả định trong mỗi phương tiện, theo bốn mức độ ưu tiên của thông báo. Phương pháp này hoàn toàn tương thích với các tiêu chuẩn IEEE 802.11 và IEEE 802.11e. Sử dụng phương pháp được đề xuất, độ trễ và tỷ lệ truyền thành công được cải thiện trong các mạng có mật độ phương tiện cao.



Hình 2.5 Kiến trúc hàng đợi trong mỗi phương tiện [78]

Tác giả Bai và cộng sự [20] đã đề xuất phương pháp Lập lịch tín hiệu theo ngữ cảnh - CABS (Context Aware Beacon Scheduling) để điều khiển tắc nghẽn cho các ứng dụng an toàn. Phương pháp này được sử dụng để giải quyết các vấn đề truyền tốc độ tín hiệu cao trong các mạng có mật độ phương tiện cao dẫn đến quá tải và tắc nghẽn các kênh truyền. CABS là phương pháp phân tán tự động lập lịch các thông báo cảnh báo bằng cách sử dụng phương pháp truy cập kênh truyền (ví dụ: Truy cập kênh phân chia theo thời gian – TDMA (Time Division Multiple Access)) phân chia một khe thời gian để gửi thông báo cảnh báo. Khe thời gian này được xác định dựa trên trạng thái kênh truyền và thông tin nhận biết ngữ cảnh (ví dụ: tốc độ, vị trí và hướng của phương tiện) được gửi kèm thông báo cảnh báo. Trong CABS, tốc độ tiếp nhận gói tin và độ trễ truy cập kênh truyền bị giảm do giảm tốc độ tín hiệu trong điều kiện tắc nghẽn. Tuy nhiên, trong phương pháp CABS, liên kết lớp MAC không được xem xét để phân chia khe thời gian thích hợp cho các đường truyền khác nhau.

2.3.5 Hướng tiếp cận theo phương pháp lai

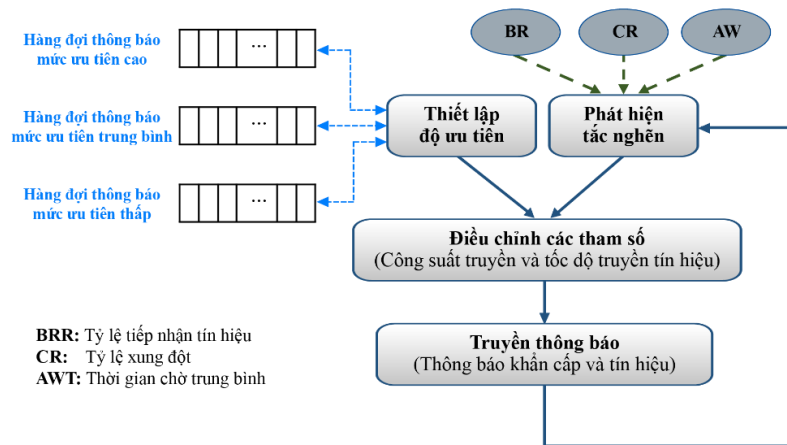
Trong phương pháp lai, hai hoặc nhiều tham số và phương pháp được sử dụng để điều khiển tắc nghẽn. Điều chỉnh tốc độ truyền và công suất, điều chỉnh kích thước cửa

sở tương tranh và AIFS, xác định độ ưu tiên phù hợp cho từng thông báo và lập lịch trong các kênh truyền được kết hợp trong các phương pháp lai để tránh bão hòa và tắc nghẽn kênh truyền trong VANET [13].

Tác giả Sepulcre và cộng sự [15] giới thiệu phương pháp điều khiển tắc nghẽn truyền thông theo ngữ cảnh cho các mạng phương tiện hợp tác. Phương pháp này sử dụng ngữ cảnh của các thông tin truyền thông để giảm xung đột kênh truyền bằng cách xem xét độ tin cậy của các ứng dụng VANET. Mỗi phương tiện sử dụng thông tin vị trí của các phương tiện lân cận để điều chỉnh các tham số truyền sao cho đáp ứng yêu cầu của ứng dụng. Tác giả sử dụng một ứng dụng hỗ trợ thay đổi làn đường như một trường hợp nghiên cứu điển hình. Sử dụng phương pháp này, tải kênh truyền và các nhiễu không cần thiết giảm đáng kể do sự hợp tác giữa các phương tiện. Ngoài ra, thời gian bận của kênh truyền giảm vì thông tin ngữ cảnh để điều khiển tắc nghẽn được sử dụng. Tuy nhiên, phương pháp này không kiểm soát tổng thể tải của kênh truyền trong mạng.

Theo tác giả Djahel và cộng sự [78] đã đề xuất phương pháp điều khiển tắc nghẽn bằng cách điều khiển công suất truyền và tỷ lệ thông báo cảnh báo. Việc truyền thông báo cảnh báo định kỳ tiêu tốn một lượng lớn băng thông kênh điều khiển dẫn đến tắc nghẽn. Phương pháp này được thiết kế theo ba giai đoạn. Trong giai đoạn đầu tiên, các thông báo cảnh báo được ưu tiên theo ba mức độ (mức thấp, trung bình và cao) dựa trên các yếu tố tĩnh và động. Yếu tố tĩnh là nội dung của các thông báo cảnh báo và yếu tố động là tình trạng truyền khẩn cấp. Khi một phương tiện nhận được thông báo cảnh báo, độ ưu tiên được xác định cho thông báo. Nếu các thông báo cảnh báo có độ ưu tiên tương tự, thì hệ số đếm chặng (hop-count) có thể được sử dụng để chỉ định độ ưu tiên của thông báo. Độ ưu tiên cao hơn được xác định cho thông báo cảnh báo có số chặng thấp hơn do khoảng cách gần hơn trong các tình huống khẩn cấp. Yếu tố Thời gian tồn tại – TTL (Time-To-Live) không được xem xét để xác định độ ưu tiên vì phân lớp MAC không có quyền truy cập vào thông tin TTL. Trong giai đoạn thứ hai, tắc nghẽn được phát hiện bằng cách đo Thời gian chờ trung bình – AWT (Average Waiting Time), Tỷ lệ xung đột – CR (Collision Rate) và Tỷ lệ tiếp nhận tín hiệu - BRR (Beacon Reception Rate). Nếu các giá trị của các chỉ số này vượt quá ngưỡng được xác định trước, tắc nghẽn tín hiệu được phát hiện trong kênh điều khiển. Trong giai đoạn thứ ba, công suất truyền của thông báo cảnh báo được điều chỉnh dựa trên tỷ lệ xung đột và điều kiện của

các phương tiện lân cận trong đơn chặng. Tỷ lệ tín hiệu được điều chỉnh theo sự công bằng của việc chia sẻ băng thông. Sau đó, phương tiện chia sẻ công suất và tốc độ truyền được tính toán với các phương tiện lân cận để giảm tải tín hiệu trong kênh điều khiển.



Hình 2.6 Phương pháp ưu tiên các thông báo và kiểm soát tắc nghẽn [78]

Sơ đồ minh họa phương pháp ưu tiên các thông báo và kiểm soát tắc nghẽn được thể hiện trong Hình 2.6. Phương pháp đề xuất cải thiện tỷ lệ tiếp nhận các thông báo khẩn cấp và tăng độ an toàn và độ tin cậy của VANET. Tuy nhiên, độ trễ của phương pháp này là đáng kể do phát hiện tắc nghẽn. Ngoài ra, trao đổi thông tin giữa các phương tiện lân cận tăng thêm chi phí truyền thông trong các kênh truyền.

Tác giả Guan và cộng sự [79] đề xuất phương pháp điều khiển tốc độ thông báo thích ứng tập trung để điều khiển tắc nghẽn tại các giao lộ. Trong phương pháp đề xuất, một trình giả lập ngoại tuyến được sử dụng để tìm ra các giá trị thích hợp cho tốc độ truyền và cửa sổ tương tranh backoff tại phân lớp MAC dựa trên mật độ phương tiện tại các giao lộ. Phương pháp được nghiên cứu trong các ứng dụng an toàn hướng sự kiện – ESA (Event-driven Safety Applications) và các ứng dụng an toàn định kỳ - PSA (Periodic Safety Applications) gửi thông báo an toàn trên kênh điều khiển. Phương pháp đề xuất cung cấp tính sẵn sàng cao và độ trễ thấp cho các thông báo ESA và tăng mức sử dụng kênh truyền cho thông báo PSA tại các giao lộ. Trong phương pháp này, một điểm truy cập trực tuyến đã được sử dụng để cung cấp các giá trị tối ưu cho tốc độ truyền và cửa sổ tương tranh backoff tại phân lớp MAC trong mạng. Mặc dù, phương pháp đề xuất cải thiện hiệu năng của VANET tại các giao lộ, ước tính mật độ phương tiện không chính xác sẽ làm giảm hiệu năng của mạng trong quy mô lớn.

2.3.6 Một số phân tích và đánh giá

Để duy trì hiệu năng của mạng VANET đồng thời tránh làm suy giảm chất lượng truyền trên kênh không dây là một nhiệm vụ đầy thách thức.

Bảng 2.1 So sánh giữa các phương pháp điều khiển tắc nghẽn khác nhau trong VANET

Phương pháp	Giao thức	Ưu tiên truy cập	Điều khiển công suất truyền	Điều khiển tốc độ truyền dữ liệu	Đo hiệu năng	Mật độ phương tiện	Kịch bản
Sommer và cộng sự [68]	802.11b	Không	Không	Có	Tốc độ tín hiệu	Thấp	Đô thị
He và cộng sự [65]	802.11p	Không	Không	Có	Tốc độ truyền	Thấp	Đô thị
Wischhof và cộng sự [69]	802.11a	Không	Không	Có	Tỷ lệ mất gói	Cao	Đường cao tốc
Fallah và cộng sự [70]	802.11a	Không	Có	Không	Tỷ lệ chiếm dụng kênh truyền	Cao	Đường cao tốc
Torrent-Moreno và cộng sự [71]	802.11p	Không	Có	Không	Xác suất nhận thông báo; Thời gian kênh truyền bận	Cao	Đường cao tốc
Sepulcre và cộng sự [11]	802.11p	Không	Có	Không	Tốc độ tạo gói tin; Thời gian kênh truyền bận	Cao	Đường cao tốc
Stanica và cộng sự [24]	802.11p	Không	Không	Có	Xác suất nhận tín hiệu	Cao Thấp	Đường cao tốc
Hsu và cộng sự [25]	802.11p	Không	Không	Có	Thông lượng, Xác suất mất gói tin	Cao	Đường cao tốc
Suthaputchakun và cộng sự [77]	802.11a	Có	Không	Không	Độ trễ trung bình; Tỷ lệ truyền thành công	Cao	Đường cao tốc
Bai và cộng sự [20]	802.11p	Có	Không	Không	Tỷ lệ nhận gói tin; Độ trễ truy cập kênh truyền	Cao Thấp	Đường cao tốc
Sepulcre và cộng sự [15]	802.11p	Có	Không	Có	Công suất truyền; Thời gian kênh truyền bận	Thấp	Đường cao tốc
Djahel và cộng sự [78]	802.11p	Có	Không	Có	Tỷ lệ phân phối tín hiệu; Tổng thời gian trễ; Tỷ lệ nhận thông báo khẩn cấp	Thấp	Đường cao tốc
Guan và cộng sự [79]	802.11p	Có	Không	Không	Độ trễ trung bình; Xác suất gửi thông báo thành công	Thấp	Đường cao tốc

Dựa trên việc phân tích và so sánh các công trình nghiên cứu đã công bố về các hướng tiếp cận để giải quyết vấn đề điều khiển tắc nghẽn trong mạng VANET, như được trình bày trong Bảng 2.1, tác giả luận án rút ra một số nhận xét như sau:

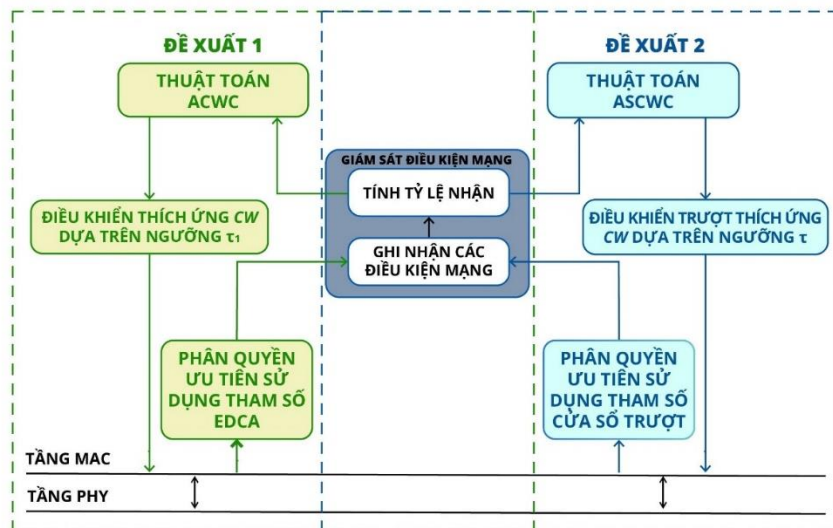
- Giao thức truyền thông IEEE 802.11 dành cho mạng VANET là đối tượng được tập trung nghiên cứu, giới thiệu các đề xuất, cải tiến nhằm nâng cao hiệu năng trong mạng giao thông thông minh. Các đề xuất này được thực hiện chủ yếu trên tầng vật lý, tầng điều khiển liên kết logic và tầng điều khiển truy cập.
- Phần lớn các công trình nghiên cứu đều tập trung đề xuất thuật toán điều khiển tắc nghẽn như là một trong những giải pháp chủ yếu. Các phương pháp kiểm soát tắc nghẽn sử dụng các phương pháp chủ động để ngăn chặn tắc nghẽn trong kênh truyền vì đặc tính của chúng là ngăn chặn tắc nghẽn trước khi nó xảy ra. Ngoài ra các phương pháp có thể sử dụng kết hợp giữa các phương pháp dựa trên tốc độ, dựa trên công suất, dựa trên CSMA/CA, dựa trên độ ưu tiên và lập lịch để cung cấp khả năng điều khiển tắc nghẽn. Tuy nhiên các phương pháp gặp một số vấn đề bao gồm độ trễ cao, sử dụng tài nguyên không công bằng, sử dụng không hiệu quả băng thông và chi phí truyền thông.
- Hầu hết trong các nghiên cứu thuật toán điều khiển tắc nghẽn không tập trung vào vấn đề tắc nghẽn dành cho thông báo an toàn theo hướng sự kiện có độ ưu tiên cao (như các thông báo an toàn theo hướng sự kiện được tạo ra từ các phản ứng khác nhau của người lái xe).
- Mục tiêu chính của phương pháp điều khiển tắc nghẽn là giảm thiểu độ trễ, jitter, mất gói tin, số lần truyền lại và cải thiện hiệu năng của các kênh truyền thông VANET dành cho các ứng dụng an toàn. Phần lớn các công trình công bố đều tập trung giải quyết một vài độ đo thành phần theo mục tiêu nghiên cứu mà chưa có nhiều công trình nghiên cứu nâng cao đồng thời nhiều chỉ số về độ đo. Các giá trị tham số đầu vào trong mô phỏng ít được công bố nên khó khăn cho việc so sánh giữa các giải pháp.
- Phương pháp đánh giá hiệu năng mạng VANET phổ biến là dùng kết hợp giữa các công cụ mô phỏng mạng NS2, OMNet++, OPNET, QualNet,... và mô phỏng mạng giao thông thông minh SUMO, MOVE, VanetMobiSim,... Các phương

pháp sử dụng mô hình giải tích và thực nghiệm còn hạn chế do tính phức tạp, hiệu quả áp dụng trong thực tế chưa cao do thiếu hạ tầng trang thiết bị thử nghiệm.

2.4 Hướng tiếp cận và định hướng nghiên cứu của luận án

Trên cơ sở phân tích các hướng tiếp cận giải quyết vấn đề điều khiển tắc nghẽn hiện có, luận án xác định cách tiếp cận tốt nhất để nâng cao hiệu năng trong mạng VANET bằng cách sử dụng phương pháp giám sát mạng thụ động. Theo phương pháp giám sát mạng thụ động, các nút có thể nhận phản hồi từ mạng đơn giản bằng cách lắng nghe các thông báo được gửi từ các nút khác trong cùng phạm vi truyền. Điều này giúp cho các nút không cần phải liên tục cập nhật thông tin từ các nút lân cận, đồng thời không làm tăng tải của mạng do giảm số lượng thông báo được gửi dẫn đến việc tiêu thụ ít băng thông và cải thiện hiệu năng mạng khi tắc nghẽn xảy ra. Theo phương pháp này tác giả luận án tập trung cải tiến giao thức truyền quảng bá kết hợp điều chỉnh động kích thước cửa sổ tranh để điều khiển tắc nghẽn. Mục tiêu hướng tới nâng cao khả năng tiếp nhận, phân biệt hiệu quả theo độ ưu tiên và giảm thiểu tỷ lệ xung đột thông báo an toàn trong điều kiện khi tải của mạng tăng cao.

Hướng tiếp cận này được lựa chọn nhằm giải quyết những vấn đề còn tồn tại do chưa có phương pháp quản lý tài nguyên một cách hiệu quả trong công nghệ IEEE 802.11. Đặc biệt là việc đảm bảo truyền quảng bá các thông báo an toàn một cách hiệu quả và đáng tin cậy.



ACWC: Adaptive Contention Window Control
ASCWC: Adaptive Sliding Contention Window Control

Hình 2.7 Mô hình so sánh hai giải pháp đề xuất

Hình 2.7 cho thấy đề giải quyết bài toán đặt ra, tác giả luận án nghiên cứu hai nội dung đề xuất chủ yếu sau:

Đề xuất 1: *Đề xuất phương pháp điều khiển cửa sổ tranh tranh thích ứng – ACWC (Adaptive Contention Window Control) để cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn trong mạng VANET.*

Trong nội dung này, luận án trình bày cơ chế phối hợp truyền quảng bá mới với mục đích là điều khiển thích ứng kích thước CW giúp cải thiện tỷ lệ nhận các thông báo an toàn. Cơ chế phối hợp truyền quảng bá sử dụng giám sát điều kiện mạng theo phương pháp thụ động. Theo đó, mỗi phương tiện trong VANET có thể nhận biết điều kiện cục bộ hiện tại của mạng như xung đột hoặc tắc nghẽn thông qua việc phân tích số trình tự các khung tin nhận thành công được gửi gần đây. Dựa trên việc phân tích tỷ lệ khung tin nhận được tại mỗi phương tiện, cơ chế được đề xuất điều khiển kích thước CW và sử dụng cơ chế EDCA để truyền các luồng dữ liệu với độ ưu tiên khác nhau.

Đề xuất 2: *Đề xuất phương pháp điều khiển cửa sổ tranh trượt thích ứng – ASCWC (Adaptive Sliding Contention Window Control) để nâng cao duy trì phân tách riêng biệt giữa các luồng dữ liệu ưu tiên khác nhau và giảm thiểu tỷ lệ xung đột thông báo an toàn trong mạng VANET.*

Nội dung này, luận án tập trung vào đề xuất phương pháp cải thiện cơ chế điều khiển thích ứng kích thước CW để nâng cao duy trì phân tách riêng biệt giữa các luồng dữ liệu ưu tiên khác nhau và giảm thiểu tỷ lệ xung đột bằng việc thiết kế cửa sổ trượt. Dựa trên cơ chế phối hợp truyền quảng bá, như đã trình bày trong đề xuất thứ nhất, đề xuất thứ hai tập trung cải tiến các vấn đề còn tồn tại trong phương pháp điều khiển thích ứng kích thước CW của đề xuất thứ nhất. Cơ chế được đề xuất sử dụng thuật toán điều khiển kích thước CW bằng cách trượt cửa sổ với hệ số thay đổi động theo từng loại lưu lượng thông báo an toàn. Mỗi lưu lượng dữ liệu chọn bộ đếm thời gian backoff thay đổi động trong phạm vi $[0, CW[AC[i]]]$, có thể trùng lặp phạm vi CW với các lưu lượng dữ liệu khác để cải thiện hiệu quả băng thông tùy thuộc vào hiện trạng lưu lượng quảng bá trong mạng. Cơ chế được đề xuất điều khiển CW thay đổi theo khoảng nghiêm ngặt dẫn đến mạng ổn định hơn do việc thay đổi CW không quá lớn và tối ưu hóa hiệu quả băng thông.

2.5 Kết luận Chương 2

Trong chương này, tác giả luận án đi sâu phân tích nguyên lý điều khiển tắc nghẽn, kiến trúc điều khiển tắc nghẽn xuyên lớp, phương pháp phát hiện và điều khiển tắc nghẽn trong mạng VANET, đồng thời nhận diện các vấn đề đang còn tồn tại. Luận án cũng điểm lại những nghiên cứu liên quan theo các hướng tiếp cận chủ đạo trong những năm gần đây mà các nhà nghiên cứu trong nước và trên thế giới đã đạt được. Trên cơ sở đó, luận án trình bày định hướng nghiên cứu để giải quyết các vấn đề đã lựa chọn. Nội dung chương được tổng hợp từ các tài liệu chuyên ngành và một phần được trích rút từ công bố trong 01 bài báo khoa học chuyên ngành [CT4].

CHƯƠNG 3. ĐIỀU KHIỂN CỬA SỔ TƯƠNG TRANH THÍCH ỨNG ĐỂ CẢI THIỆN TỶ LỆ NHẬN THÀNH CÔNG CÁC THÔNG BÁO AN TOÀN TRONG MẠNG VANET

Như đã đề cập trong Chương 1 và Chương 2, điều khiển tắc nghẽn là một cách tiếp cận hiệu quả nhất để cải thiện hiệu năng của mạng VANET. Trong Chương 3, tác giả luận án đề xuất cơ chế phối hợp truyền quảng bá mới với mục đích là điều khiển thích ứng kích thước *CW* giúp cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn. Nội dung chính bao gồm: Đặt vấn đề cho bài toán dựa vào những vấn đề còn tồn tại của đối tượng nghiên cứu. Đề xuất ý tưởng thực hiện, phương pháp tiếp cận và thuật toán cho cơ chế mới, sử dụng kết hợp các công cụ mô phỏng để kiểm chứng cơ chế đề xuất với cơ chế theo chuẩn mặc định của IEEE 802.11p EDCA. Đánh giá kết quả mô phỏng theo các độ đo hiệu năng.

3.1 Đặt vấn đề

Trong mạng VANET, giao thức IEEE 802.11p đã được chấp thuận là tiêu chuẩn hỗ trợ các ứng dụng trong hệ thống giao thông thông minh [80, 81]. Trong IEEE 802.11p, lớp PHY và phân lớp MAC là hai thành phần quan trọng có tính chất quyết định đến việc sử dụng kênh truyền giữa các luồng dữ liệu. Trong lớp PHY, giao thức DSRC mang lại tiềm năng hỗ trợ hiệu quả trao đổi thông tin liên lạc an toàn giữa phương tiện với phương tiện và giữa phương tiện với cơ sở hạ tầng [46]. Các lớp dưới của DSRC theo chuẩn 802.11p tương tự như của IEEE 802.11a [7]. Phần lớn các thông báo được gửi trên kênh điều khiển của DSRC là thông báo quảng bá.

Mục đích sử dụng truyền quảng bá là gửi thông báo cảnh báo khẩn cấp và phát định kỳ trạng thái của phương tiện (ví dụ: vận tốc, gia tốc, vị trí và hướng của phương tiện). Tiêu chuẩn DSRC chỉ cung cấp một kênh điều khiển, kênh này được sử dụng để truyền các loại thông báo khác nhau, các luồng dữ liệu trên kênh phải được phân quyền truy cập để đảm bảo yêu cầu chất lượng dịch vụ QoS. Cơ chế EDCA [46] dùng phương pháp truy cập môi trường truyền có phân biệt, sử dụng mức ưu tiên khác nhau cho mỗi loại luồng dữ liệu. Các khung dữ liệu khác nhau được ánh xạ vào AC trước khi khung tin được đặt trên kênh. Điểm khác biệt chính là lớp MAC của IEEE 802.11p chỉ hỗ trợ bốn loại AC thay vì tám loại AC trong IEEE 802.11e nhằm mục đích hỗ trợ tính di động

cao [43]. Để truyền quảng bá tin cậy trong mạng VANET đòi hỏi một số thay đổi chính về mặt kỹ thuật để giải quyết các vấn đề được đưa ra trong các nghiên cứu liên quan.

Trong bài báo [17], tỷ lệ nhận của lưu lượng quảng bá bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi của các tham số CW và AIFS. Thông thường sau mỗi lần truyền không thành công chuẩn 802.11p sẽ tăng CW theo cấp số nhân để thích ứng với các điều kiện thay đổi của mạng. Tuy nhiên, trong truyền quảng bá vì không có thông báo về việc truyền thành công hay không, CW được giữ cố định cho các lần truyền tiếp theo. Nói cách khác, nó không điều chỉnh tham số truyền dựa trên sự thành công hay thất bại của quá trình truyền trước đó. Nếu một số lượng lớn các nút đang dành quyền truy cập, khả năng lớn sẽ xảy ra xung đột. Mặt khác, tỷ lệ xung đột của các khung tin quảng bá gia tăng khi khoảng cách từ nút gửi tăng lên. Trong điều kiện mạng có mật độ phương tiện cao, xác suất nhận khung tin quảng bá giảm mạnh ở khoảng cách lớn hơn 66% phạm vi truyền. Nguyên nhân chính khiến tỷ lệ nhận giảm là do vấn đề nút ỏ. Một giải pháp để tăng tỷ lệ nhận là một thông báo được truyền lại nhiều lần. Tuy nhiên việc truyền lặp lại tạo ra quá nhiều lưu lượng làm lãng phí băng thông mạng và tăng khả năng xung đột.

Mặt khác việc sử dụng cơ chế EDCA cùng với các giá trị AIFS khác nhau, xung đột có thể xảy ra giữa các luồng có cùng loại AC. Nếu số lượng các luồng tranh chấp có mức độ ưu tiên ngang nhau là đáng kể, thì khả năng xảy ra xung đột sẽ tăng lên. Trong khu vực giao thông đông đúc, số lượng phương tiện tranh chấp để truy cập môi trường không dây có thể trở nên rất lớn [17]. Một hạn chế của việc sử dụng EDCA là các tham số phân lớp MAC không thích ứng với các điều kiện thay đổi của mạng. Nói cách khác, các tham số phân lớp MAC sẽ không thay đổi khi số lượng các phương tiện tranh chấp cố gắng truy cập kênh tăng lên theo thời gian. Trong trường hợp mật độ phương tiện tăng cao việc tăng kích thước ban đầu của CW để giảm xác suất xung đột là phù hợp. Kích thước của CW cũng sẽ tăng lên tương ứng khi lưu lượng mạng tiếp tục tăng để thích ứng với điều kiện thay đổi của mạng. Các phương tiện cũng có thể được hưởng lợi ích từ tình huống ngược lại khi kích thước của CW được giảm xuống do mật độ phương tiện thấp.

Qua các vấn đề được phân tích ở trên cho thấy việc truyền quảng bá tại phân lớp MAC theo chuẩn 802.11p không đảm bảo tin cậy trong mạng VANET. Một quan tâm chính của cơ chế được đề xuất trong chương này là cải thiện tỷ lệ nhận thành công các

thông báo an toàn. Do đó luận án đề xuất cơ chế phối hợp truyền quảng bá mới với mục đích là kiểm soát thích ứng kích thước CW. Để thực hiện cơ chế này, các tham số QoS tại phân lớp MAC được tối ưu hóa. Ngoài ra cơ chế được đề xuất ưu tiên các thông báo theo mức độ khẩn cấp của dữ liệu bằng cách kết hợp cơ chế EDCA để truyền nhanh nhất các thông báo có mức độ ưu tiên cao tới đích.

Phần còn lại của chương được cấu trúc như sau: Phần 3.2 trình bày các công trình nghiên cứu liên quan đến truyền quảng bá trong mạng VANET. Phần 3.3 trình bày Giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng ACWC. Phần 3.4 trình bày Mô phỏng và kết quả. Kết luận được trình bày trong phần 3.5.

3.2 Một số nghiên cứu liên quan

Truyền quảng bá được sử dụng chủ yếu trong mạng VANET để truyền thông giữa các phương tiện nhằm giảm thiểu xung đột, tương tranh, thông báo dư thừa, vấn đề nút ẩn và cải thiện độ tin cậy của thông báo [82]. Có thể sử dụng hai phương pháp tiếp cận để nhận phản hồi từ mạng đó là phương pháp giám sát mạng chủ động và phương pháp giám sát mạng thụ động.

Phương pháp giám sát mạng chủ động sử dụng các nút để giám sát mạng và trao đổi thông tin với các nút lân cận. Do vậy, các nút có thể trao đổi danh sách tất cả các nút lân cận trong phạm vi truyền một chặng của nó với các nút khác ngay lập tức. Tuy nhiên phương pháp làm tăng tải mạng dẫn đến việc tiêu thụ thêm băng thông. Trong VANET, băng thông là một nguồn tài nguyên luôn thiếu hụt, vì vậy cần phải giảm số lượng thông báo. Phương pháp giám sát mạng chủ động làm tăng số lượng thông báo được gửi dẫn đến tăng thêm tắc nghẽn.

Phương pháp giám sát mạng thụ động có thể sử dụng để nhận phản hồi. Trong mạng không dây, một nút nghe thấy tất cả các thông báo được truyền trong cùng phạm vi truyền. Các nút có thể nhận phản hồi từ mạng đơn giản bằng cách lắng nghe các thông báo được gửi từ các nút khác. Lợi ích của phương pháp giám sát mạng thụ động là ít bổ sung tham số phức tạp cho các nút và không sử dụng thêm tài nguyên mạng.

Một số tác giả đưa ra cách giải quyết cho vấn đề gửi thông báo quảng bá trong mạng VANET. Tác giả Marc Torrent-Moreno và cộng sự [17] chỉ ra rằng trong điều kiện mạng có mật độ phương tiện cao, ở khoảng cách 100m tính từ nút gửi xác suất nhận được các thông báo quảng bá có thể giảm từ 20% - 30% và thậm chí giảm hơn nữa ở

khoảng cách lớn hơn. Nguyên nhân chính khiến tỷ lệ nhận giảm là do vấn đề nút ảm. Các tác giả thực hiện phương pháp truy cập ưu tiên giữa các nút dựa trên lập lịch thời gian truy cập kênh truyền để cải thiện tỷ lệ nhận các thông báo quảng bá.

Tác giả M. M. Artimy và cộng sự [83] đã đề xuất tập trung vào vấn đề điều chỉnh công suất truyền quảng bá trong VANET dựa trên việc ước tính mật độ phương tiện cục bộ. Mật độ phương tiện cục bộ của một phương tiện nhất định, được tính bằng tỷ số giữa số lượng xe thực tế - AN (Actual Number) trên đường hiện diện trong phạm vi truyền của phương tiện chia cho tổng số phương tiện - TN (Total Number) có thể xuất hiện trên đường trong phạm vi truyền hiện tại. Ví dụ: hãy xem xét rằng phạm vi truyền hiện tại cho một phương tiện nhất định là 600 m với độ dài đoạn đường 1000 m và các phương tiện trên cùng làn đường duy trì khoảng cách an toàn trung bình là 20 m. Kịch bản mô phỏng được thiết kế là một đường cao tốc với hai làn phương tiện đi về hai hướng. TN của phương tiện cụ thể được tính là $TN \approx [600/20] \times 2 \times 2 = 120$, trong khi AN cho phương tiện cụ thể được tính dựa trên thông tin nhận được từ các phương tiện lân cận của nó. Giả sử $AN = 65$, ước tính mật độ phương tiện cục bộ bằng $AN/TN \approx 0.54$. Sử dụng giá trị ước tính mật độ phương tiện cục bộ, phương tiện cụ thể sẽ cập nhật phạm vi truyền của nó bằng một thuật toán phạm vi truyền động. Tuy nhiên phương pháp được sử dụng để tính mật độ phương tiện cục bộ chỉ dựa trên chuyển động của phương tiện và có thể không phải lúc nào cũng đưa ra ước tính chính xác về mật độ lưu lượng cục bộ. Ví dụ: khi một phương tiện nhất định di chuyển ở tốc độ thấp, phương pháp này sẽ ước tính rằng mật độ phương tiện cục bộ là cao, trong khi nó di chuyển ở tốc độ cao, nó sẽ ước tính mật độ phương tiện thấp.

Tác giả Q. Xu và cộng sự [84] đã đề xuất giao thức truyền quảng bá dựa trên vị trí - LBB (Location Based Broadcast) để tăng xác suất tiếp nhận thông báo bằng cách gửi thông báo nhiều lần. Tác giả X. Yang và cộng sự [85] lại đề xuất giao thức truyền cảnh báo xung đột phương tiện - VCWC (Vehicular Collision Warning Communication) để truyền các thông báo cảnh báo khẩn cấp, dựa trên máy trạng thái và thuật toán giảm tốc độ truyền. Khi tai nạn xảy ra, các phương tiện bắt đầu truyền các thông báo cảnh báo khẩn cấp với tốc độ cao nhất và giảm dần theo thời gian. Tuy nhiên giao thức đề xuất không làm tăng độ tin cậy với lưu lượng có độ ưu tiên thấp và trong chế độ truyền quảng bá đa chặng. Cả [84] và [85] đều nhằm mục tiêu tăng xác suất tiếp nhận thông báo bằng

cách phát một thông báo nhiều lần, điều này làm tăng tải trên mạng.

Các tác giả C.V.S.C. Consortium và cộng sự [86] và Sun và cộng sự [87] trong cả hai bài báo lại tập trung đề xuất giảm tần số truyền thông báo để giảm xung đột đồng bộ trên kênh truyền. Tuy nhiên các ứng dụng an toàn đòi hỏi nghiêm ngặt về tần số do đó việc giảm tần số truyền thông báo lại không hữu ích cho các ứng dụng an toàn.

Tác giả C. Suthaputchakun và cộng sự [88] đã đề xuất kết hợp cơ chế EDCA của 802.11e trong VANET dựa trên độ ưu tiên cho truyền thông V2V. Mỗi thông báo IVC được gán một mức độ ưu tiên dựa trên mức độ khẩn cấp của sự kiện an toàn, yêu cầu QoS khác nhau về độ tin cậy truyền thông và độ trễ trung bình. Để tăng độ tin cậy truyền thông trong IVC dựa trên quảng bá, các tác giả áp dụng các cơ chế truyền lại có thể cung cấp sự khác biệt về độ tin cậy theo tỷ lệ cho từng thông báo được ưu tiên. Tuy nhiên, các tác giả đã không giải quyết vấn đề điều chỉnh các tham số QoS theo các điều kiện lưu lượng mạng cục bộ.

Theo tác giả Schmidt và cộng sự [89] đã đề xuất phương pháp điều chỉnh tốc độ tín hiệu thích ứng để đảm bảo vị trí thông tin chính xác. Các tác giả điều chỉnh tốc độ tín hiệu để cân bằng giữa độ chính xác của thông tin và việc sử dụng băng thông. Điều chỉnh tốc độ tín hiệu là một giải pháp mạnh mẽ để điều khiển tải kênh truyền và tắc nghẽn. Trong phương pháp đề xuất, tốc độ tín hiệu được điều chỉnh dựa trên thuộc tính di động của mỗi phương tiện, thuộc tính di động của các phương tiện lân cận và tình trạng mạng. Thật vậy, phương pháp này sử dụng các thông báo khác nhau như hướng phương tiện, mật độ phương tiện và vận tốc của phương tiện tồn tại trong thông báo cảnh báo để xác định tốc độ cảnh báo. Tuy nhiên, theo yêu cầu của một số ứng dụng an toàn, giảm tốc độ cảnh báo có một số hạn chế đối với các ứng dụng này.

Tác giả Huang và cộng sự [28] đã đề xuất thuật toán điều khiển tốc độ theo yêu cầu - ODRC (On-Demand Rate Control) để điều khiển tốc độ truyền của các ứng dụng an toàn dựa trên tình trạng của mạng như xảy ra tắc nghẽn và chuyển động bất ngờ của phương tiện. Trong thuật toán ODRC, xác suất truyền được tính bằng cách theo dõi lỗi do xung đột xảy ra trong các phương tiện lân cận dựa trên vị trí của phương tiện (chuyển động bất ngờ của phương tiện). Mỗi nút có thể phát hiện xung đột ngay lập tức trong một khoảng thời gian một giây dựa trên sự khác biệt về số trình tự của các gói tin nhận được gần đây từ tất cả các phương tiện lân cận. Nghĩa là, một phương tiện sử dụng số

gói tin bị mất chia cho tổng số gói tin từ một phương tiện lân cận để suy ra tỷ lệ mất kênh truyền. Thuật toán này tăng tốc độ truyền khi các phương tiện có hành vi bất ngờ. Mặt khác, khi tốc độ truyền giảm xuống giúp giảm tỷ lệ mất gói khi xảy ra xung đột kênh truyền. ODRC là một thuật toán phi tập trung giúp cải thiện hiệu năng của VANET. Tuy nhiên, mức độ ưu tiên của các gói tin không được quan tâm trong thuật toán này

Trong nghiên cứu [90], tác giả Seo và cộng sự đã thiết kế phương pháp điều khiển tắc nghẽn để giải quyết vấn đề thông báo an toàn trong mạng dày đặc phương tiện dựa trên xác nhận mức ứng dụng. Trong phương pháp, xác nhận gửi thành công các thông báo được gửi kèm thông báo cảnh báo. Khi một phương tiện nhận được xác nhận gửi kèm, phương tiện sẽ tăng khoảng thời gian giữa hai thông báo cảnh báo, tự động giảm tốc độ cảnh báo và tải kênh truyền. Tuy nhiên, trong các mạng dày đặc phương tiện, bổ sung các byte xác nhận gửi kèm trong thông báo cảnh báo dẫn đến tăng thêm tải trong các kênh truyền. Hơn nữa, phương pháp này không thực tế đối với VANET bởi vì độ trễ do điều khiển tất cả thông báo an toàn trong các phương tiện xung quanh tăng lên do việc xử lý các byte xác nhận gửi kèm.

Tác giả Ye và cộng sự [91] đã sửa đổi tiêu chuẩn WAVE để bổ sung một lớp mới truyền thông với lớp MAC để điều khiển tắc nghẽn trong các mạng phương tiện. Tác giả đã xem xét hai tham số bao gồm độ tin cậy và hiệu quả để đo hiệu năng truyền quảng bá của thông báo cảnh báo trong VANET. Trong phương pháp này, hiệu quả được định nghĩa là tốc độ phân phối các gói tin được truyền quảng bá đến các nút lân cận và độ tin cậy được định nghĩa là số lượng nút trung bình nhận thành công gói tin được truyền quảng bá cụ thể. Như vậy, công việc này đã giải quyết hiệu quả và độ tin cậy của các thông báo cảnh báo truyền quảng bá bằng cách đạt được tốc độ truyền gói tin tối ưu và dựa trên mật độ phương tiện. Tuy nhiên, các hạn chế liên quan đến tốc độ truyền thông báo an toàn, cần được xem xét để tránh xung đột trong các kênh truyền và truyền các thông báo này không có độ trễ, không được tính đến. Mặc dù, kênh truyền bị fading được coi là nguyên nhân duy nhất gây lỗi gói tin, sự xuất hiện xung đột do truyền đồng thời không được xem xét. Ngoài ra, vấn đề nút ẩn chưa được tính đến. Thêm vào đó, kịch bản truyền thông được xem xét trong nghiên cứu này là một kịch bản các phương tiện chuyển động trên một làn đường, kịch bản này không phổ biến trong mạng VANET.

Tác giả Wei và cộng sự [92] đã đề xuất phương pháp truyền quảng bá chuyển tiếp để truyền dữ liệu bằng cách điều khiển công suất truyền cho các thông báo khẩn cấp. Phương pháp này giảm thiểu các hiện tượng bão truyền quảng bá bằng cách sử dụng các phương tiện chuyển tiếp truyền lại các gói tin được quảng bá. Trong phương pháp đề xuất, phương tiện chuyển tiếp được chọn dựa trên ngưỡng công suất truyền được xác định trước. Nếu công suất truyền nhận được của các phương tiện vượt quá ngưỡng, các phương tiện nên truyền lại các gói tin nhận được. Tuy nhiên, các phương tiện nhận được công suất truyền nhỏ hơn ngưỡng sẽ không truyền lại các gói tin. Phương pháp cung cấp độ tin cậy cho các thông báo truyền quảng bá trong đơn chặng. Sử dụng phương pháp đề xuất, các xung đột truyền quảng bá trong đơn chặng và dư thừa thông báo được giảm bớt. Ngoài ra, phương pháp này tránh xảy ra tắc nghẽn. Do đó, làm tăng tỷ lệ phân phối gói tin và làm giảm độ trễ phân phối các thông báo an toàn.

3.3 Giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng ACWC

Mục tiêu của phân lớp MAC là phân quyền truy cập để chia sẻ môi trường, kênh không dây. Khi mật độ phương tiện tăng lên, kích thước của cửa sổ tương tranh cũng sẽ tăng lên để thích ứng với việc tăng số lượng các nút đang cố gắng truy cập kênh truyền. Nếu không sử dụng phương pháp điều phối, xung đột có thể xảy ra thường xuyên. Để giảm thiểu các vấn đề liên quan đến truyền quảng bá không tin cậy trong VANET, cần sửa đổi giao thức truyền quảng bá theo chuẩn 802.11p để cải thiện tỷ lệ nhận của lưu lượng quảng bá.

3.3.1 Phương pháp giám sát lưu lượng quảng bá trong mạng

Trong luận án đã thực hiện cơ chế ưu tiên được mô tả trong IEEE 802.11p chỉ tập trung vào việc truyền các thông báo quảng bá và do đó, không tính đến các cơ chế được đề xuất cho việc truyền thông báo unicast. Để kết hợp cơ chế EDCA trong VANET, tác giả phân loại các thông báo khác nhau theo mức độ khẩn cấp và yêu cầu độ trễ như được liệt kê trong Bảng 3.1 [7, 40, 77]. Khi mạng VANET được triển khai trong thực tế, có thể các loại lưu lượng được sử dụng trên kênh điều khiển sẽ tương tự như trong Bảng 3.1. Trong đó, Priority 1 được sử dụng cho danh mục truy cập có mức ưu tiên cao nhất và Priority 4 được sử dụng cho danh mục truy cập có mức ưu tiên thấp nhất.

Priority 1 được sử dụng để truyền Thông báo khẩn cấp. Khi một sự kiện bất thường xảy ra, các Thông báo khẩn cấp sẽ được truyền đi để cảnh báo các phương tiện

xung quanh về tình trạng nguy hiểm của đường. Ví dụ: Thông báo khẩn cấp được truyền nếu một phương tiện giảm tốc đột ngột và đạt đến ngưỡng nào đó. Ngoài ra, các Thông báo khẩn cấp được truyền đi nếu xảy ra tai nạn với thời gian trễ ngắn nhất. Vì vậy, Thông báo khẩn cấp được ưu tiên cao nhất.

Priority 2 được sử dụng để truyền Thông báo cảnh báo khẩn cấp, chúng được phát ra bởi các phương tiện khẩn cấp như xe cứu hỏa, xe cứu thương hoặc xe cảnh sát, khi ứng phó với trường hợp khẩn cấp. Những thông báo này được sử dụng cho các mục đích như cảnh báo những người lái xe khác rằng các phương tiện an toàn công cộng đang đến gần hoặc để điều phối đèn tín hiệu giao thông không bị trễ do chờ đèn đỏ khi phản ứng trong trường hợp khẩn cấp.

Priority 3 được sử dụng khi mỗi phương tiện phát định kỳ trạng thái của mình (ví dụ: vị trí, hướng, tốc độ, gia tốc, v.v.) dưới dạng Thông báo quảng bá định kỳ cho các phương tiện xung quanh. Thông báo quảng bá định kỳ được sử dụng để các phương tiện có thể tránh các trường hợp khẩn cấp hoặc không an toàn ngay cả trước khi chúng xuất hiện. Những thông báo này được sử dụng để tạo ra một hình ảnh tổng quan về các phương tiện xung quanh. Các Thông báo quảng bá định kỳ có thể sẽ chiếm một phần lớn lưu lượng trên kênh điều khiển.

Priority 4 được sử dụng để truyền Thông báo quảng cáo dịch vụ, đây là một loại lưu lượng được truyền từ RSU để thông báo về tính khả dụng của một dịch vụ giá trị gia tăng. Khi tìm thấy một dịch vụ quan tâm, phương tiện đó sẽ chuyển sang một trong các kênh dịch vụ để sử dụng dịch vụ đó.

Bảng 3.1 Mức độ ưu tiên của các loại thông báo trong VANET

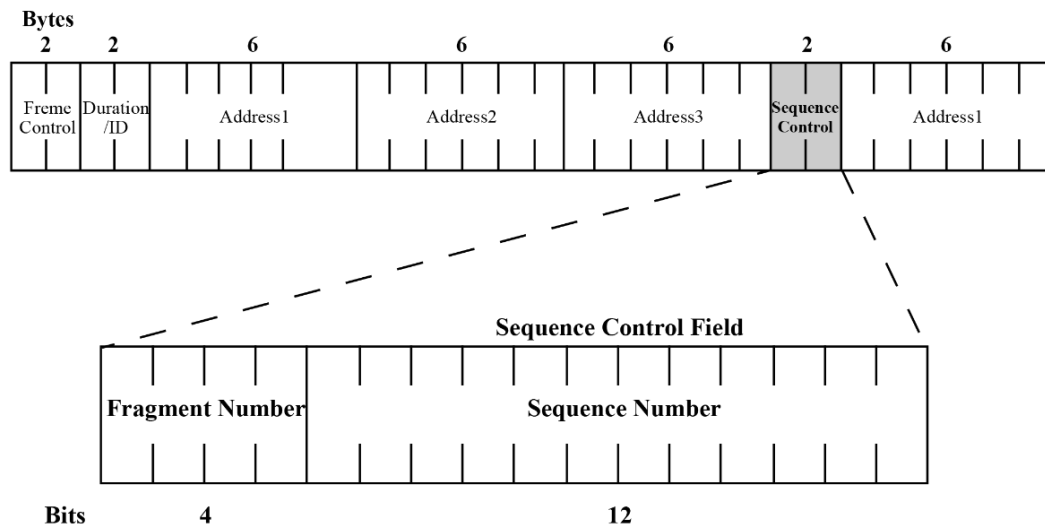
Priority	Các loại thông báo trong VANET
Priority 1: (AC[3])	Thông báo khẩn cấp
Priority 2: (AC[2])	Thông báo cảnh báo khẩn cấp
Priority 3: (AC[1])	Thông báo quảng bá định kỳ
Priority 4: (AC[0])	Thông báo quảng cáo dịch vụ

Tuy nhiên các danh mục truy cập này không phải là một phần của tiêu chuẩn DSRC. Các danh mục truy cập này và các loại thông báo có thể được cung cấp trên kênh

điều khiển, cho thấy sự cần thiết của việc phân biệt mức độ dịch vụ giữa các lớp lưu lượng.

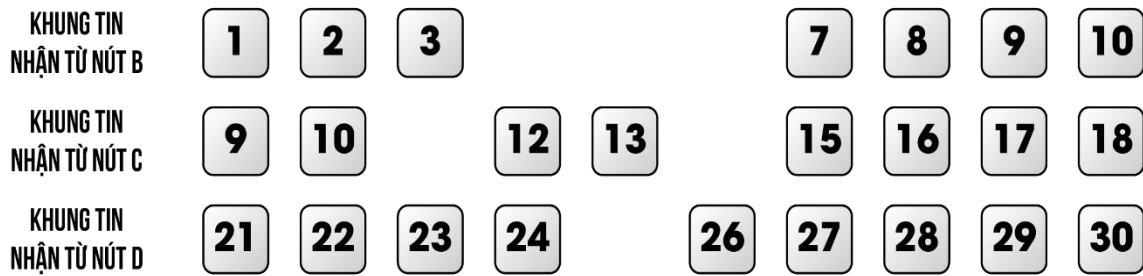
Theo tiêu chuẩn DSRC trong VANET, mỗi phương tiện quảng bá trạng thái của mình cho những phương tiện lân cận khoảng 10 lần mỗi giây [93, 94]. Trong mạng không dây, một nút nghe thấy tất cả các thông báo được truyền trong cùng phạm vi truyền. Các nút có thể nhận phản hồi từ mạng đơn giản bằng cách lắng nghe các thông báo được gửi từ các nút khác.

Như vậy, một nút trong VANET có thể phát hiện xung đột và tắc nghẽn bằng cách phân tích số trình tự - SN (Sequence Number) của các khung tin mà nút đã nhận được thành công từ các nút lân cận [95]. Trong Hình 3.1, trường điều khiển trình tự trong 802.11p MAC bao gồm hai trường con là số trình tự 12 bit và số phân đoạn 4 bit.



Hình 3.1 Trường điều khiển trình tự

Mỗi khung tin truyền đến phân lớp MAC được gán một số trình tự. Số trình tự ban đầu nhằm mục đích phát hiện các khung tin trùng lặp. Sau đó, số phân mảnh được sử dụng để hợp nhất các mảnh của cùng một khung tin. Nếu một gói tin được truyền xuống từ lớp cao hơn phải được phân mảnh. Mỗi khung tin sẽ chứa cùng một số trình tự, nhưng mỗi phân mảnh sẽ được gán số phân mảnh của riêng khung tin đó. Kết quả là mỗi nút ghi lại các số trình tự đã nhận được. Dựa trên việc quan sát các khung tin nhận được gần đây, một nút có thể xác định các điều kiện cục bộ hiện tại của mạng.



Hình 3.2 Khung tin nhận được tại nút A

Như trong Hình 3.2, nút A ghi nhận được các khung tin đến từ nút B với các số thứ tự 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10. Dựa trên các số thứ tự quan sát được, nút A có thể kết luận rằng khung tin 4, khung tin 5 và khung tin 6 bị hỏng hoặc mất và hơn 30% các khung tin được gửi từ nút B không đến được nút A. Ngoài ra, nút A có thể ghi lại tất cả các số trình tự nghe được từ nút C và D. Tương tự, nút A có thể kết luận rằng hai khung tin từ nút C và một khung tin từ nút D đã bị hỏng hoặc bị mất. Do đó, tỷ lệ các gói được gửi từ các nút lân cận bị lỗi trong một khoảng thời gian là 20% (6 trên 30) và ba nút hiện đang nằm trong cùng phạm vi truyền. Tỷ lệ xung đột này được sử dụng như một dấu hiệu của sự tắc nghẽn hoặc tương tranh trong mạng phân tán.

Luận án tiếp cận theo hướng sử dụng phương pháp giám sát mạng thụ động để nhận phản hồi từ mạng. Từ đó điều chỉnh thích ứng các tham số QoS tại phân lớp MAC để cải thiện tỷ lệ nhận các thông báo an toàn.

3.3.2 Cấu trúc dữ liệu ghi nhận lưu lượng quảng bá trong mạng

Để xác định trạng thái cục bộ của mạng, mỗi nút duy trì một bảng với cấu trúc dữ liệu như trình bày trong Hình 3.3, để ghi lại thông báo phản hồi từ các nút lân cận mà một nút đã nhận được trong các khung tin gần đây. Cấu trúc dữ liệu được sử dụng là bảng băm. Việc sử dụng bảng băm giúp cho các thông báo được cập nhật trong khoảng thời gian gần như không đổi (tức là độ phức tạp tính toán bằng $O(1)$). Như vậy, kích thước của bảng thay đổi theo số lượng nút trong mạng như tăng lên hoặc giảm đi được thực hiện ngay lập tức.

Địa chỉ MAC	Số trình tự	Tỷ lệ nhận	Nhãn thời gian
-------------	-------------	------------	----------------

Hình 3.3 Cấu trúc dữ liệu trong bảng

Các mục trong bảng gồm:

- **Địa chỉ MAC:** Địa chỉ MAC để xác định duy nhất mỗi nút trong bảng.
- **Số trình tự:** Số trình tự để ghi lại số trình tự của khung tin cuối cùng thu được từ một nút.
- **Tỷ lệ nhận:** Tỷ lệ nhận có trọng số để xác định tỷ lệ phần trăm khung tin được nhận thành công từ một nút.
- **Nhãn thời gian:** Nhãn thời gian ghi lại thời gian truyền thu được từ một nút.

Các mục trong bảng được cập nhật một cách định kỳ, dữ liệu trong các mục cập nhật trước đó sẽ được loại bỏ để không làm ảnh hưởng đến việc tính toán các điều kiện mạng cục bộ. Sau một ngưỡng thời gian chờ nếu một thông báo quảng bá không được nhận từ một nút thì mục đó sẽ bị loại bỏ khỏi bảng với giả định rằng nút đó đã ra khỏi phạm vi truyền.

3.3.3 Phương pháp tính tỷ lệ nhận

Một danh mục trong bảng được sử dụng để ghi lại tỷ lệ nhận của một nút. Tỷ lệ nhận của một nút là thành phần quan trọng quyết định việc có điều chỉnh kích thước của cửa sổ tương tranh hay không. Để xác định tỷ lệ nhận của một nút i , một giá trị gọi là RR_{avg}^i được sử dụng để tính toán giá trị của tỷ lệ nhận trung bình. Số trình tự là tham số quan trọng để xác định tỷ lệ nhận. Để xác định RR_{avg}^i , sự khác biệt giữa các số trình tự đã nhận sẽ được kiểm tra thông qua tham số gọi là SN_{diff} . Giá trị SN_{diff} được tính bởi công thức (3.1).

$$SN_{diff} = \begin{cases} 1, & \text{if } SN_{rev} - SN_{prev} = 1 \\ 0, & \text{if } SN_{rev} - SN_{prev} > 1 \end{cases} \quad (3.1)$$

Trong công thức (3.1), SN_{rev} là số trình tự một nút nhận được tại thời điểm hiện tại, SN_{prev} là số trình tự một nút đã nhận được trước đó. Giá trị SN_{diff} , sẽ bao hàm một trong hai giá trị là 1 hoặc 0. Giá trị 1 được sử dụng nếu một thông báo được nhận chính xác với một số trình tự, ngược lại giá trị 0 được sử dụng. Nếu khoảng cách giữa các số trình tự lớn hơn 1, thì RR_{avg}^i được tính nhiều lần. Trong một mạng thay đổi nhanh như VANET, cần chú trọng đến các điều kiện gần đây nhất của mạng, vì lý do này giá trị trung bình có trọng số được sử dụng. RR_{avg}^i được tính toán bằng công thức (3.2) như sau:

$$RR_{avg}^{new} = (1-\alpha) * SN_{diff} + \alpha * RR_{avg}^{old} \quad (3.2)$$

Trong công thức (3.2), giá trị α được chọn trong khoảng $[0, 1]$ nhằm điều chỉnh cập nhật thông tin trong bảng từ đó tính RR_{avg}^i thay đổi với tình trạng của mạng. Khi giá trị của α di chuyển gần hơn đến 1.00, trọng số lớn hơn được đặt lên tình trạng mạng quá khứ, phù hợp với mô hình mạng ổn định. Mặt khác, khi giá trị của α di chuyển về 0.00, trọng số lớn hơn được đặt lên tình trạng mạng hiện tại, phù hợp với mô hình mạng thay đổi. Mỗi nút sử dụng một bộ đếm thời gian cập nhật và thông qua một biến để điều chỉnh hoạt động của bộ đếm thời gian nhằm xác định trạng thái của một nút như duy trì, hay đã kết thúc. Khi bộ đếm thời gian đã kết thúc, một nút sẽ xác định tình trạng của mạng và do đó điều chỉnh các tham số truyền dẫn.

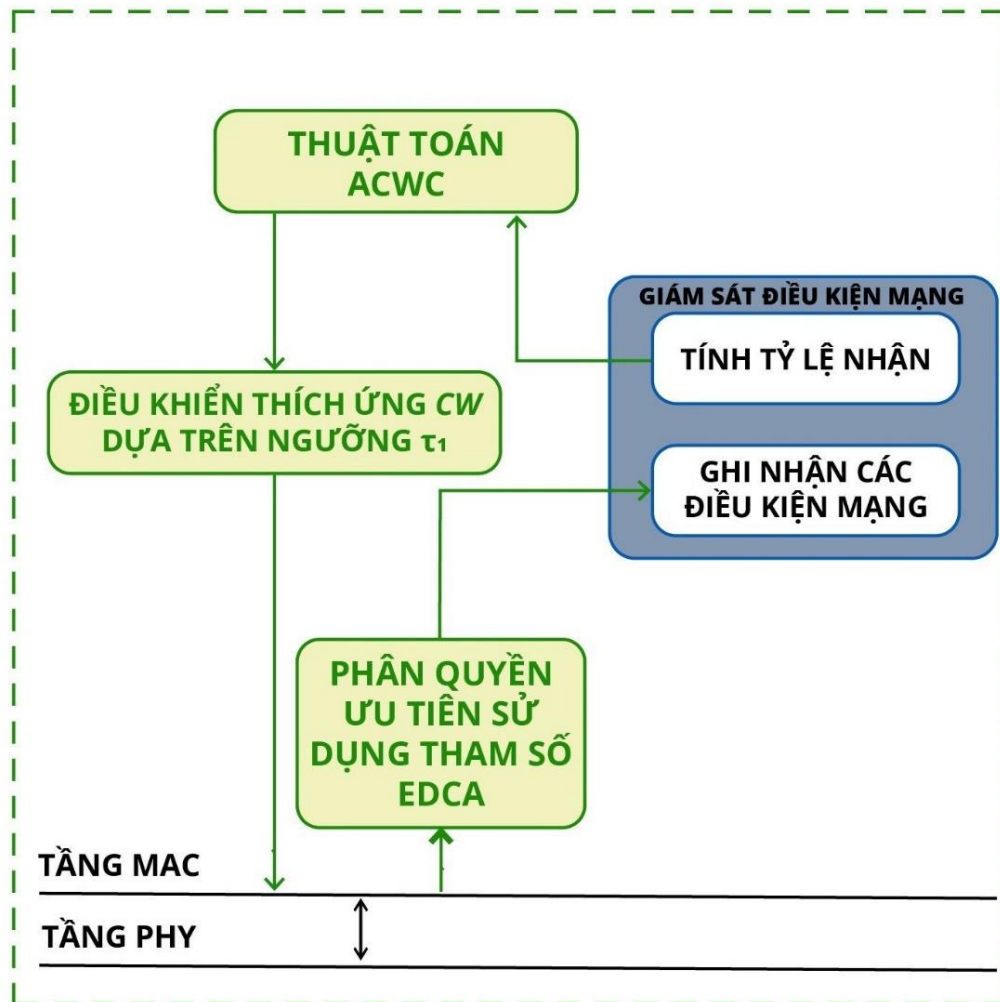
Dựa trên thông tin được thu thập trong bảng, một nút có thể điều chỉnh định kỳ tần suất các tham số truyền khi bộ đếm thời gian kết thúc. Khi bộ đếm thời gian đã kết thúc, một nút sẽ có tỷ lệ nhận được tính toán riêng cho mỗi nút. Một nút sẽ tính toán tỷ lệ nhận cục bộ để dự đoán về tình trạng mạng. RR_{local} là giá trị trung bình của RR_{avg}^i . Nói cách khác, giá trị trung bình của tỷ lệ nhận đã được tính toán. Như đã giải thích trước đó, RR_{avg}^i được xác định cho mỗi nút bất cứ khi nào một khung tin được nhận. Mặt khác, giá trị trung bình của tỷ lệ nhận được sử dụng để xác định RR_{local} , và giá trị này chỉ được tính toán theo chu kỳ. Công thức (3.3) được sử dụng để tính toán RR_{local} .

$$RR_{local} = \sum_{i=1}^N \frac{RR_{avg}^i}{N} \quad (3.3)$$

Trong đó N là số lượng nút nhận được trong phạm vi truyền được xác định dựa trên phương pháp trong mục 3.3.1. Khi một nút xác định RR_{local} , giá trị này sẽ được so sánh với giá trị RR_{local} đã lưu trước đó để duy trì hay điều chỉnh kích thước của CW .

3.3.4 Thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng

Để điều khiển thích ứng kích thước CW cần điều chỉnh bộ đếm thời gian backoff để truyền thông báo kịp thời theo tình trạng của mạng, cụ thể là theo tỷ lệ nhận thông báo và mật độ phương tiện cục bộ.



ACWC: Adaptive Contention Window Control

Hình 3.4 Sơ đồ khối giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng ACWC

Hình 3.4 cho thấy đề giải quyết bài toán đặt ra, tác giả luận án trình bày sơ đồ khối giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng ACWC. Trong đó cơ chế điều chỉnh kích thước cửa sổ tương tranh được thực hiện như mục 3.3.3 dựa trên việc phân tích số trình tự khung tin nhận được ở phân lớp MAC. RR_{avg}^i là một dấu hiệu về mức độ tắc nghẽn của mạng và lưu lượng dữ liệu từ một phương tiện cần phải được kiểm soát. Thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng được trình bày như sau:

Bảng 3.2 Thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng

Algorithm Adaptive Contention Window Control

Input: Các giá trị CW mặc định cho từng AC và giá trị ngưỡng τ_1

Output: Các giá trị CW thích ứng cho từng AC

Khi một gói tin được gửi đến lớp MAC

for each $Time$ **do**

*/*Tính toán tham số RR_{local} dựa trên phương pháp được đề xuất trong mục 3.3.3*/*

if $RR_{local} > \tau_1$ **then**

for ($level = 0; level < MAX_PRI; level++$)

$CW_{old} \leftarrow CW_{[level]}$

$new_window \leftarrow (CW_{old} / scaling_factor)$

$win_size \leftarrow ((new_window) - 1)$

*/*Tính giá trị mới kích thước cửa sổ tương tranh*/*

$CW_{[level]} \leftarrow win_size$

if ($CW_{[level]} < CW_{min_}[level]$)

$CW_{[level]} = CW_{min_}[level]$

end if

end for

else if $RR_{local} < \tau_1$ **then**

for ($level = 0; level < MAX_PRI; level++$)

$CW_{old} \leftarrow CW_{[level]}$

$new_window \leftarrow (CW_{old} * scaling_factor)$

$win_size \leftarrow ((new_window) + 1)$

*/*Tính giá trị mới kích thước cửa sổ tương tranh*/*

$CW_{[level]} \leftarrow win_size$

if ($CW_{[level]} > CW_{max_}[level]$)

$CW_{[level]} = CW_{max_}[level]$

end if

end for

else

Duy trì CW hiện tại;

end if

end for

Giải thuật cho thấy một nút duy trì một giá trị ngưỡng τ_1 cố định để điều khiển

thích ứng kích thước CW . Giá trị ngưỡng τ_1 được xác định bởi sự thay đổi của tham số RR_{local} giữa các phép đo liên tiếp và chọn trong khoảng $[0, 1]$ để xác định tỷ lệ xung đột thấp hoặc cao theo trạng thái của mạng. Khi giá trị của τ_1 di chuyển về 0 thuật toán sẽ phản ứng nhanh hơn với các điều kiện thay đổi trạng thái của mạng và ngược lại. Như vậy, để đảm bảo hiệu suất của mạng việc lựa chọn giá trị ngưỡng τ_1 trong việc điều chỉnh CW là quan trọng.

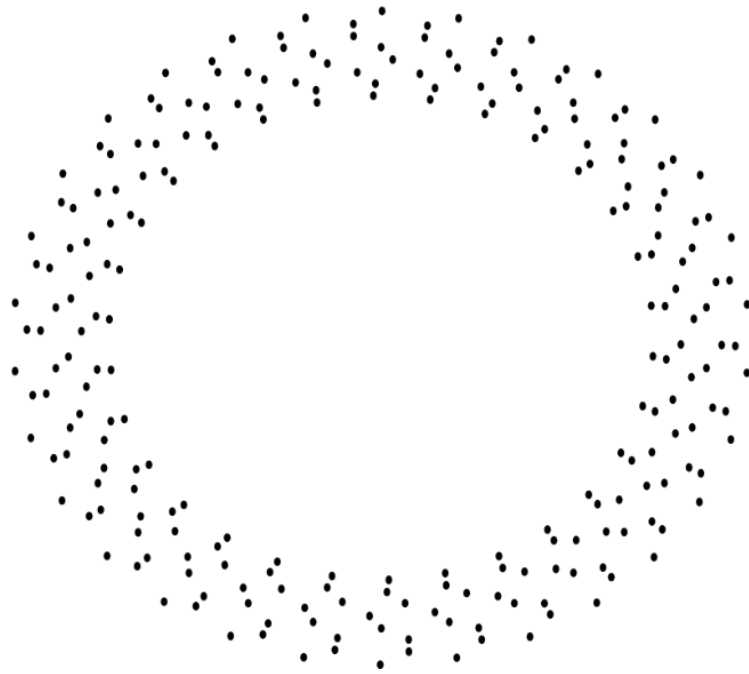
Để điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng, cơ chế được đề xuất sử dụng giải thuật làm tăng kích thước cửa sổ tương tranh theo cấp số nhân (tức là $CW_{new} = scaling_factor * CW_{old} + 1$) tương tự chuẩn IEEE 802.11p, sau mỗi lần truyền không thành công. Để giảm kích thước cửa sổ tương tranh sau mỗi lần truyền thành công, giải thuật làm giảm kích thước CW xuống còn một nửa (tức là $CW_{new} = CW_{old} / scaling_factor - 1$). Kích thước cửa sổ tương tranh có thể tiếp tục giảm cho đến khi đạt đến CW_{min} . Tham số $scaling_factor$ được sử dụng để điều chỉnh việc tăng và giảm kích thước CW . Kích thước của CW sẽ liên tục thay đổi dựa trên tình trạng của mạng. Một nút duy trì kích thước cửa sổ tương tranh cho đến khi bộ đếm thời gian kết thúc trong trường hợp truyền quảng bá.

3.4 Mô phỏng và kết quả

3.4.1 Thiết lập mô hình mạng và tham số mô phỏng

Trong phần này tác giả luận án sử dụng kết hợp các công cụ mô phỏng mạng Network Simulator (NS-2.35) [57], SUMO 0.12.3 [58], MOVE [60] để xây dựng kịch bản mô phỏng trong mạng VANET.

Kịch bản mô phỏng được thiết kế là một đường cao tốc thẳng được biểu diễn hình tròn [17] với bán kính bên trong 300 m, gồm 8 làn phương tiện đi về hai hướng mỗi hướng 4 làn đường và khoảng cách giữa các làn đường là 5 m. Các làn đường đều có vận tốc nhỏ nhất 16,7 m/s (60 km/h) và vận tốc lớn nhất 25 m/s (90 km/h). Khoảng cách giữa các phương tiện là 20 m. Các phương tiện quảng bá và cập nhật trạng thái tới các phương tiện lân cận sau mỗi 100 ms, trong đó tốc độ gửi gói tin là 10 packet/s.



Hình 3.5 Kịch bản mô phỏng đường cao tốc trong VANET [17]

Bảng 3.3 Tham số mạng

Các tham số	Giá trị
PHY	
Channel Type	Wireless Channel
Radio Propagation	Two-ray ground
Antenna type	Omni direction
Network Interface Type	WirelessPhy
MAC Type	802.11e
Interface queue	DTail/Pri
Link Layer Type	LL
Ifqlen	50
Simulation time	450 [s]
CSThresh	-96dBm
RXThresh	-90dBm
bandwidth	6Mbps
Freq	5.9GHz
Pt (200m)	375.4 μ W
MAC	
SlotTime	13 μ s
SIFS	32 μ s

PreambleLength	32 μ s
PLCPDataRate	6Mbps
basicRate	6Mbps
dataRate	6Mbps
threshold τ_1	0.05
α	0.8
scaling_factor	2
MAX_PRI	4

Bảng 3.4 Các tham số luồng dữ liệu ưu tiên trong mô phỏng

Các loại thông báo	Priority	CW_{min}	CW_{max}	AIFS	Packet size
Thông báo khẩn cấp	Priority 1	3	7	2	500 Bytes
Thông báo quảng bá định kỳ	Priority 3	15	1023	6	250 Bytes

Như đã trình bày trong Bảng 3.4, để mô tả gần với các điều kiện trong thực tế, cơ chế được đề xuất sử dụng hai lớp lưu lượng Priority 1 và Priority 3. Trong đó Priority 1 được sử dụng để truyền thông báo khẩn cấp (thông báo tai nạn hoặc từ các phương tiện cấp cứu), Priority 3 được sử dụng để truyền quảng bá định kỳ trạng thái của phương tiện. Kích thước gói tin với Priority 1 là 500 bytes và Priority 3 là 250 bytes. Trong các mô phỏng, Priority 1 chiếm 20%, và Priority 3 chiếm 80% lưu lượng mạng. Kênh truyền được cấu hình sử dụng các tham số của tiêu chuẩn DSRC như bảng thông được thiết lập ban đầu 6 Mbps, tần số được thiết lập là 5.9 GHz.

Tám kịch bản với mật độ phương tiện thay đổi trong các điều kiện khác nhau của mạng được tạo ra để đánh giá thuật toán điều khiển của sổ tương tranh thích ứng. Trong đó mỗi kịch bản có số phương tiện tăng liên tiếp 40 phương tiện (5 phương tiện/lần) nhằm mô phỏng mạng VANET trong các trường hợp gần với điều kiện thực tế như mật độ phương tiện thấp, trung bình, cao và dày đặc. Kịch bản mạng có mật độ phương tiện cao nhất được trình bày trong Bảng 3.5, sẽ có tổng tải trong mô phỏng, ký hiệu là (*Channel Load – Tải kênh*) xấp xỉ như được tính bởi công thức sau:

$$\text{Channel Load} = [\text{Number of Vehicles}] * [\text{Packet Size}] * [\text{Packet Rate}] \quad (3.4)$$

Trong đó:

- *Number of Vehicles*: Số lượng phương tiện trong mỗi kịch bản mô phỏng
- *Packet Size*: Kích thước gói tin thông báo an toàn.

- *Packet Rate*: Số gói tin một phương tiện truyền trong mỗi giây.

Bằng cách sử dụng công thức (3.4), cơ chế được đề xuất có thể quan sát thấy ảnh hưởng của việc tăng lưu lượng mạng đối với hiệu suất của các giao thức mạng.

Bảng 3.5 Tải kênh cho mỗi kịch bản mô phỏng

Scenario	Number of Vehicles	Channel Load [Mbps]		Total Channel Load [Mbps]
		Priority 1 [20%]	Priority 3 [80%]	
1	80	0.64	1.28	1.92
2	120	0.96	1.92	2.88
3	160	1.28	2.56	3.84
4	200	1.6	3.2	4.8
5	240	1.92	3.84	5.76
6	280	2.24	4.48	6.72
7	320	2.56	5.12	7.68
8	360	2.88	5.76	8.64

3.4.2 Các độ đo hiệu năng

Để đánh giá hiệu năng của mạng VANET có đạt được hiệu quả theo mong muốn trong cơ chế được đề xuất, tác giả luận án sử dụng hai chỉ số định lượng gồm độ trễ truy cập và tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn để tính toán.

3.4.2.1 Độ trễ truy cập

Độ trễ truy cập được sử dụng để đo lường thời gian cần thiết từ khi một gói tin được truyền xuống lớp MAC cho đến khi nó được đặt trên kênh không dây. Đối với mỗi khung tin được truyền đến MAC, nó sẽ được xác định loại lưu lượng dữ liệu nào được sử dụng để truyền khung tin. Nếu một gói tin được giữ bởi lớp MAC quá lâu, dữ liệu trong gói tin đó có thể không còn phù hợp khi nó được nhận. Nguyên nhân là do tính di động cao của phương tiện trong mạng VANET, trong vòng một giây vị trí của phương tiện có thể thay đổi nhanh chóng. Do đó không thể chấp nhận được việc các phương tiện phải mất một giây hoặc lâu hơn để nhận được bản cập nhật vị trí của phương tiện. Mặt khác theo yêu cầu của giao thức DSRC thì độ trễ truy cập phải được giữ dưới 100 ms cho nên cơ chế được đề xuất cũng phải điều chỉnh tương ứng đáp ứng yêu cầu này. Khi độ trễ truy cập được xác định cho mỗi khung tin, độ trễ truy cập trung bình sẽ được tính toán theo công thức sau:

$$avg_access_delay = \frac{total_delay}{total_num_packet} \quad (3.5)$$

Trong đó:

- *avg_access_delay*: độ trễ truy cập trung bình của tất cả các loại lưu lượng thông báo an toàn.
- *total_delay*: tổng thời gian độ trễ truy cập của tất cả các gói tin, trong đó độ trễ truy cập được tính là thời gian từ khi một gói tin được truyền xuống lớp MAC cho đến khi nó được đặt trên kênh không dây.
- *total_num_packet*: tổng số gói tin được gửi của tất cả các loại lưu lượng thông báo an toàn

3.4.2.2 Tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn

Tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn được sử dụng để đo tỷ lệ gói tin được truyền thành công ở một khoảng cách cụ thể cho từng loại lưu lượng dữ liệu. Ngoài ra tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn cũng được đánh giá dựa trên tỷ lệ phần trăm các gói tin nhận được trong các khoảng thời gian nhất định. Do tính chất không đáng tin cậy của giao thức truyền quảng bá ảnh hưởng đến hiệu năng của mạng VANET đã được phân tích trong mục 3.1, một tỷ lệ phần trăm các khung tin được truyền sẽ không được phân phối. Như đã thảo luận trong mục 3.2, xác suất nhận được khung tin bị ảnh hưởng bởi khoảng cách giữa nút gửi và nút nhận. Khi khoảng cách giữa các nút tăng, xác suất nhận được thông báo giảm. Trong trường hợp lý tưởng, thì tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn của giao thức truyền quảng bá đạt 100%. Tuy nhiên thông qua việc đo tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn cho thấy hiệu suất của giao thức truyền quảng bá trong thực tế khác xa so với trường hợp lý tưởng. Tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn cho mỗi loại lưu lượng dữ liệu được tính toán theo công thức sau:

$$received_rate[AC[i]] = \frac{received[AC[i]]}{received[AC[i]] + dropped[AC[i]] + not_sensed[AC[i]]} \times 100 \quad (3.6)$$

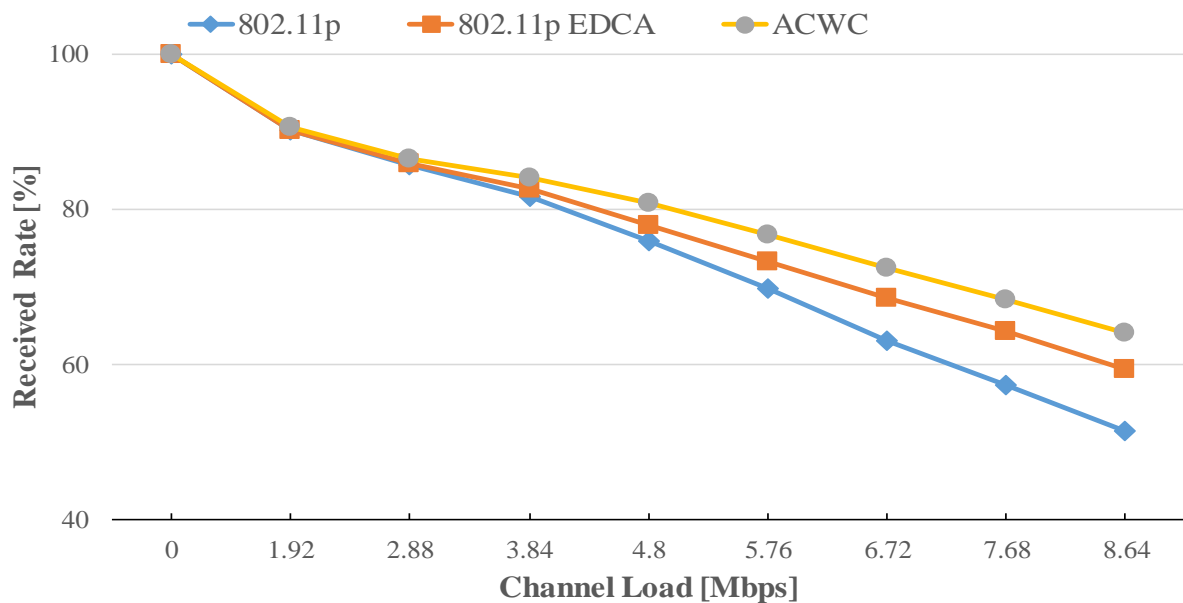
Trong đó:

- *received_rate[AC[i]]*: Tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn của mỗi loại lưu lượng dữ liệu.
- *received[AC[i]]*: Tổng số các gói tin nhận được của mỗi loại lưu lượng thông báo an toàn.

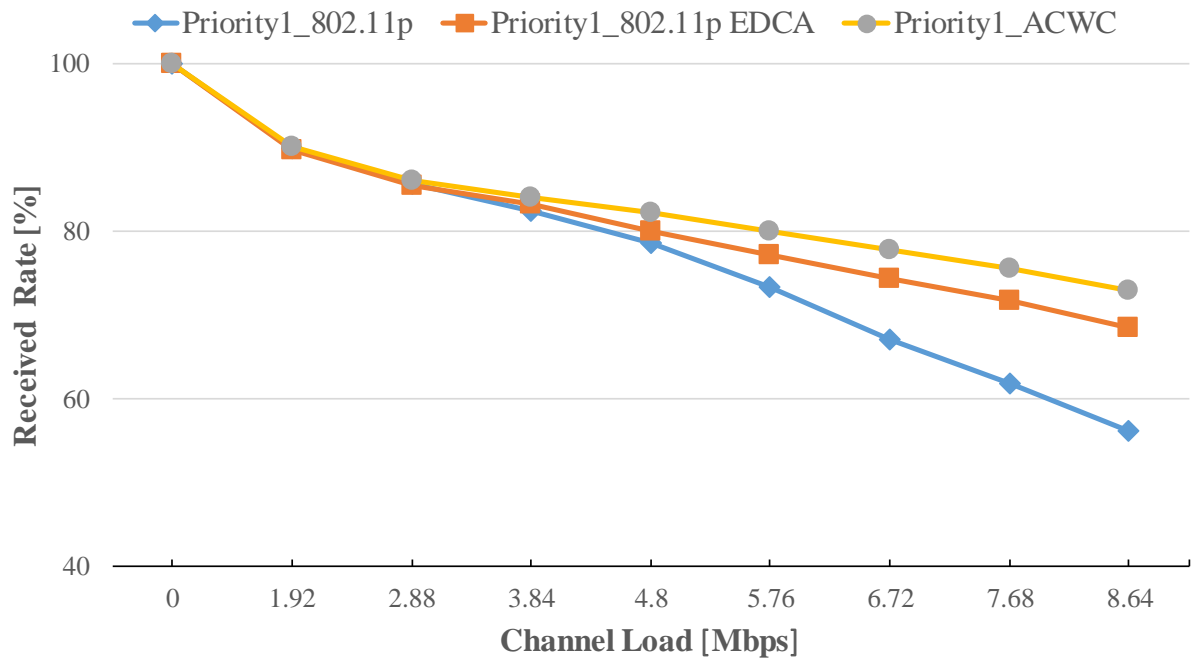
- $dropped[AC[i]]$: Tổng số các gói tin bị hủy bỏ của một loại lưu lượng thông báo an toàn.
- $not_sensed[AC[i]]$: Tổng số các gói tin không nhận biết được ở phía nút nhận

3.4.3 Phân tích và đánh giá kết quả mô phỏng

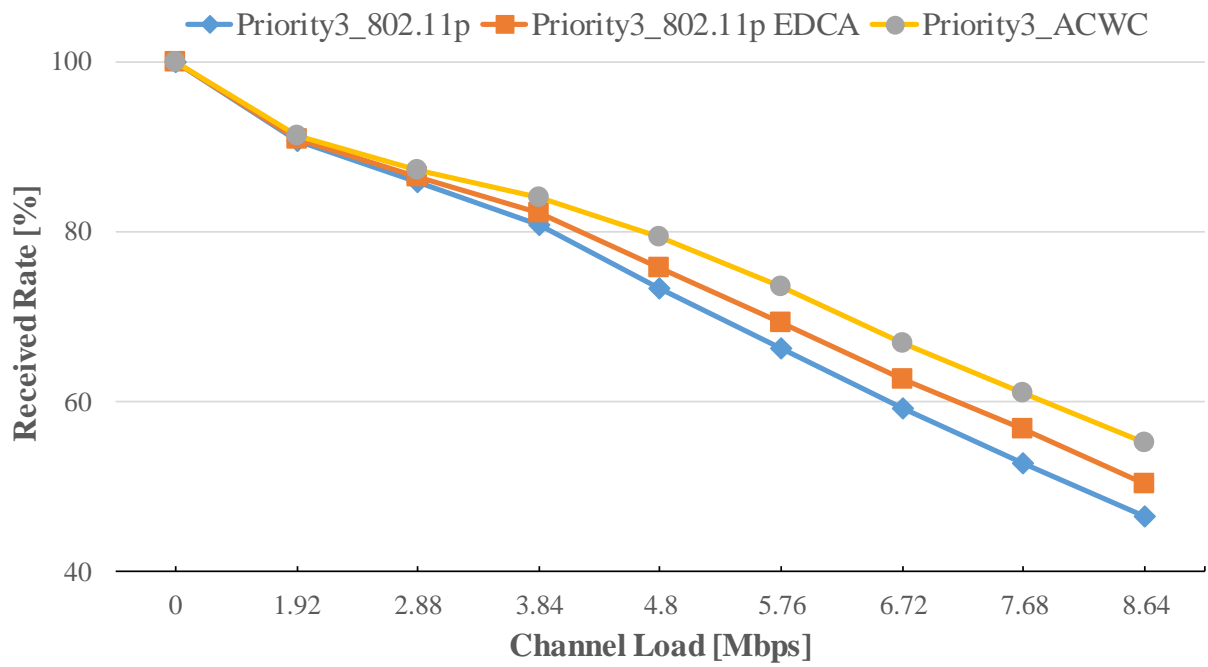
Kết quả mô phỏng thể hiện trong Hình 3.6, cho thấy thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng của cơ chế được đề xuất đã cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn so với cơ chế mặc định theo chuẩn 802.11p. Như đã trình bày trong Bảng 3.3, băng thông trong mạng VANET được thiết lập ban đầu là 6 Mbps. Khi tải kênh thấp, kết quả mô phỏng cho thấy thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng ảnh hưởng rất ít đến tỷ lệ nhận thông báo. Lý do chính là khi lưu lượng mạng thấp tỷ lệ nhận thông báo của cả cơ chế mặc định và cơ chế được đề xuất đều đã khá cao đạt xấp xỉ từ 85% - 90%. Độ trễ truy cập của cơ chế được đề xuất trong các trường hợp này thấp hơn so với cơ chế theo chuẩn 802.11p.



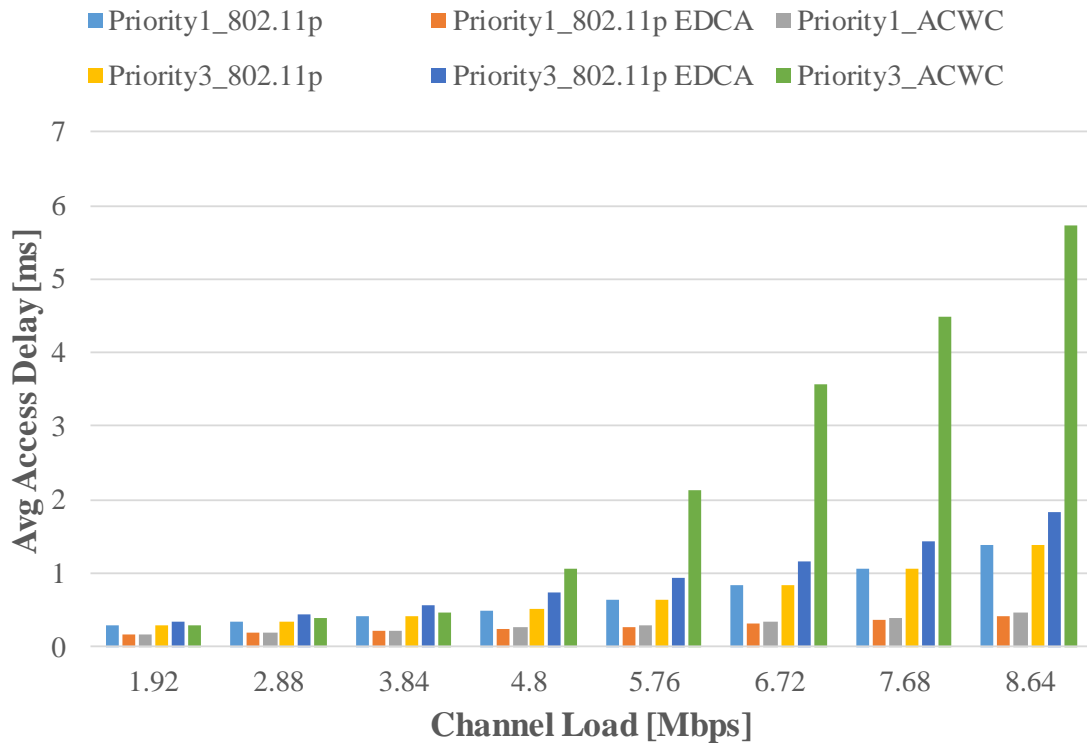
Hình 3.6 Tỷ lệ nhận của toàn bộ lưu lượng truy cập



Hình 3.7 Tỷ lệ nhận lưu lượng Priority 1



Hình 3.8 Tỷ lệ nhận lưu lượng Priority 3



Hình 3.9 Độ trễ truy cập

Khi tải kênh ở mức trung bình, được thể hiện trong các kịch bản có tải kênh là 3.84 Mbps, 4.8 Mbps và 5.76 Mbps. Tác giả luận án nhận thấy khi tải kênh tăng cao lên gần bằng băng thông, thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng cho thấy tác động hiệu quả trong việc cải thiện tỷ lệ nhận các thông báo an toàn. Kết quả mô phỏng cho thấy tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn của cơ chế được đề xuất tăng xấp xỉ từ 3 đến 7% so với cơ chế theo chuẩn 802.11p. Mặt khác, kết quả mô phỏng thể hiện trong Hình 3.7 và Hình 3.8 cho thấy khi lưu lượng truy cập mạng tăng lên sự khác biệt về tỷ lệ nhận giữa các loại lưu lượng dữ liệu ưu tiên Priority 1 và Priority 3 cũng tăng lên. Điều này cho thấy thuật toán của cơ chế được đề xuất đã điều chỉnh độ ưu tiên truyền cho các thông báo theo mức độ khẩn cấp của dữ liệu.

Khi tải kênh ở mức cao, đặc biệt khi mạng có mật độ phương tiện dày đặc, lưu lượng mạng vượt quá băng thông của kênh được thể hiện trong các trường hợp tải kênh là 6.72 Mbps, 7.68 Mbps và 8.64 Mbps. Tác giả luận án nhận thấy thuật toán cải thiện đáng kể tỷ lệ nhận toàn bộ thông báo an toàn tăng xấp xỉ từ 5% - 14% so với cơ chế theo chuẩn 802.11p. Tuy nhiên trong trường hợp này khi thuật toán điều chỉnh tăng kích thước CW để cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn dẫn đến làm tăng độ

trễ truy cập như kết quả mô phỏng thể hiện trong Hình 3.9. Lý do cho điều này là khi một nút cố gắng với nỗ lực cao nhất để truyền có thể cho phép một khe thời trong bộ đếm thời gian backoff hết hạn trước khi quá trình truyền xảy ra. Như vậy việc tăng kích thước CW khi lưu lượng mạng bị quá tải chỉ dẫn đến làm tăng độ trễ truy cập. Mặt khác, độ trễ truy cập tăng lên cũng có thể do cơ chế tải hiện tại chưa thật sự hiệu quả trong việc duy trì sự phân tách độ ưu tiên giữa các lưu lượng dữ liệu có độ ưu tiên cao và độ ưu tiên thấp. Tuy nhiên tất cả các lớp lưu lượng trong các trường hợp này đều duy trì độ trễ truy cập ở mức thấp hơn mục tiêu 100 ms.

3.5 Kết luận Chương 3

Trong chương này đã đề xuất cơ chế phối hợp mới để truyền quảng bá thích ứng dựa trên điều khiển kích thước CW nhằm cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn. Cơ chế được đề xuất là sự kết hợp giữa một thuật toán điều khiển kích thước CW và cơ chế EDCA của 802.11e trong VANET. Thuật toán điều khiển kích thước CW cho tất cả các AC dựa trên tỷ lệ nhận dữ liệu trong mạng. Mỗi phương tiện trong mạng dựa trên việc phân tích các khung tin nhận thành công được gửi gần đây để tính toán tỷ lệ nhận dữ liệu. Cơ chế EDCA được sử dụng để thiết lập mức độ ưu tiên cho các thông báo an toàn khác nhau theo mức độ khẩn cấp của lưu lượng dữ liệu. Cơ chế được đề xuất ít bổ sung tham số phức tạp cho các phương tiện và không sử dụng thêm tài nguyên mạng. Các kết quả mô phỏng trong các điều kiện tải kênh khác nhau của mạng cho thấy tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn tốt hơn so với cơ chế mặc định trong tiêu chuẩn 802.11p. Luận án cũng nhận thấy độ trễ truy cập tăng lên khi mạng có mật độ phương tiện cao tuy nhiên vẫn thấp hơn yêu cầu độ trễ được quy định trong tiêu chuẩn 802.11p. Công việc trong tương lai luận án sẽ tập trung vào cơ chế lập lịch ưu tiên để đảm bảo khác biệt giữa các luồng dữ liệu khác nhau từ đó điều chỉnh CW theo các điều kiện thay đổi của mạng.

Kết quả nghiên cứu của chương này được công bố trên tạp chí quốc tế về mạng máy tính và truyền thông thuộc danh mục SCOPUS [CT1].

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ CỬA SỔ TƯƠNG TRẠNG TRƯỢT THÍCH ỨNG ĐỂ GIẢM THIỂU TỶ LỆ XUNG ĐỘT THÔNG BẢO AN TOÀN TRONG MẠNG VANET

Trên cơ sở phân tích những hạn chế còn tồn tại trong cơ chế điều khiển thích ứng kích thước CW đã trình bày trong Chương 3. Trong chương này, tác giả luận án đề xuất phương pháp cải thiện cơ chế điều khiển thích ứng kích thước CW để nâng cao duy trì phân tách riêng biệt giữa các luồng dữ liệu ưu tiên khác nhau và giảm thiểu tỷ lệ xung đột bằng việc thiết kế cửa sổ trượt. Nội dung chính bao gồm: Đặt vấn đề cho bài toán dựa vào những vấn đề còn tồn tại của đối tượng nghiên cứu. Đề xuất ý tưởng thực hiện, phương pháp tiếp cận và thuật toán cho cơ chế mới. Sử dụng kết hợp các công cụ mô phỏng để kiểm chứng cơ chế đề xuất so với các cơ chế khác như IEEE 802.11p EDCA gốc và ACWC. Đánh giá kết quả mô phỏng theo các độ đo hiệu năng.

4.1 Đặt vấn đề

Trong cơ chế IEEE 802.11p EDCA, các thông báo khẩn cấp có độ ưu tiên truy cập cao hơn các thông báo khác. Tuy nhiên, cơ chế EDCA không thích ứng với các điều kiện thay đổi của mạng [17]. Giá trị của CW và AIFS có thể ảnh hưởng đến tỷ lệ xung đột của lưu lượng thông báo an toàn. Cơ chế EDCA vẫn dẫn đến xung đột giữa các luồng đồng thời có mức độ ưu tiên ngang nhau. Đặc biệt là ở những khu vực có lưu lượng giao thông cao, số lượng phương tiện tranh chấp để truy cập môi trường không dây có thể trở nên rất lớn. Khi đó các lưu lượng thông báo an toàn có độ ưu tiên cao có thể bị suy giảm băng thông do các lưu lượng thông báo an toàn có độ ưu tiên thấp thường xuyên chiếm dụng kênh truyền. Hơn nữa, cũng tăng thêm độ trễ do đóng băng backoff counter đối với các lưu lượng thông báo an toàn có độ ưu tiên cao đang trong trạng thái trì hoãn. Lý do là do cơ chế backoff chọn các giá trị backoff trong phạm vi $[0, CW[AC[i]]]$ cho tất cả các lưu lượng thông báo an toàn [96].

Cơ chế CW được thực hiện dựa trên [97] cho thấy đã cải thiện được những hạn chế của cơ chế EDCA. Nó cũng cho thấy tác động hiệu quả trong việc cải thiện tỷ lệ nhận các thông báo an toàn. Tuy nhiên, cơ chế này chưa cung cấp sự phân biệt chặt chẽ giữa các phạm vi CW của từng loại lưu lượng dữ liệu trong trường hợp mật độ phương tiện tăng cao. Trong chương này luận án quan tâm đến việc giải quyết vấn đề phân biệt hiệu quả theo độ ưu tiên và làm giảm thiểu tỷ lệ xung đột thông báo an toàn. Sử dụng

phương pháp nhận biết điều kiện cục bộ hiện tại của mạng dựa trên [97] để phân tích tỷ lệ phần trăm các khung tin nhận được thành công. Cơ chế được đề xuất trượt thích ứng kích thước *CW* và ưu tiên lưu lượng thông báo an toàn.

Phần còn lại của chương được cấu trúc như sau: Phần 4.2 trình bày các công trình nghiên cứu liên quan. Phần 4.3 trình bày giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng ASCWC. Phần 4.4 trình bày mô phỏng và kết quả. Kết luận được trình bày trong phần 4.5.

4.2 Một số nghiên cứu liên quan

Vấn đề truyền quảng bá trong mạng VANET đã và đang thu hút nhiều nghiên cứu về các mặt: giảm thiểu xung đột, tương tranh, thông báo dư thừa và vấn đề nút ẩn. Trong nghiên cứu [97], các tác giả đề xuất một thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng - ACWC (Adaptive Contention Window Control) nhằm cải thiện tỷ lệ nhận các thông báo an toàn. Thuật toán điều khiển kích thước *CW* dựa trên việc phân tích số trình tự các khung tin nhận thành công gần đây. Cơ chế EDCA được sử dụng kết hợp để thiết lập mức độ ưu tiên cho các thông báo an toàn khác nhau theo mức độ khẩn cấp của lưu lượng dữ liệu. Cơ chế được đề xuất đã được chứng minh là có hiệu quả trong việc cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn. Tuy nhiên, khi mật độ phương tiện cao có khả năng xảy ra xung đột do sự tranh chấp kênh truyền đồng thời giữa các loại lưu lượng dữ liệu có mức ưu tiên ngang nhau. Điều này có thể do cơ chế tải chưa thật sự hiệu quả trong việc duy trì tách biệt theo độ ưu tiên giữa các lưu lượng dữ liệu khác nhau.

Một giao thức truyền quảng bá đa chặng đô thị - UMB (Urban Multi-hop Broadcast) mới được tác giả Korkmaz và cộng sự [98] đề xuất để giải quyết các vấn đề về bão quảng bá, nút ẩn và độ tin cậy mà không cần chia sẻ thông tin giữa các phương tiện trong khu vực đô thị. Truyền quảng bá định hướng và truyền quảng bá giao lộ là hai kịch bản chính của UMB. Theo phương pháp của họ, nhiệm vụ chuyển tiếp chỉ được giao cho phương tiện xa nhất trong phạm vi truyền mà không cần sử dụng thông tin về cấu trúc liên kết mạng. Gói tin ACK được gửi bởi phương tiện được chọn để chuyển tiếp gói tin. Truyền quảng bá giao lộ thực hiện phổ biến thông báo theo mọi hướng bằng các repeater được lắp đặt tại các đoạn đường nhằm chuyển tiếp các thông báo đến các đích. Tuy nhiên, một hạn chế của giao thức đề xuất là sự cần thiết của các repeater.

Trong mô hình truyền thông IVC, không đảm bảo rằng các repeater sẽ được lắp đặt ở mọi giao lộ.

Tác giả Alasmary và cộng sự [99] giới thiệu phương pháp tiếp cận theo cụm để quảng bá định kỳ thông tin của phương tiện như tốc độ trung bình và số lượng phương tiện lân cận trong đơn chặng. Mỗi cụm được duy trì bởi một nút đầu cụm để quảng bá thông báo đến các phương tiện trong cụm. Do tính di động cao, nút đầu cụm cần phải thay đổi liên tục dẫn đến giảm hiệu năng mạng.

Tác giả Balador và cộng sự [100] đề xuất phương pháp dựa trên mật độ để điều chỉnh kích thước CW - DBM-ACW (Density Based Method for Adjusting the CW size). Cơ chế tính toán mật độ lưu lượng mạng bằng việc ước tính các điều kiện kênh sử dụng trạng thái truyền gói tin sau đó kết quả được lưu trong một vector trạng thái kênh – CS (Channel State). Một phần quan trọng của giao thức là duy trì trạng thái kênh cho các vector nhằm đạt được hiệu quả băng thông để cập nhật CW . Tác giả Reinders và cộng sự [101] phân tích hiệu năng mạng bằng cách trao đổi các thông báo trạng thái được gọi là tín hiệu (beacon). Các phương tiện sử dụng những thông báo tín hiệu này để thiết lập trao đổi thông tin. Phương pháp trao đổi thông tin sử dụng các ứng dụng khác nhau nhằm tăng cường an toàn và hiệu quả trong VANET. Phương pháp của họ nhằm mục đích điều khiển phương tiện trong thời gian thực bằng cách nâng cao hiệu quả truyền quảng bá trong IEEE 802.11p. Kích thước của CW sẽ điều chỉnh thích ứng dựa trên mật độ phương tiện để cải thiện hiệu năng về độ trễ và xác suất tiếp nhận.

Cả [100] và [101] đều tập trung vào cải thiện hiệu năng mạng bằng cách điều khiển kích thước CW thích ứng dựa trên mật độ phương tiện và xác suất tiếp nhận. Tuy nhiên, việc này dẫn đến làm tăng tải trên mạng.

Tác giả C. Suthaputchakun và cộng sự [88] đề xuất kết hợp cơ chế EDCA của 802.11e trong VANET dựa trên độ ưu tiên cho truyền thông phương tiện tới phương tiện. Mỗi thông báo truyền thông IVC được gán một mức độ ưu tiên dựa trên mức độ khẩn cấp của sự kiện an toàn, yêu cầu QoS khác nhau về độ tin cậy truyền thông và độ trễ trung bình. Để tăng độ tin cậy truyền thông trong IVC dựa trên quảng bá, các tác giả đã áp dụng các cơ chế truyền lại có thể cung cấp sự khác biệt về độ tin cậy theo tỷ lệ cho từng thông báo được ưu tiên. Tuy nhiên, các tác giả đã không giải quyết vấn đề điều chỉnh các tham số QoS theo các điều kiện lưu lượng mạng cục bộ.

Trong nghiên cứu [102], tác giả Barradi và cộng sự đã trình bày phương pháp điều khiển tắc nghẽn lớp MAC để giải quyết vấn đề của thuật toán EDCA đảm bảo truyền thông báo an toàn ưu tiên cao trên kênh điều khiển mà không bị trễ. Phương pháp điều chỉnh phạm vi kích thước cửa sổ backoff và AIFS cho các loại thông báo khác nhau trong VANET, để thực hiện ưu tiên nghiêm ngặt cho các thông báo an toàn. Ngoài ra, phương pháp cung cấp xác nhận cho các thông báo an toàn được truyền quảng bá trong kênh điều khiển để đảm bảo việc phân phối thông báo an toàn và ngăn chặn các thông báo truyền lại. Tuy nhiên, các thông báo xác nhận gây ra nhiều xung đột trong mạng có mật độ phương tiện cao do làm tăng thêm tải trên các kênh truyền bị tắc nghẽn. Sử dụng phương pháp này, độ trễ, jitter, và tỷ lệ mất gói tin được giảm đối với các thông báo an toàn khi mạng có mật độ phương tiện cao. Tuy nhiên, đối với các thông báo ưu tiên thấp, hiệu năng của VANET giảm.

Tác giả Bouassida và cộng sự [21] đã trình bày phương pháp mới điều khiển tắc nghẽn trong VANET bằng cách lập lịch tự động cho các thông báo dựa trên độ ưu tiên. Độ ưu tiên của thông báo được xác định bằng cách sử dụng các yếu tố tĩnh, động và kích thước của thông báo. Yếu tố tĩnh được xác định dựa trên ngữ cảnh thông báo và yếu tố động được xác định dựa trên tình trạng của mạng. Để tính hệ số động, một số chỉ số như tốc độ của phương tiện, tiện ích của người gửi và tính hợp lệ của thông báo được xem xét. Sau khi xác định độ ưu tiên của các thông báo, chúng được lập lịch trên các kênh điều khiển và dịch vụ. Kênh điều khiển có thể được sử dụng để truyền các thông báo dịch vụ khi nó rỗi. Phương pháp truyền thông báo có độ ưu tiên cao không có độ trễ và lập lịch lại các thông báo có độ ưu tiên trung bình và thấp để truyền trong các kênh truyền. Sử dụng phương pháp được đề xuất, tải mạng giảm và tài nguyên mạng được sử dụng hiệu quả. Hơn nữa, phương pháp cải thiện được độ trễ của thông báo an toàn. Tuy nhiên, trong phương pháp này chi phí truyền tăng lên do trao đổi ngữ cảnh của thông báo giữa các phương tiện lân cận. Ngoài ra, vấn đề bão truyền quảng bá không được quan tâm.

Trong nghiên cứu [103], tác giả Sahu và cộng sự đã trình bày phương pháp điều khiển tắc nghẽn bằng cách điều chỉnh phạm vi truyền các thông báo cảnh báo và mã hóa mạng ở cấp độ gói tin. Trong đó, phạm vi truyền của thông báo cảnh báo giảm trong mỗi phương tiện để giảm số lượng thông báo cảnh báo trong VANET. Phương pháp này

cung cấp phạm vi truyền cần thiết cho ứng dụng an toàn bằng cách sử dụng mã hóa mạng ở cấp độ gói tin để chuyển tiếp các thông báo cảnh báo chỉ trong hai chặng. Một nút chuyển tiếp được chọn trong vùng chuyển tiếp được xác định trong phạm vi truyền. Các phương tiện nằm trong khu vực này truyền thông với nhau để lựa chọn một nút chuyển tiếp thích hợp. Do đó, bằng cách giảm phạm vi tín hiệu, các xung đột kênh truyền được giảm và do đó tắc nghẽn được kiểm soát. Tuy nhiên, giá trị của kích thước cửa sổ tương tranh được giả định là cố định, trong khi để ưu tiên các thông báo, kích thước cửa sổ tương tranh cần được thiết lập các giá trị khác nhau cho từng loại thông báo riêng biệt.

Tác giả Jang và cộng sự [104] đã đề xuất phương pháp điều khiển tắc nghẽn vòng đóng được thực hiện trong lớp MAC. Phương pháp phát hiện tắc nghẽn bằng cách trao đổi các thông báo RTS/CTS. Sau đó, kích thước *CW* được điều chỉnh động để giảm số lượng xung đột. Nói cách khác, phương pháp này tăng kích thước *CW* để giảm thiểu quá tải kênh truyền do các nút cạnh tranh nhau gây ra. Sử dụng phương pháp đề xuất, độ lệch chuẩn của độ trễ và số lượng tương tranh được giảm xuống, và thông lượng được tăng lên. Tuy nhiên, phương pháp không hiệu quả để truyền quảng bá thông báo thời gian thực. Ngoài ra, việc phát hiện tắc nghẽn được thực hiện bởi thông báo RTS / CTS được truyền unicast trong VANET.

Phương pháp Phân phối thông báo an toàn nâng cao WAVE - WSD (WAVE-enhanced Safety Message Delivery) được tác giả Felice và cộng sự [105] phát triển để giảm độ trễ gửi các thông báo an toàn. WSD được phát triển để giải quyết việc chuyển đổi giữa các kênh truyền trong đa kênh của VANET. Trong bộ thu phát đa kênh và đơn kênh VANET, việc chuyển kênh truyền được đồng bộ hóa làm tăng độ trễ của các thông báo an toàn sẽ được gửi với độ trễ nhỏ hơn. WSD sử dụng heuristic để lập lịch tất cả các thông báo an toàn và dịch vụ trong các máy đa kênh truyền song song. Sử dụng WSD, các thông báo an toàn có độ ưu tiên cao được truyền trong các khoảng thời gian của kênh dịch vụ sao cho tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn trong tất cả các phương tiện lân cận được xem xét. Khi một thông báo khẩn cấp được tạo ra trong khoảng thời gian kênh dịch vụ, phương tiện tạo ra thông báo khẩn cấp cho tất cả các phương tiện lân cận để có được kênh truyền nhằm truyền thông báo khẩn cấp ngay lập tức. Sử dụng

WSD, độ trễ phân phối được giảm cho các thông báo an toàn. Tuy nhiên, truyền thông đa chặng trong VANET không được xem xét trong phương pháp WSD.

Trong nghiên cứu [106], tác giả Y. Huang và cộng sự đề xuất Thuật toán điều khiển tắc nghẽn hướng phương tiện - AVOCA (A Vehicle Oriented Congestion Control Algorithm) là một thuật toán điều khiển tắc nghẽn cross-layer. Trong AVOCA, tắc nghẽn được điều khiển trong mạng, các lỗ hổng trong vùng phủ sóng của mạng được tính đến. Thuật toán này đã được đề xuất để giải quyết sự thất bại của lớp giao vận khi các phương tiện đi vào vùng phủ sóng. AVOCA sử dụng ngưỡng hiệu năng được xác định trong lớp giao vận để kiểm soát truyền gói tin trong lớp này. Khi một phương tiện đi vào vùng phủ sóng, ngưỡng hiệu năng của lớp giao vận tăng lên. Sau đó, AVOCA đặt lại các tham số điều khiển tắc nghẽn và khởi tạo truyền gói tin. Mặt khác, khi phương tiện ra khỏi vùng phủ sóng, ngưỡng hiệu năng của lớp giao vận sẽ giảm. Việc giảm ngưỡng hiệu năng chấm dứt việc truyền gói tin cũng như đóng băng các tham số điều khiển tắc nghẽn. Mặc dù thuật toán này cải thiện đáng kể thông lượng mạng bằng cách xem xét tính công bằng trong việc phân bổ kênh truyền, độ trễ trong AVOCA tương đối cao (lên đến 60 ms).

Tác giả Guan và cộng sự [107] phát triển phương pháp Điều khiển tốc độ thông báo thích ứng – AMRC (Adaptive Message Rate Control) là phương pháp điều khiển thích ứng hai cấp. Phương pháp AMRC điều khiển tắc nghẽn bằng cách điều chỉnh tốc độ truyền và khoảng thời gian kênh điều khiển dựa trên tiện ích của các gói tin. Trong phương pháp AMRC khả năng mở rộng của truyền thông phương tiện được cải thiện, hiệu năng của thông báo an toàn cũng được bảo đảm và các ứng dụng dịch vụ có thể thu được băng thông nhiều hơn để có thể thực hiện hiệu quả. Trong phương pháp AMRC sử dụng thủ tục ngoại tuyến, tốc độ truyền và khoảng thời gian kênh điều khiển được xác định cho số lượng phương tiện cụ thể. Sau đó, bằng cách sử dụng thủ tục trực tuyến, RSU cấu hình các tham số xác định tốc độ truyền và khoảng thời gian trên kênh điều khiển theo số lượng phương tiện được xác định. Các giá trị thu được sẽ được truyền quảng bá bởi RSU, thuật toán AMRC cho thấy việc cải thiện hiệu năng của VANET.

Qua phân tích các kết quả nghiên cứu liên quan ở trên cho thấy các tác giả đã cố gắng tìm ra giải pháp cải thiện hiệu năng truyền quảng bá trong VANET. Tuy nhiên hầu hết các phương pháp chưa cung cấp cơ chế đảm bảo QoS cho thông báo an toàn theo

hướng sự kiện có độ ưu tiên cao, duy trì phân biệt chặt chẽ giữa phạm vi CW của từng loại lưu lượng dữ liệu và hiệu quả băng thông. Để khắc phục những vấn đề này, luận án đề xuất cơ chế mới điều khiển kích thước CW bằng phương pháp sử dụng kích thước cửa sổ tương tranh trượt với hệ số thay đổi động theo từng loại lưu lượng dữ liệu. Cơ chế được đề xuất đảm bảo QoS cho cả hai loại lưu lượng dữ liệu là thông báo an toàn theo hướng sự kiện có độ ưu tiên cao và thông báo định kỳ. Cải thiện những hạn chế của cơ chế EDCA, giảm xung đột do sự tranh chấp kênh truyền đồng thời giữa các loại lưu lượng dữ liệu có mức ưu tiên ngang nhau. Cơ chế được đề xuất cải thiện đáng kể hiệu quả sử dụng băng thông, phân tách riêng biệt theo mức độ ưu tiên giữa các luồng lưu lượng dữ liệu và ít tiêu tốn thêm tài nguyên mạng.

4.3 Giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng ASCWC

Mục tiêu của phân lớp MAC trong tiêu chuẩn 802.11 là phân quyền truy cập để chia sẻ môi trường, kênh không dây giữa các lưu lượng thông báo an toàn khác nhau. Do đó, mỗi phương tiện nên được gán các tham số MAC cụ thể phù hợp để tính toán bộ đếm thời gian backoff cho từng AC[i]. Mỗi lưu lượng thông báo an toàn AC[i] sử dụng các tham số dành riêng như AIFSN[AC[i]], $CW_{min}[AC[i]]$ và $CW_{max}[AC[i]]$. Đơn vị dữ liệu dịch vụ MAC - MSDUs (MAC Service Data Units) được phân phối thông qua nhiều bộ đếm thời gian backoff riêng biệt thay vì sử dụng một trường hợp duy nhất. Điều đó dẫn đến các lưu lượng thông báo an toàn có độ ưu tiên cao sẽ nhận được nhiều thời gian truyền hơn các lưu lượng có độ ưu tiên thấp. Tuy nhiên việc sử dụng cùng một AIFS cho từng loại lưu lượng truy cập có thể dẫn đến xung đột giữa các lưu lượng trong cùng một loại AC[i]. Nếu số lượng các luồng tương tranh trong cùng một loại AC[i] là đáng kể, thì tỷ lệ xung đột sẽ tăng lên. Hơn nữa trong IEEE802.11p EDCA các tham số phân lớp MAC không thích ứng với các điều kiện thay đổi của mạng.

Trong trường hợp mật độ phương tiện tăng cao, cần tăng kích thước ban đầu của CW một cách thích hợp để giảm xác suất xung đột. Kích thước CW cũng sẽ tăng lên tương ứng khi lưu lượng mạng tiếp tục tăng để thích ứng với các điều kiện thay đổi của mạng. Các phương tiện cũng hoạt động trong tình huống ngược lại khi kích thước CW được giảm xuống do mật độ phương tiện thấp. Do đó, cơ chế được đề xuất có thể làm giảm đáng kể tỷ lệ tắc nghẽn.

4.3.1 Cơ chế điều khiển truy cập ưu tiên

Luận án đề xuất cơ chế điều khiển kích thước CW mới bằng cách trượt cửa sổ với hệ số thay đổi động để thiết lập truy cập kênh truyền cho các loại lưu lượng dữ liệu khác nhau dựa trên thông tin về điều kiện cục bộ hiện tại của mạng [97]. Trên kênh CCH, luận án phân loại thông báo theo mức độ ưu tiên khác nhau cho từng loại lưu lượng dữ liệu để kết hợp với cơ chế được đề xuất, như được liệt kê trong Bảng 3.1.

Trong cơ chế điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng - ASCWC (Adaptive Sliding Contention Window Control), mỗi AC[i] được cung cấp các phạm vi CW riêng biệt. Do đó, mỗi loại lưu lượng dữ liệu khác nhau sẽ chọn bộ đếm thời gian backoff thay đổi động trong phạm vi $[0, CW[AC[i]]]$ tương ứng. Bằng cách phân biệt chặt chẽ giữa phạm vi CW của từng loại lưu lượng dữ liệu, ASCWC giải quyết được vấn đề suy giảm băng thông của lưu lượng dữ liệu có độ ưu tiên cao do các lưu lượng có độ ưu tiên thấp thường xuyên chiếm dụng kênh truyền. Hơn nữa, nó có thể giúp các thông báo an toàn có mức độ ưu tiên cao có thể truy cập kênh nhanh hơn và giảm thiểu được sự xung đột giữa các thông báo an toàn. Để cải thiện hiệu quả băng thông trong điều kiện tải kênh khác nhau, phạm vi CW có thể trùng lặp giữa các lưu lượng dữ liệu khác nhau. Trong ASCWC, tham số $ASCW_{size}[AC[i]]$ là kích thước CW cho một loại lưu lượng dữ liệu. Nó được tính theo công thức (4.1) như sau:

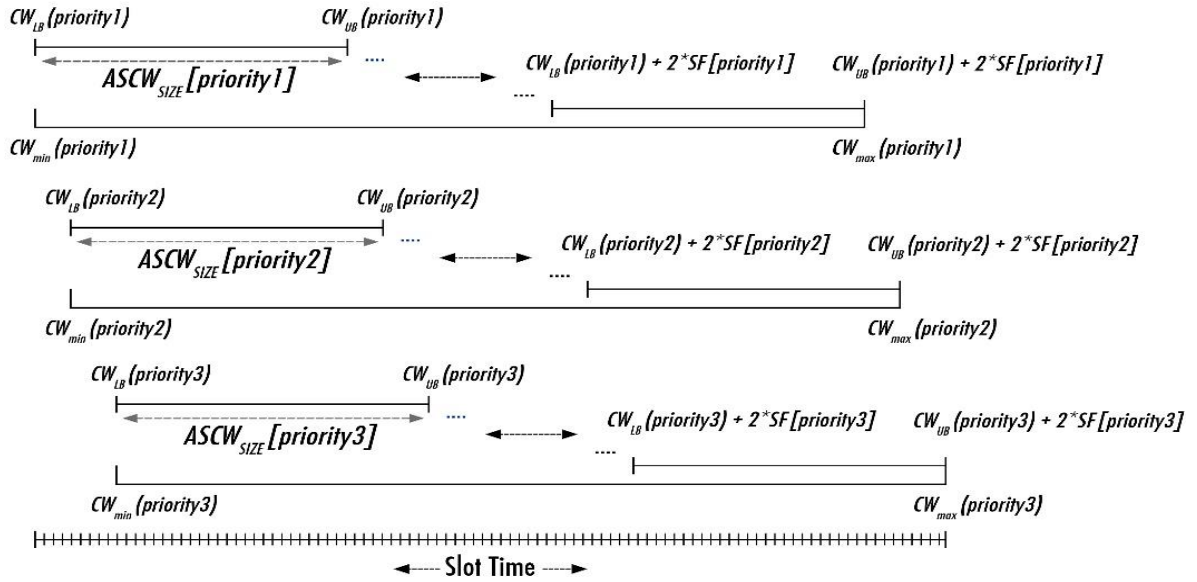
$$ASCW_{size}[AC[i]] = 2 * SF[AC[i]] \quad (4.1)$$

Trong công thức (4.1), $SF[AC[i]]$ là hệ số trượt cho mỗi loại lưu lượng dữ liệu nhằm xác định thích ứng mức độ trượt lên hoặc trượt xuống của CW . Nếu AC[i] có mức độ ưu tiên cao, hệ số trượt $SF[AC[i]]$ nhỏ và ngược lại. $SF[AC[i]]$ sử dụng thay cho tham số hệ số bền vững - PF (Persistence Factor) trong cơ chế IEEE 802.11p EDCA sau mỗi lần truyền không thành công. Tham số PF đại diện cho một hệ số nhân cố định được cung cấp cho mỗi AC[i] để điều chỉnh việc tăng phạm vi CW .

Ngoài ra, tham số $ASCW_{size}[AC[i]]$ quy định $CW_{LB}[AC[i]]$ là giới hạn dưới và $CW_{UB}[AC[i]]$ giới hạn trên của CW tại bất kỳ thời điểm nào. Các giới hạn này được điều chỉnh khi cửa sổ trượt nhưng vẫn nằm trong khoảng $CW_{min}[AC[i]]$ và $CW_{max}[AC[i]]$. Khởi tạo ban đầu các tham số $CW_{LB}[AC[i]]$ và $CW_{UB}[AC[i]]$ tính theo công thức (4.2), (4.3) như sau:

$$CW_{LB}[AC[i]] = CW_{min}[AC[i]] \quad (4.2)$$

$$CW_{UB}[AC[i]] = CW_{min}[AC[i]] + ASCW_{size}[AC[i]] \quad (4.3)$$



Hình 4.1 Cơ chế điều khiển cửa sổ tương tranh trượt

Hình 4.1 minh họa cơ chế điều khiển ASCWC cho ba loại lưu lượng dữ liệu có độ ưu tiên khác nhau như được trình bày trong Bảng 3.1. Các tham số $CW_{LB}[AC[i]]$ và $CW_{UB}[AC[i]]$ quy định khoảng thời gian mà từ đó các AC[i] chọn ngẫu nhiên giá trị backoff. Tham số $backoff_{new}$ là bộ đếm thời gian backoff mới mà một phương tiện sử dụng để điều chỉnh kích thước CW, nó được chọn ngẫu nhiên trong phạm vi $[CW_{LB}[AC[i]], CW_{UB}[AC[i]]]$ được tính theo công thức (4.4) như sau:

$$backoff_{new} = CW_{LB}[AC[i]] + random((CW_{UB}[AC[i]] - CW_{LB}[AC[i]] + 1)) \quad (4.4)$$

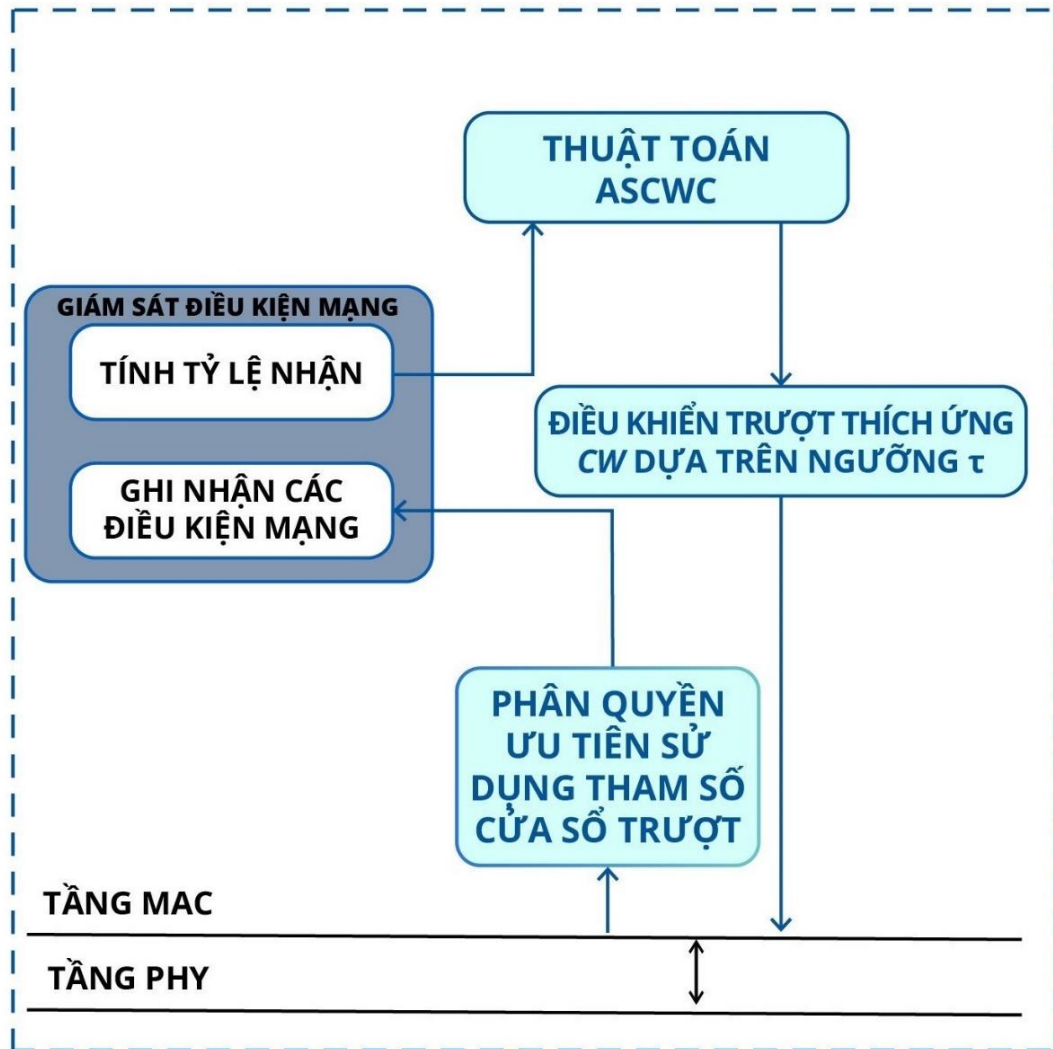
Trong Bảng 4.1, luận án thiết lập các tham số cho cơ chế được đề xuất để phân quyền ưu tiên bằng phương pháp điều khiển cửa sổ tương tranh trượt.

Bảng 4.1 Tham số luồng dữ liệu ưu tiên

Các loại thông báo	Priority	CW_{min}	CW_{max}	$SF[AC[i]]$	$ASCW_{size}[AC[i]]$	AIFS
Thông báo khẩn cấp	Priority 1	0	28	2	4	2
Thông báo cảnh báo khẩn cấp	Priority 2	8	56	4	8	3
Thông báo định kỳ	Priority 3	16	256	16	32	6

4.3.2 Thuật toán điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng

Tỷ lệ xung đột thông báo an toàn là một yếu tố quan trọng trong mạng VANET. Để điều khiển thích ứng kích thước CW , cần điều chỉnh bộ đếm thời gian backoff để truyền thông báo theo điều kiện cục bộ hiện tại của mạng, cụ thể là theo tỷ lệ xung đột thông báo an toàn và mật độ phương tiện cục bộ.



ASCWC: Adaptive Sliding Contention Window Control

Hình 4.2 Sơ đồ khối giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng ASCWC

Hình 4.2 cho thấy để giải quyết bài toán đặt ra, tác giả luận án trình bày sơ đồ khối giải pháp điều khiển cửa sổ tương tranh trượt thích ứng ASCWC. Trong đó cơ chế được đề xuất điều chỉnh kích thước cửa sổ tương tranh được thực hiện như ý tưởng điều chỉnh kích thước CW dựa trên [97] việc phân tích số trình tự khung tin nhận được ở phân

lớp MAC. Mỗi nút sẽ tính toán tham số RR_{local} để dự đoán về tình trạng mạng và giá trị này chỉ được tính toán theo chu kỳ như mục 3.3.3. Do đó, khi nút xác định RR_{local} , giá trị này sẽ được so sánh với giá trị RR_{local} đã lưu trước đó để điều chỉnh kích thước của CW .

Mỗi nút duy trì một giá trị ngưỡng τ cố định và sử dụng tham số $SF[AC[i]]$ để điều khiển thích ứng kích thước $ASCW_{size}[AC[i]]$ như mục 4.3.1. Giá trị ngưỡng τ được xác định bởi sự thay đổi của tham số RR_{local} giữa các phép đo liên tiếp và chọn trong khoảng $[0, 1]$ để xác định tỷ lệ xung đột thấp hoặc cao theo trạng thái của mạng. Khi giá trị của τ di chuyển về 0 thuật toán sẽ phản ứng nhanh hơn với các điều kiện thay đổi trạng thái của mạng và ngược lại. Tuy nhiên, khi tải kênh tăng cao nếu chọn ngưỡng τ quá nhỏ, nó có thể ảnh hưởng đến việc dự đoán chính xác tình trạng mạng. Như vậy, để đảm bảo hiệu năng của mạng việc lựa chọn giá trị ngưỡng τ trong việc điều chỉnh CW là quan trọng. Thuật toán điều khiển cửa sổ tranh trượt thích ứng được trình bày như sau:

Bảng 4.2 Thuật toán điều khiển cửa sổ tranh trượt thích ứng

Algorithm Adaptive Sliding Contention Window Control

Input: Các giá trị CW trượt cho từng AC trong mục 4.3.1 và giá trị ngưỡng τ

$CW_{LB}[AC[i]]$ là giới hạn dưới của $CW_{min}[AC[i]]$;

$CW_{UB}[AC[i]]$ là giới hạn trên của $CW_{min}[AC[i]] + ASCW_{size}[AC[i]]$;

Output: Các giá trị CW trượt thích ứng cho từng AC

Khi một gói tin được gửi đến lớp MAC

for each Time do

/*Tính toán tham số RR_{local} dựa trên phương pháp được đề xuất trong mục 3.3.3*/

if $RR_{local} > \tau$ **then**

for ($i = 0$; $i < MAX_PRI$; $i++$)

if ($CW_{LB}[AC[i]] - SF[AC[i]] \geq CW_{min}[AC[i]]$)

$CW_{LB}[AC[i]] \leftarrow CW_{LB}[AC[i]] - SF[AC[i]]$

$CW_{UB}[AC[i]] \leftarrow CW_{UB}[AC[i]] - SF[AC[i]]$

else

$CW_{LB}[AC[i]] \leftarrow CW_{min}[AC[i]]$

$CW_{UB}[AC[i]] \leftarrow CW_{min}[AC[i]] + ASCW_{size}[AC[i]]$

```

    end if
  end for
else if  $RR_{local} < \tau$  then
  for (i = 0; i < MAX_PRI; i++)
    if ( $CW_{UB}[AC[i]] + SF[AC[i]] \leq CW_{max}[AC[i]]$ )
       $CW_{LB}[AC[i]] \leftarrow CW_{LB}[AC[i]] + SF[AC[i]]$ 
       $CW_{UB}[AC[i]] \leftarrow CW_{UB}[AC[i]] + SF[AC[i]]$ 
    else
       $CW_{LB}[AC[i]] \leftarrow CW_{max}[AC[i]] - ASCW_{size}[AC[i]]$ 
       $CW_{UB}[AC[i]] \leftarrow CW_{max}[AC[i]]$ 
    end if
  end for
else
  Duy trì CW hiện tại;
end if
end for

```

4.4 Đánh giá kết quả bằng mô phỏng

Trong phần này tác giả luận án sử dụng kết hợp các công cụ mô phỏng mạng Network Simulator (NS-2.35) [57], SUMO 0.12.3 [58], MOVE [60] để xây dựng kịch bản mô phỏng trong mạng VANET.

4.4.1 Các tham số mô phỏng

Tác giả luận án đánh giá cơ chế đề xuất theo các điều kiện mô phỏng mạng giao thông gần với thực tế trong hai mô hình đường đó là đường cao tốc đô thị và đường cao tốc nông thôn [108]. Đường cao tốc đô thị là loại đường cao tốc công cộng xuyên qua các thành phố hoặc khu vực đô thị nơi có mật độ dân cư cao. Đường cao tốc nông thôn là loại đường cao tốc công cộng đi qua khu vực nông thôn nơi có mật độ dân cư thấp. Đường cao tốc nông thôn có nhiều làn đường mỗi chiều hơn so với đường cao tốc đô thị, thường là hơn 4 làn đường, đường cao tốc đô thị thường có từ 2 đến 4 làn đường. Tùy thuộc vào các khu vực địa lý khác nhau tốc độ giới hạn phương tiện có thể dao động từ mức thấp nhất trong đô thị là 60 km/h đến mức cao nhất ở khu vực nông thôn là 120 km/h. Trên cơ sở định nghĩa về hai mô hình đường cao tốc đã nêu ở trên, tác giả xây

dụng kịch bản mô phỏng cho hai mô hình đường với các tham số thiết lập ban đầu phù hợp với điều kiện giao thông trong thực tế để đánh giá cơ chế đề xuất như sau:

Một là mô hình đường cao tốc đô thị có bán kính bên trong 300 m để thể hiện đường cao tốc thẳng bao gồm 8 làn phương tiện với 4 làn đường mỗi chiều và khoảng cách giữa các làn đường là 5 m. Các phương tiện đều có vận tốc nhỏ nhất 16,7 m/s (60 km/h) và vận tốc lớn nhất 25 m/s (90 km/h). Khoảng cách giữa các phương tiện là 20 m.

Hai là mô hình đường cao tốc nông thôn có bán kính bên trong 400 m để thể hiện đường cao tốc thẳng bao gồm 10 làn phương tiện với 5 làn đường mỗi chiều và khoảng cách giữa các làn đường là 6 m. Các phương tiện đều có vận tốc nhỏ nhất 25 m/s (90 km/h) và vận tốc lớn nhất 33,3 m/s (120 km/h). Khoảng cách giữa các phương tiện là 25 m.

Trong các kịch bản, các phương tiện quảng bá và cập nhật trạng thái tới các phương tiện lân cận sau mỗi 100 ms, trong đó tốc độ gửi gói tin là 10 packet/s.

Bảng 4.3 Tham số mạng

Các tham số	Giá trị
PHY	
Channel Type	Wireless Channel
Radio Propagation	Two-ray ground
Antenna type	Omni direction
Network Interface Type	WirelessPhy
MAC Type	802.11e
Interface queue	DTail/Pri
Link Layer Type	LL
Ifqlen	50
Simulation time	450 [s]
CSThresh	-96dBm
RXThresh	-90dBm
bandwidth	6Mbps
Freq	5.9GHz
Pt (200m)	375.4 μ W
MAC	
SlotTime	13 μ s

SIFS	32 μ s
PreambleLength	32 μ s
PLCPDataRate	6Mbps
basicRate	6Mbps
dataRate	6Mbps
threshold τ	0.03
MAX_PRI	4

Để kịch bản mô phỏng gần với các điều kiện trong thực tế, cơ chế được đề xuất sử dụng ba lớp lưu lượng Priority 1, Priority 2 và Priority 3 như trong Bảng 4.1. Trong đó Priority 1 đại diện thông báo khẩn cấp theo hướng sự kiện (thông báo tai nạn hoặc từ các phương tiện cấp cứu), Priority 2 đại diện thông báo cảnh báo khẩn cấp theo hướng sự kiện và Priority 3 đại diện thông báo định kỳ trạng thái của phương tiện (vận tốc, gia tốc, vị trí và hướng của phương tiện). Kích thước gói tin cho Priority 1 và Priority 2 là 500 bytes trong khi Priority 3 là 300 bytes. Trong các mô phỏng, Priority 1 và Priority 2 lần lượt chiếm 5%, và Priority 3 chiếm 90%. Kênh truyền được cấu hình sử dụng các tham số của tiêu chuẩn DSRC như trong Bảng 4.3.

Các phương tiện được tạo ra trong chín kịch bản cho mỗi mô hình để đánh giá thuật toán điều khiển của số tương tranh trượt thích ứng với các mật độ phương tiện khác nhau. Trong mỗi kịch bản, số phương tiện tăng liên tiếp 40 phương tiện (5 phương tiện/lần đối với đường cao tốc đô thị hoặc 4 phương tiện/lần đối với đường cao tốc nông thôn) nhằm mô phỏng mạng VANET trong các trường hợp như mật độ phương tiện thấp, trung bình, cao và dày đặc. Tải kênh trong cơ chế đề xuất được tính tương tự công thức (3.4). Bằng cách sử dụng công thức (3.4), luận án có thể quan sát thấy ảnh hưởng của việc tăng lưu lượng mạng đối với hiệu năng của các giao thức mạng.

Như trình bày trong Bảng 4.4, tải kênh là do mật độ phương tiện. Trong các kịch bản mô phỏng, tải kênh tăng từ thấp lên cao so với lưu lượng mạng thay đổi theo các điều kiện khác nhau của mạng. Cơ chế đề xuất được đánh giá bằng cách so sánh với các cơ chế khác như IEEE802.11p EDCA gốc và ACWC. Các tham số mô phỏng dành cho cơ chế được đề xuất được thể hiện trong Bảng 4.1.

Bảng 4.4 Tải kênh cho mỗi kịch bản mô phỏng

Scenario	Number of Vehicles	Channel Load [Mbps]			Total Channel Load [Mbps]
		Priority 1 [5%]	Priority 2 [5%]	Priority 3 [90%]	
1	80	0.16	0.16	1.73	2.05
2	120	0.24	0.24	2.59	3.07
3	160	0.32	0.32	3.46	4.10
4	200	0.40	0.40	4.32	5.12
5	240	0.48	0.48	5.18	6.14
6	280	0.56	0.56	6.05	7.17
7	320	0.64	0.64	6.91	8.19
8	360	0.72	0.72	7.78	9.22
9	400	0.80	0.80	8.64	10.24

4.4.2 Các độ đo hiệu năng

Để đánh giá hiệu năng của mạng VANET có đạt được hiệu quả theo mong muốn trong cơ chế được đề xuất tại Chương 4, tác giả luận án sử dụng hai chỉ số định lượng gồm độ trễ truy cập và tỷ lệ xung đột thông báo an toàn để tính toán. Trong đó, độ trễ truy cập được sử dụng tương tự như công thức (3.5) trong mục 3.4.2.1.

Tỷ lệ xung đột thông báo an toàn được sử dụng để đo tỷ lệ gói tin được truyền không thành công ở một khoảng cách cụ thể cho từng loại lưu lượng dữ liệu. Ngoài ra tỷ lệ xung đột thông báo an toàn cũng được đánh giá dựa trên tỷ lệ phần trăm các gói tin không nhận được trong các khoảng thời gian nhất định. Do tính chất không đáng tin cậy của giao thức truyền quảng bá ảnh hưởng đến hiệu năng của mạng VANET, một tỷ lệ phần trăm các khung tin được truyền sẽ không được phân phối. Xác suất nhận được thông báo an toàn bị giảm khi khoảng cách giữa các nút tăng lên, như đã trình bày trong mục 3.2. Tuy nhiên thông qua việc đo tỷ lệ xung đột thông báo an toàn cho thấy hiệu suất của giao thức truyền quảng bá trong thực tế khác xa so với trường hợp lý tưởng. Tỷ lệ xung đột thông báo an toàn cho mỗi loại lưu lượng dữ liệu được tính toán theo công thức sau:

$$collisions_rate[AC[i]] = \frac{received[AC[i]]}{received[AC[i]] + dropped[AC[i]] + sensed[AC[i]]} \times 100 \quad (4.5)$$

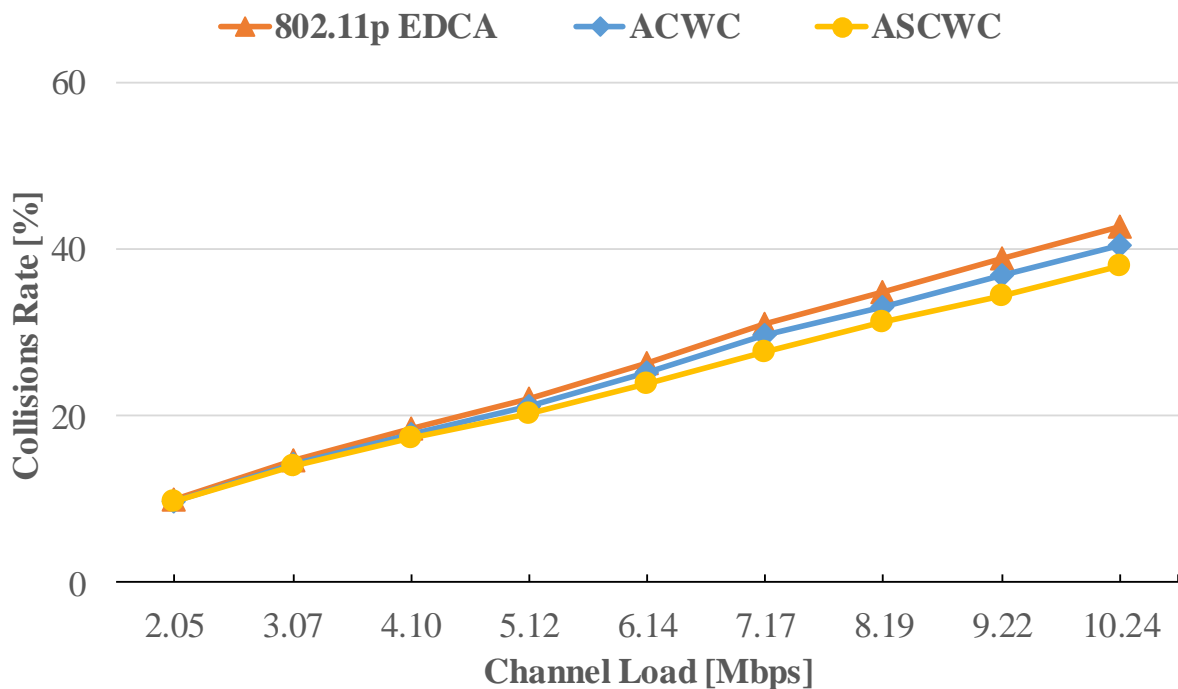
Trong đó:

- $collisions_rate[AC[i]]$: Tỷ lệ xung đột thông báo an toàn của mỗi loại lưu lượng dữ liệu.
- $received[AC[i]]$: Tổng số các gói tin nhận được của mỗi loại lưu lượng thông báo an toàn.
- $dropped[AC[i]]$: Tổng số các gói tin bị hủy bỏ của một loại lưu lượng thông báo an toàn.
- $sensed[AC[i]]$: Tổng số các gói tin nhận biết được ở phía nút nhận

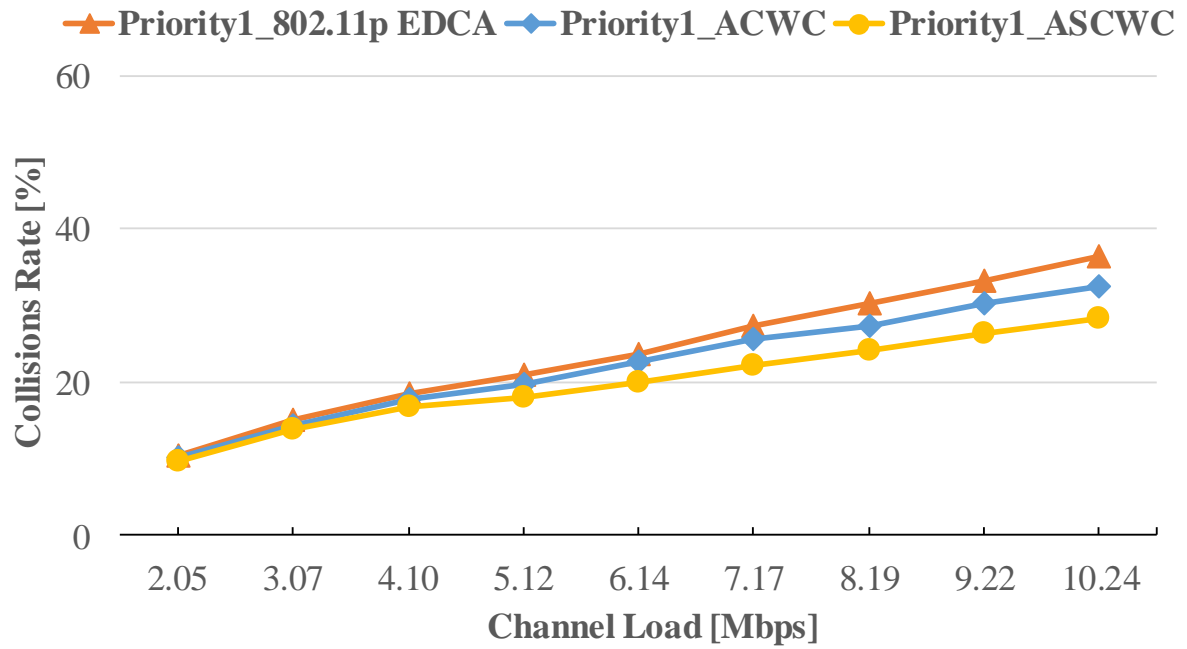
4.4.3 Kết quả mô phỏng

4.4.3.1 Mô hình đường cao tốc đô thị

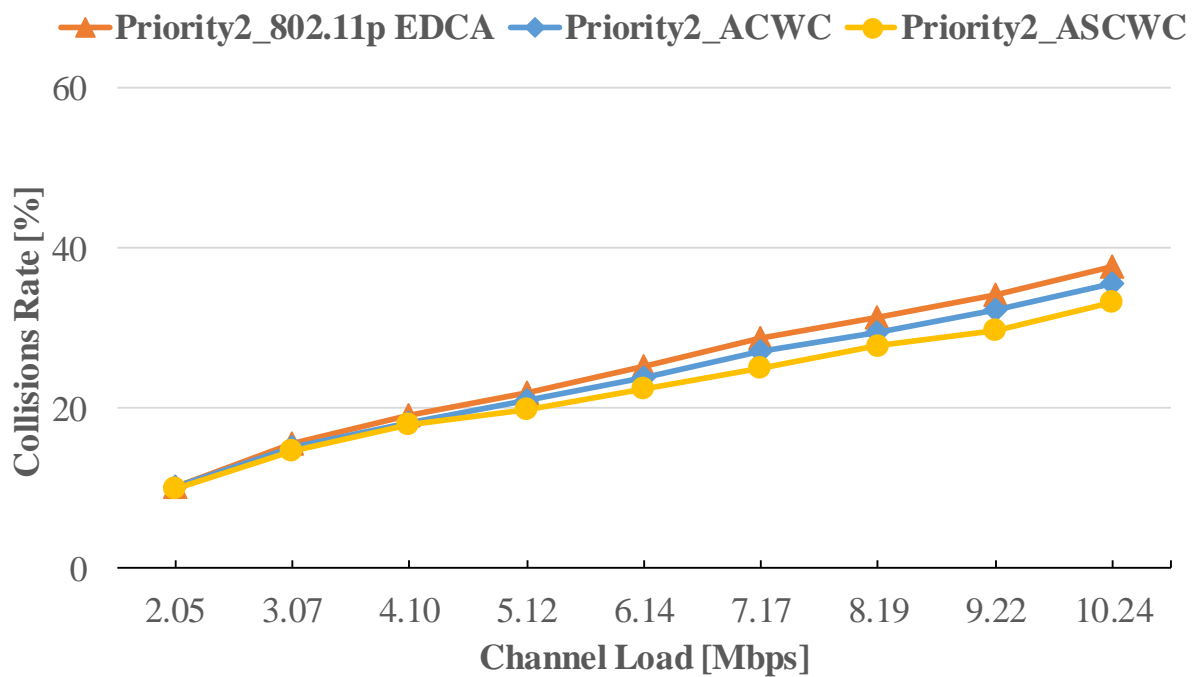
Trong mô hình đường cao tốc đô thị, tác giả luận án mô phỏng chín kịch bản với mật độ phương tiện thay đổi theo các điều kiện khác nhau của mạng để đánh giá hiệu quả của cơ chế được đề xuất so với các cơ chế khác về tỷ lệ xung đột và độ trễ truy cập.



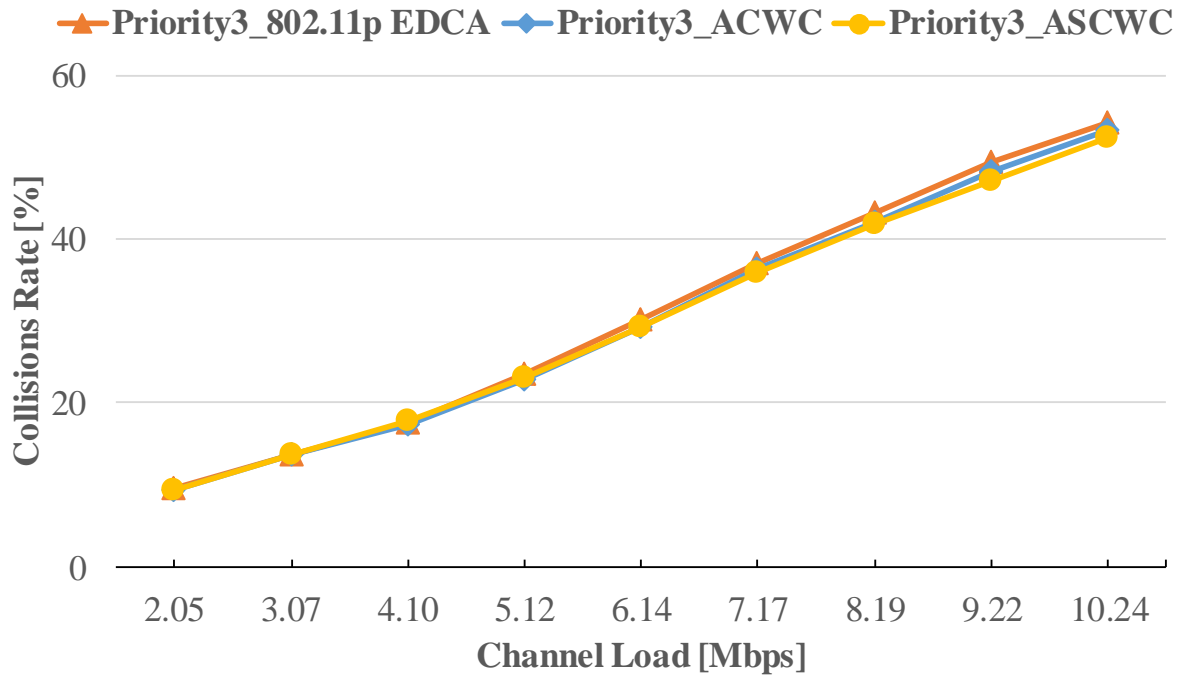
Hình 4.3 Tỷ lệ xung đột của toàn bộ lưu lượng truy cập trong mô hình đường cao tốc đô thị



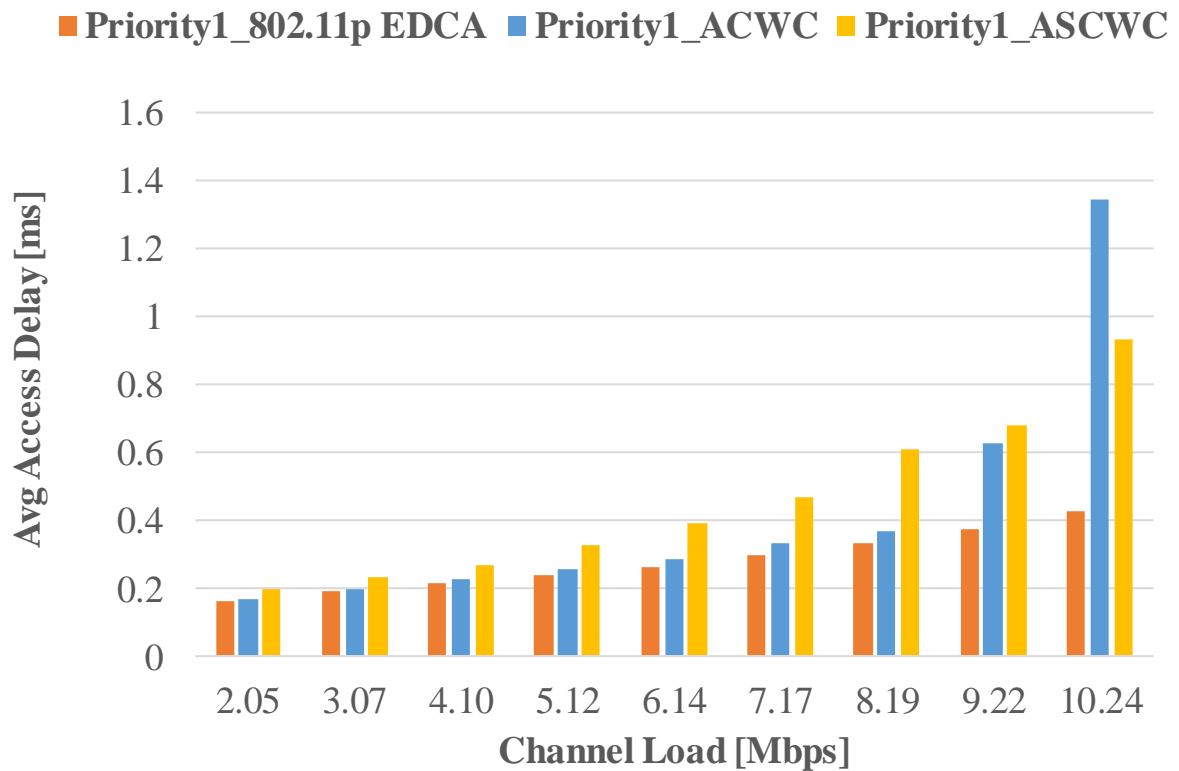
Hình 4.4 Tỷ lệ xung đột Priority 1 trong mô hình đường cao tốc đô thị



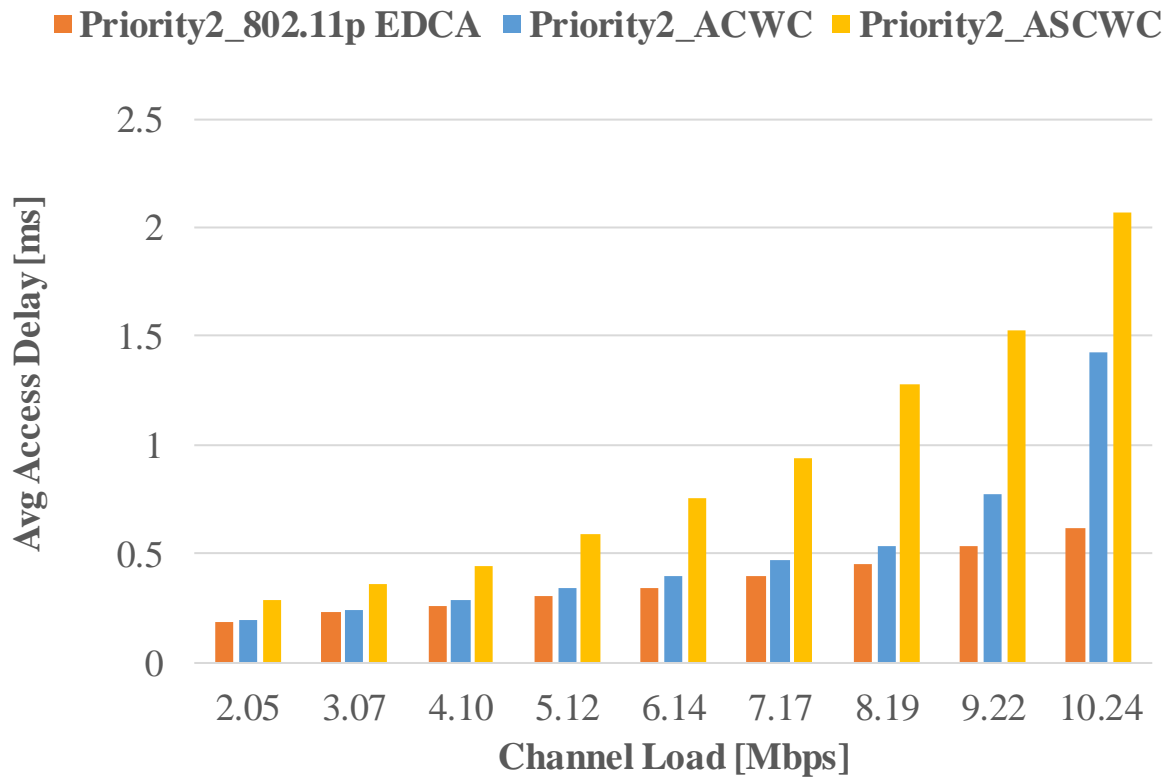
Hình 4.5 Tỷ lệ xung đột Priority 2 trong mô hình đường cao tốc đô thị



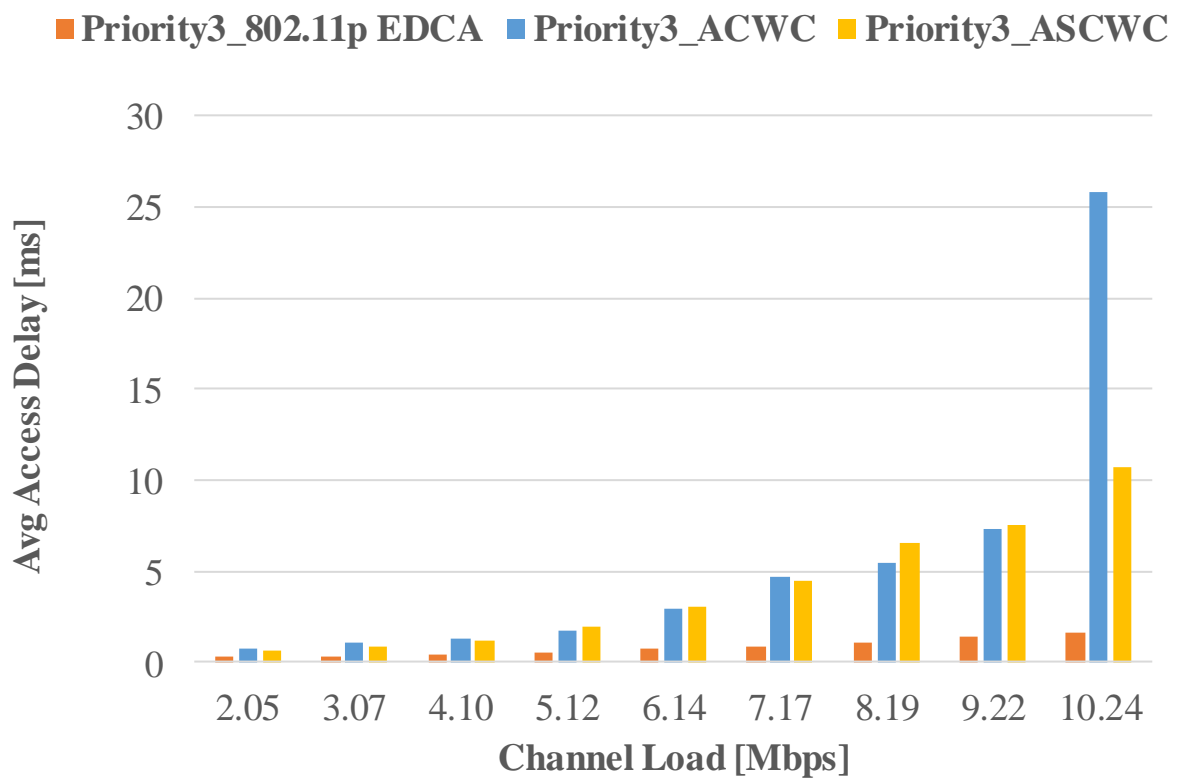
Hình 4.6 Tỷ lệ xung đột Priority 3 trong mô hình đường cao tốc đô thị



Hình 4.7 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 1 trong mô hình đường cao tốc đô thị



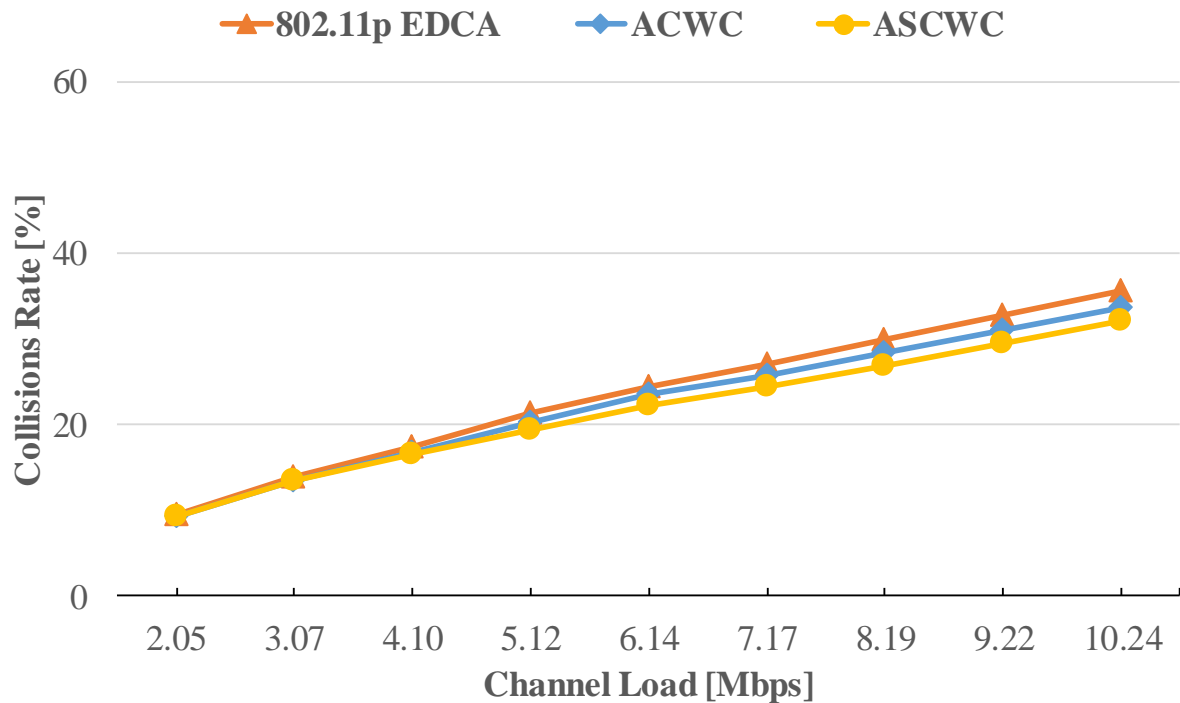
Hình 4.8 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 2 trong mô hình đường cao tốc đô thị



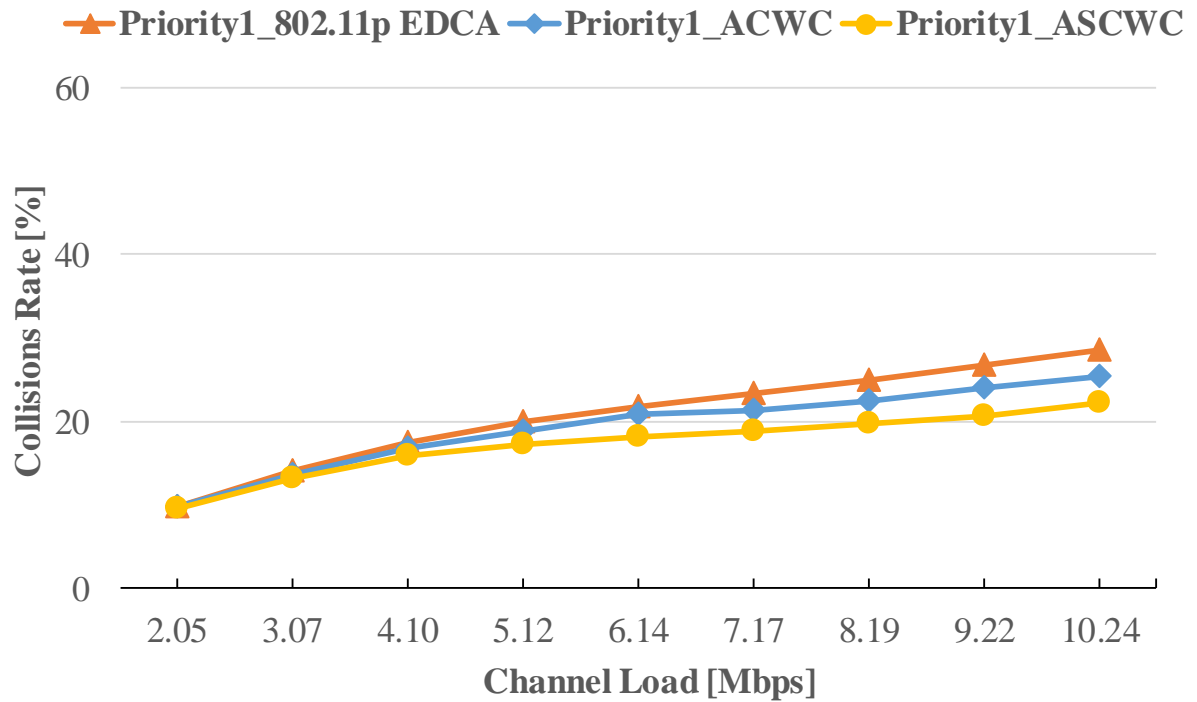
Hình 4.9 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 3 trong mô hình đường cao tốc đô thị

4.4.3.2 Mô hình đường cao tốc nông thôn

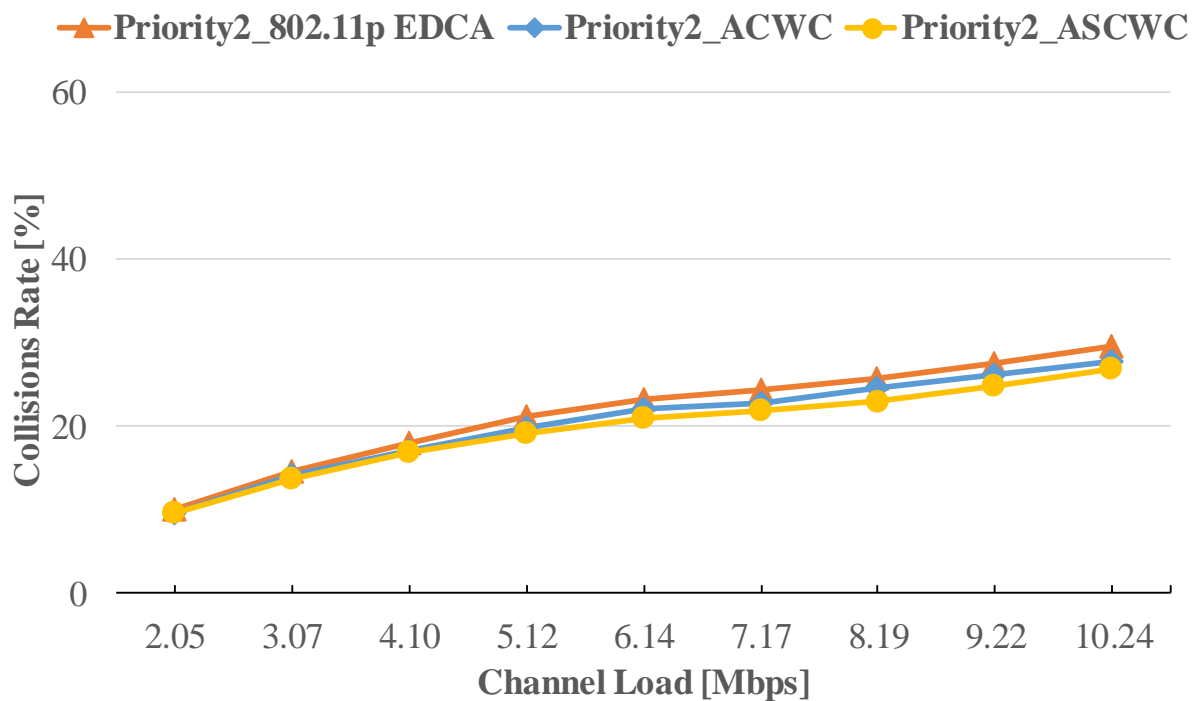
Tác giả luận án mô phỏng mô hình đường cao tốc nông thôn để đánh giá hiệu quả của cơ chế được đề xuất trong các mô hình đường giao thông khác nhau. Chín kịch bản với mật độ phương tiện khác nhau dưới cùng một mức độ ưu tiên trong Bảng 4.4 được tạo ra để đánh giá hiệu quả của cơ chế được đề xuất tương tự như trong mô hình đường cao tốc đô thị.



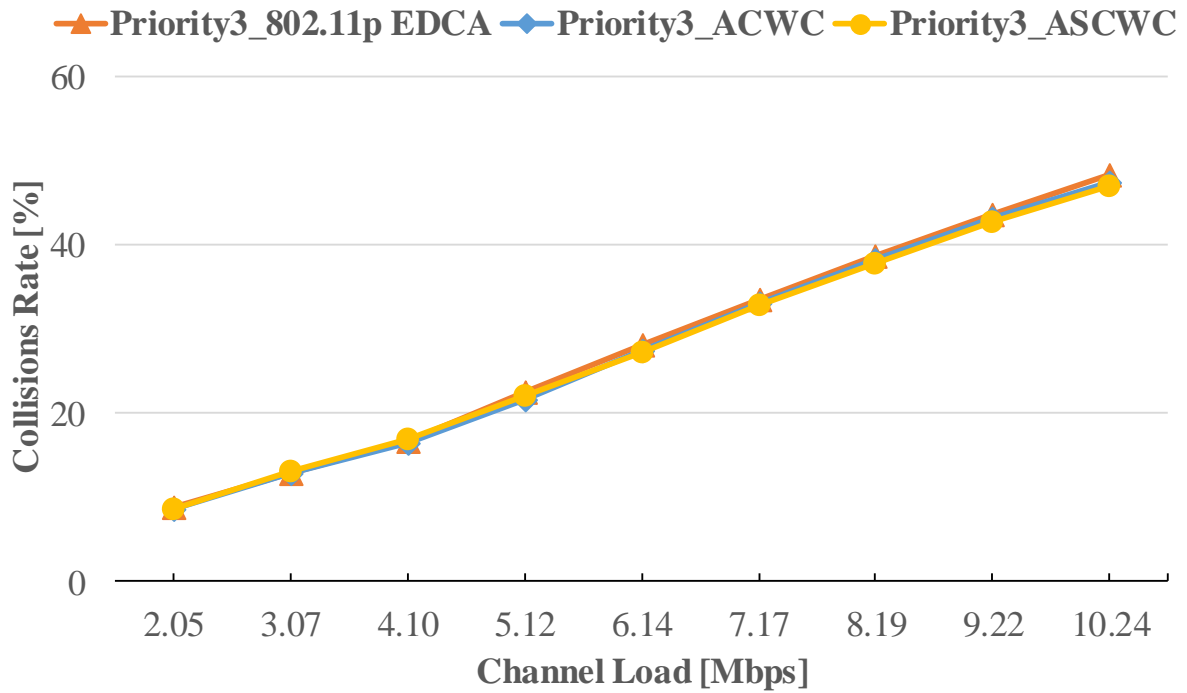
Hình 4.10 Tỷ lệ xung đột của toàn bộ lưu lượng truy cập trong mô hình đường cao tốc nông thôn



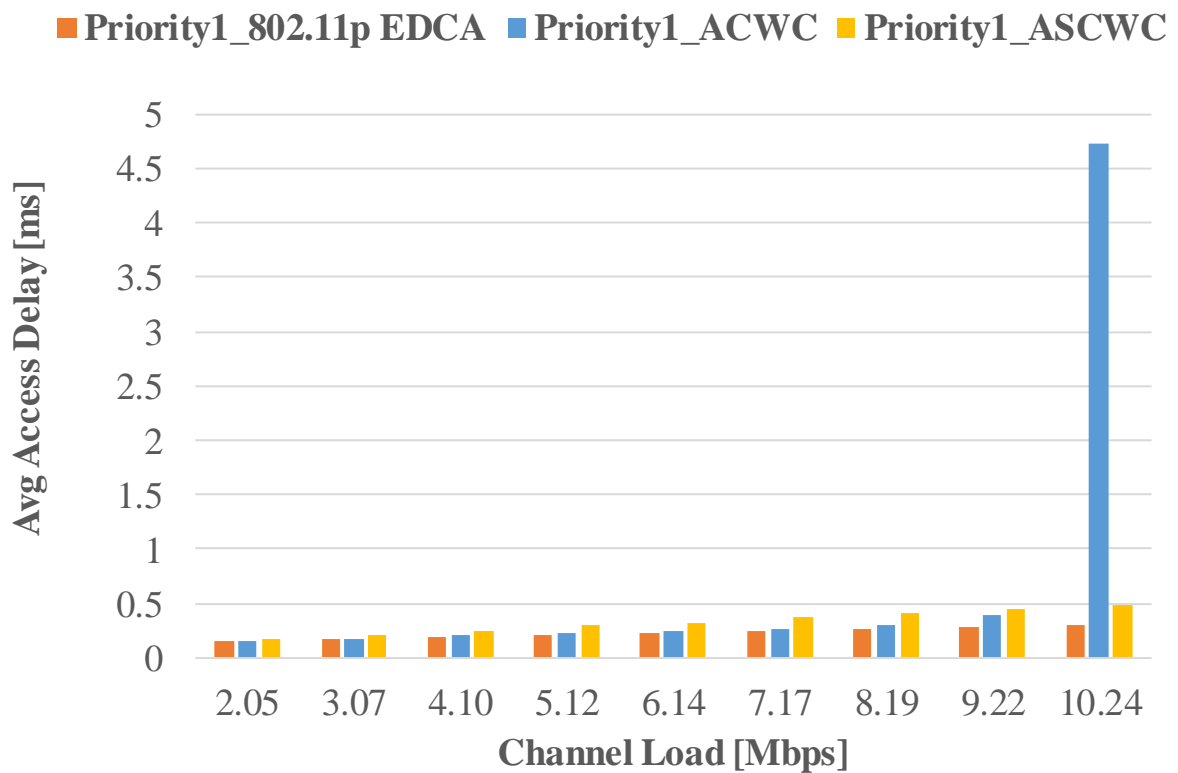
Hình 4.11 Tỷ lệ xung đột Priority 1 trong mô hình đường cao tốc nông thôn



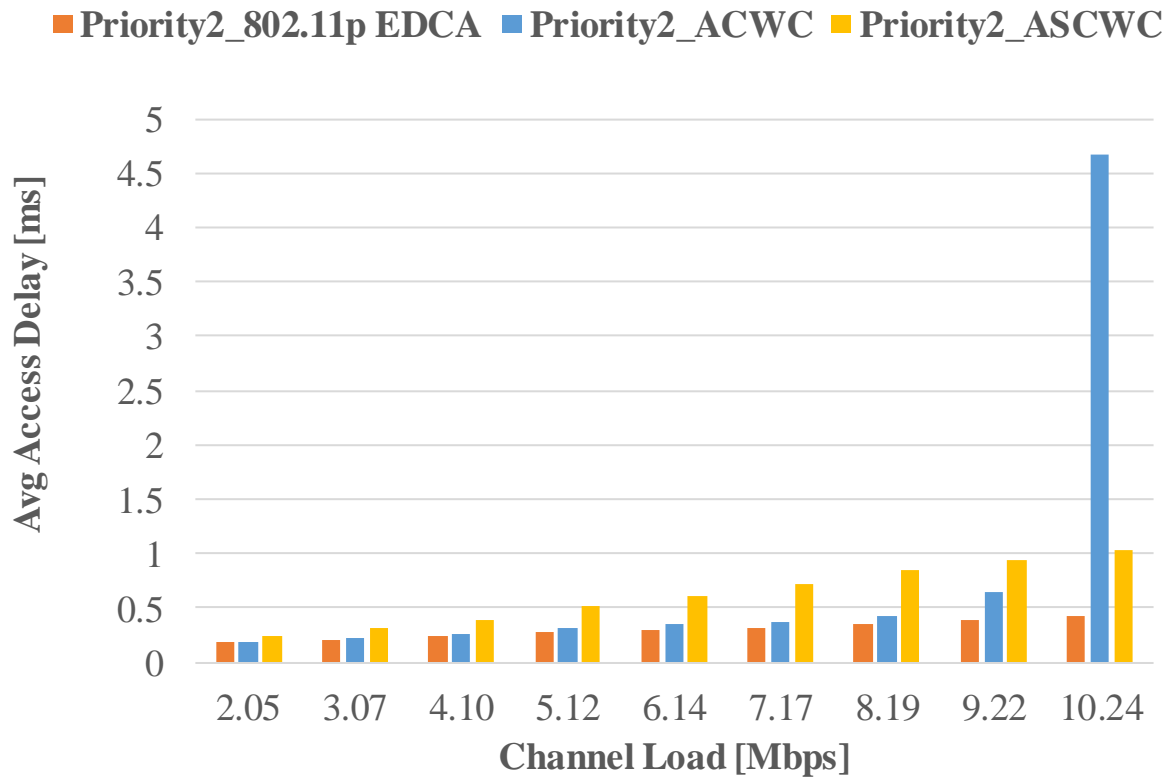
Hình 4.12 Tỷ lệ xung đột Priority 2 trong mô hình đường cao tốc nông thôn



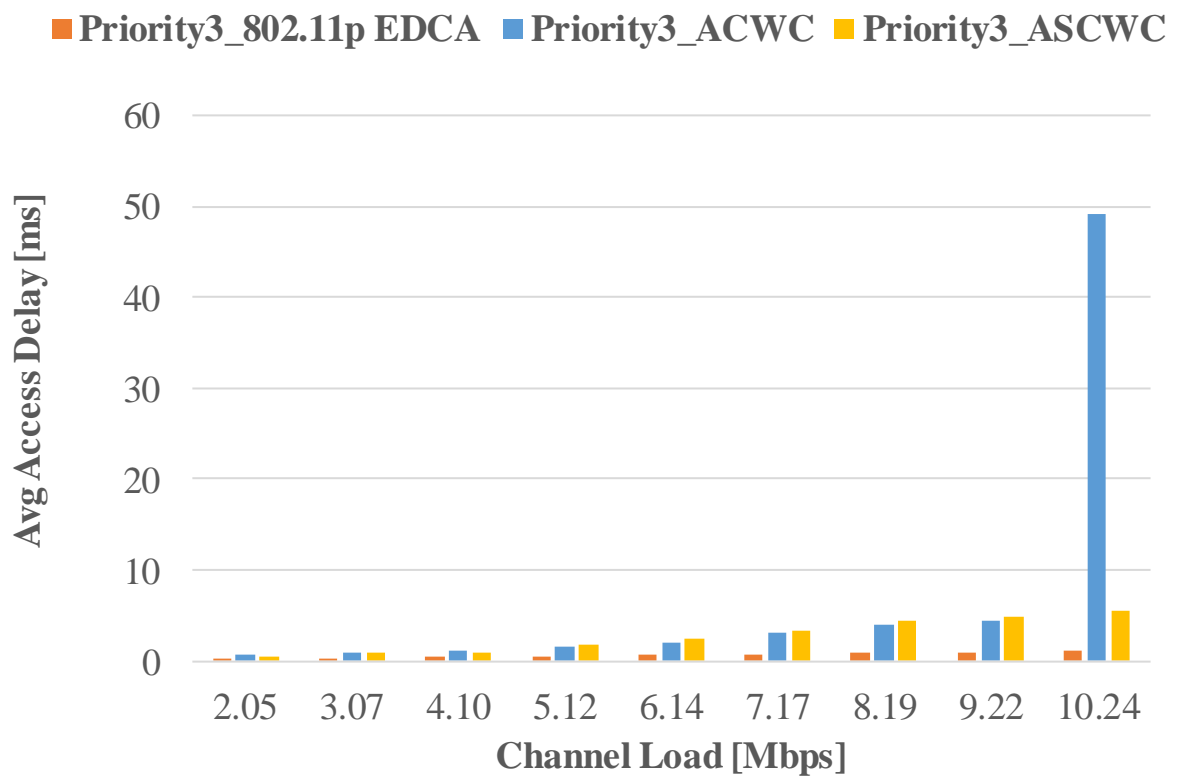
Hình 4.13 Tỷ lệ xung đột Priority 3 trong mô hình đường cao tốc nông thôn



Hình 4.14 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 1 trong mô hình đường cao tốc nông thôn



Hình 4.15 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 2 trong mô hình đường cao tốc nông thôn



Hình 4.16 Độ trễ truy cập lưu lượng Priority 3 trong mô hình đường cao tốc nông thôn

4.4.4 Phân tích kết quả mô phỏng

Để đánh giá hiệu năng của mạng trong cơ chế được đề xuất, tác giả luận án sử dụng các chỉ số đo lường như được trình bày trong mục 4.4.2. Kết quả mô phỏng thể hiện trong Hình 4.3 và Hình 4.10, cho thấy phương pháp của cơ chế được đề xuất đạt được kết quả tốt nhất trong việc giảm thiểu xung đột thông báo. Lý do là các cơ chế IEEE802.11p EDCA gốc và ACWC sử dụng phương pháp điều khiển CW dựa trên việc chọn ngẫu nhiên bộ đếm thời gian backoff trong phạm vi $[0, CW[AC[i]]]$ với phân bố đồng đều. Tuy nhiên, giá trị được tối ưu hóa của CW phải phản ánh mức độ ưu tiên và điều kiện kênh truyền. Vì vậy, cơ chế được đề xuất điều khiển bộ đếm thời gian backoff thông qua việc cung cấp sự phân biệt chặt chẽ giữa các phạm vi CW của từng loại lưu lượng dữ liệu, nên đạt được kết quả tốt nhất.

Khi tải kênh ở mức thấp, được thể hiện trong các kịch bản có tải kênh từ 2.05 Mbps đến 4.10 Mbps. Kết quả mô phỏng trong hai mô hình cho thấy thuật toán điều khiển cửa sổ tranh chấp trượt thích ứng ảnh hưởng rất ít đến tỷ lệ xung đột thông báo an toàn. Lý do là khi lưu lượng mạng thấp, số lượng các phương tiện tranh chấp truy cập kênh đồng thời không nhiều. Tỷ lệ xung đột toàn bộ thông báo an toàn trong cơ chế được đề xuất giảm 1% khi so với các cơ chế 802.11p EDCA và ACWC. Khi tải kênh ở mức trung bình và cao hơn băng thông có tải kênh từ 5.12 Mbps đến 6.14 Mbps, cơ chế được đề xuất đạt được hiệu quả trong việc giảm thiểu tỷ lệ xung đột tốt hơn. Kết quả mô phỏng trong hai mô hình cho thấy cả hai loại thông báo an toàn ưu tiên cao và ưu tiên thấp của cơ chế được đề xuất có tỷ lệ xung đột thông báo an toàn giảm xuống khi so sánh với các cơ chế theo chuẩn 802.11p EDCA và ACWC.

Đối với mô hình đường cao tốc đô thị, tỷ lệ giảm từ 5% đến 8% khi so sánh với cơ chế theo chuẩn 802.11p EDCA và từ 2,6% đến 4,5% khi so với cơ chế ACWC. Đối với mô hình đường cao tốc nông thôn, tỷ lệ giảm từ 5,4% đến 6,7% khi so sánh với cơ chế theo chuẩn 802.11p EDCA và từ 2,1% đến 3,9% khi so với cơ chế ACWC. Đặc biệt khi mạng có mật độ phương tiện cao và bão hòa, tải kênh lớn hơn từ 1.2 đến 1.7 lần so với băng thông liên quan đến tải kênh từ 7.17 Mbps đến 10.24 Mbps. Cơ chế được đề xuất giảm thiểu đáng kể tỷ lệ xung đột toàn bộ lưu lượng thông báo an toàn. Đối với mô hình đường cao tốc đô thị, tỷ lệ giảm từ 9% đến 14% khi so sánh với cơ chế theo chuẩn 802.11p EDCA và từ 6% đến 7% khi so sánh với cơ chế ACWC. Đối với mô hình đường cao

tốc nông thôn, tỷ lệ giảm từ 7,5% đến 10,5% khi so với cơ chế theo chuẩn 802.11p EDCA và từ 3,7% đến 4,7% khi so với cơ chế ACWC.

Mặt khác, chuẩn 802.11p EDCA cung cấp cơ chế phân biệt độ ưu tiên giữa các loại lưu lượng dữ liệu dựa trên thiết lập các tham số với lưu lượng ưu tiên khác nhau. Do đó khi mạng có mật độ phương tiện cao khả năng xảy ra tương tranh giữa các luồng có cùng mức độ ưu tiên là rất lớn dẫn đến tăng tỷ lệ xung đột. Cơ chế ACWC cũng làm giảm tỷ lệ xung đột, tuy nhiên chưa thực sự hiệu quả trong việc duy trì tách biệt theo độ ưu tiên cho các lớp lưu lượng dữ liệu. Để cải thiện vấn đề này, trong Hình 4.4 – 4.6 và Hình 4.11 – 4.13 tác giả luận án nhận thấy khi lưu lượng truy cập mạng tăng lên cơ chế được đề xuất đảm bảo tốt việc phân tách riêng biệt giữa các luồng có cùng mức ưu tiên trong mạng. Cả hai loại lưu lượng dữ liệu ưu tiên cao Priority 1, Priority 2 và lưu lượng dữ liệu độ ưu tiên thấp Priority 3 đều dẫn đến giảm thiểu tỷ lệ xung đột. Cơ chế được đề xuất dẫn đến tăng độ trễ truy cập trong hầu hết các kịch bản khi so sánh với các phương pháp khác trong Hình 4.7 - 4.9 và Hình 4.14 – 4.16. Lý do là theo chuẩn 802.11p EDCA kích thước CW không được điều chỉnh và các phương tiện chỉ thực hiện truyền nhanh nhất có thể mà không quan tâm đến tỷ lệ xung đột thông báo an toàn do đó sẽ có độ trễ truy cập thấp hơn. Riêng trong trường hợp tải kênh lớn hơn 1.7 lần so với băng thông, cơ chế được đề xuất cho thấy độ trễ truy cập lại thấp hơn khi so với cơ chế ACWC. Điều này cho thấy cơ chế tải trong cơ chế được đề xuất hiệu quả hơn trong việc duy trì tách biệt theo độ ưu tiên. Tuy nhiên tất cả các lớp lưu lượng trong các kịch bản này đều duy trì độ trễ truy cập ở mức thấp hơn khoảng thời gian đồng bộ qui định trong chuẩn IEEE 802.11p.

4.5 Kết luận Chương 4

Mục tiêu chính của chương tập trung vào vấn đề duy trì sự phân biệt theo độ ưu tiên và làm giảm thiểu tỷ lệ xung đột thông báo an toàn trong mạng VANET. Luận án đề xuất cơ chế mới điều khiển kích thước CW bằng phương pháp sử dụng kích thước cửa sổ tương tranh trượt thích ứng $ASCW_{size}[AC[i]]$ cho mỗi lưu lượng dữ liệu khác nhau. Mỗi phương tiện trong mạng dựa trên việc phân tích tỷ lệ nhận dữ liệu. Cơ chế áp dụng chuẩn 802.11p EDCA để thiết lập mức độ ưu tiên cho từng loại thông báo an toàn khác nhau theo mức độ khẩn cấp của lưu lượng dữ liệu. Cơ chế được đề xuất ít bổ sung tham số phức tạp cho các phương tiện và không cần thêm tài nguyên mạng. Kết quả mô

phông trong các điều kiện tải kênh khác nhau cho thấy cơ chế được đề xuất giảm thiểu tỷ lệ xung đột thông báo an toàn. Đặc biệt trong trường hợp mật độ phương tiện cao, mô hình đường cao tốc đô thị giảm từ 6 đến 12 % với lưu lượng dữ liệu ưu tiên cao và từ 1% đến 3 % đối với lưu lượng dữ liệu ưu tiên thấp. Mô hình đường cao tốc nông thôn giảm từ 4 đến 9 % với lưu lượng dữ liệu ưu tiên cao và từ 0.4% đến 1.4 % đối với lưu lượng dữ liệu ưu tiên thấp khi so sánh với cơ chế theo chuẩn 802.11p EDCA và ACWC. Tuy nhiên, cơ chế được đề xuất làm tăng độ trễ truy cập so với các phương pháp khác nhưng vẫn thấp hơn yêu cầu độ trễ được quy định trong tiêu chuẩn 802.11p. Công việc trong tương lai luận án sẽ tập trung vào việc điều chỉnh thích ứng phạm vi truyền và tốc độ truyền để giảm thiểu độ trễ truy cập cải thiện hiệu năng mạng trong các điều kiện khác nhau. Mặt khác chúng tôi cũng nghiên cứu và đề xuất các cơ chế điều khiển cửa sổ tương tranh linh hoạt hơn cho hệ thống giao thông thông minh dựa trên nền tảng Internet phương tiện - IoV (Internet of Vehicles).

Kết quả nghiên cứu của chương này được công bố trên tạp chí quốc tế về truyền thông thuộc danh mục SCOPUS [CT2].

KẾT LUẬN

Vấn đề nâng cao hiệu năng trong mạng VANET là cần thiết và có ý nghĩa thực tế, cung cấp giải pháp hỗ trợ chất lượng dịch vụ QoS trong mạng phương tiện phi cấu trúc. Trải qua một thời gian nghiên cứu, đề tài luận án “*Nâng cao hiệu năng trong mạng VANET bằng việc cải tiến phương pháp điều khiển truy cập*” đã đạt được một số kết quả mang tính mới, tuy nhiên vẫn còn tồn tại một số hạn chế cần tiếp tục nghiên cứu phát triển.

(a) Kết quả đạt được

Đóng góp vào hướng nghiên cứu, luận án đưa ra được hai nội dung có tính mới như sau:

- (1) Luận án đã đề xuất phương pháp điều khiển cửa sổ tương tranh thích ứng nhằm cải thiện tỷ lệ nhận thành công các thông báo an toàn trong mạng VANET. Thông qua phương pháp giám sát mạng trong cơ chế được đề xuất mỗi phương tiện phân tích các khung tin nhận thành công được gửi gần đây để nhận biết điều kiện cục bộ hiện tại của mạng như xung đột hoặc tắc nghẽn. Dựa trên kết quả nhận được, cơ chế được đề xuất điều khiển kích thước CW và sử dụng cơ chế EDCA để truyền các luồng dữ liệu với độ ưu tiên khác nhau. Kết quả của đề xuất này được công bố trên tạp chí quốc tế về mạng máy tính và truyền thông thuộc danh mục SCOPUS Q4 [CT1].
- (2) Luận án đã đề xuất phương pháp nâng cao khả năng thích ứng của cửa sổ tương tranh bằng việc thiết kế cửa sổ trượt. Thuật toán điều khiển kích thước CW bằng cách trượt cửa sổ với hệ số thay đổi động nhằm giảm tỷ lệ xung đột giữa các loại lưu lượng thông báo an toàn. Mỗi lưu lượng dữ liệu chọn bộ đếm thời gian backoff thay đổi động trong phạm vi $[0, CW_i]$, có thể trùng lặp phạm vi CW với các lưu lượng dữ liệu khác để cải thiện hiệu quả băng thông trong các điều kiện khác nhau của mạng. Cơ chế được đề xuất đảm bảo phân tách riêng biệt giữa các luồng dữ liệu ưu tiên khác nhau và giảm thiểu đáng kể tỷ lệ xung đột. Kết quả của đề xuất này được công bố trên tạp chí quốc tế về truyền thông thuộc danh mục SCOPUS Q3 [CT2].

(b) Hạn chế

Bên cạnh một số kết quả đã đạt được, luận án vẫn còn tồn tại một số hạn chế cần tiếp tục nghiên cứu liên quan đến điều khiển tắc nghẽn trong thời gian tới nhằm nâng cao hiệu năng trong mạng VANET.

- (1) Các cơ chế được đề xuất chưa xem xét các vấn đề khác ảnh hưởng đến hiệu năng của mạng VANET như ảnh hưởng của công suất truyền và phạm vi truyền, ảnh hưởng của tốc độ truyền nhằm mục đích nâng cao thông lượng hệ thống trong khi giảm độ trễ của thông báo an toàn.

(c) Hướng phát triển

Dựa trên các kết quả nghiên cứu trong luận án này, một số hướng nghiên cứu trong tương lai có thể được khuyến nghị như sau:

- (1) Nghiên cứu sử dụng phương pháp giám sát mạng kết hợp điều chỉnh phạm vi truyền bằng cách điều khiển công suất truyền nhằm giữ tải mạng dưới ngưỡng nhất định. Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến tải mạng thông qua điều chỉnh các tham số liên quan phạm vi truyền theo yêu cầu của ứng dụng an toàn.
- (2) Sử dụng phương pháp giám sát mạng đã đề xuất trong luận án, nghiên cứu tích hợp điều chỉnh hiệu quả tốc độ truyền cho tất cả các lớp lưu lượng thông báo an toàn trong các điều kiện khác nhau của mạng.
- (3) Nghiên cứu và đề xuất các cơ chế điều khiển cửa sổ tương tranh linh hoạt hơn cho hệ thống giao thông thông minh dựa trên nền tảng Internet phương tiện - IoV (Internet of Vehicles).

CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ

Tạp chí khoa học

- [CT1] Nguyen Hoang Chien and Pham Thanh Giang, “Controlling Adaptive Contention Window to Improve Safe Message Received Rate in VANET”, *International Journal of Computer Networks and Communications (IJCNC)*, 2022, vol.14, no.5, pp. 51-64. (SCOPUS Q4)
- [CT2] Nguyen Hoang Chien and Pham Thanh Giang, “Adaptive Sliding Contention Window Design to Minimize Safe Message Collision Rates with Different Priority Levels in VANET”, *Journal of Communications (JCM)*, 2023, vol.18, no.6, pp. 369-376. (SCOPUS Q3)

Hội nghị khoa học

- [CT3] Nguyễn Hoàng Chiến, Phạm Thanh Giang, “Đánh giá hiệu năng của giao thức định tuyến với mô hình đường cao tốc trong mạng VANET”, *Hội thảo quốc gia lần thứ XXII: Một số vấn đề chọn lọc của Công nghệ thông tin và truyền thông - Thái Bình*, 28-29/6/2019, pp. 65-70.
- [CT4] Phạm Thanh Giang, Nguyễn Hoàng Chiến, “Nâng cao khả năng chấp nhận gói tin của giao thức truyền quảng bá trong chuẩn IEEE 802.11p”, *Hội thảo quốc gia lần thứ XXIV: Một số vấn đề chọn lọc của Công nghệ thông tin và truyền thông - Thái Nguyên*, 13-14/12/2021, pp. 337-342.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] G. Dimitrakopoulos and P. Demestichas, "Intelligent Transportation Systems," in *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 2010, vol. 5, no. 1, pp. 77 - 84.
- [2] K. Golestan, A. Jundi, L. Nassar, F. Sattar, F. Karray, M. S. Kamel and S. Boumaiza, Slim, "Vehicular Ad-hoc Networks(VANETs): Capabilities, Challenges in Information Gathering and Data Fusion," *International Conference on Autonomous and Intelligent Systems*, 2012, vol. 7326, pp. 34-41.
- [3] G. Karagiannis, O. Altintas, E. Ekici, G. Heijenk, B. Jarupan, K. Lin and T. Weil, "Vehicular Networking: A Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions," in *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 2011, vol. 13, no. 4, pp. 584- 616.
- [4] J. Guerrero-Ibañez, F. Carlos, and S. Zeadally, "Vehicular Ad-hoc Networks (VANETs): Architecture, Protocols and Applications," in *Next-Generation Wireless Technologies*, 2013, pp. 49-70.
- [5] C. Felipe, L. Villas, G. Maia, A. Viana, R. Mini, A. Loureiro, A. Boukerche, "Data Communication in VANETs: Survey, Applications and Challenges," *Ad hoc Networks*, 2016, vol. 44, pp. 90-103.
- [6] M. Lee and T. Atkison, "VANET applications: Past, present, and future," *Vehicular Communications*, 2020, vol. 28, pp. 1-44.
- [7] C. Campolo, A. Molinaro and R. Scopigno, "Vehicular ad hoc Network: Standards, Solutions, and Research," Springer, 2015.
- [8] R. Jabbarpour, R. Md. Noor and S. Ghahremani, "Dynamic Congestion Control Algorithm for Vehicular Ad-hoc Networks," *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 2013, vol. 7, pp. 95-108.
- [9] T. Ghosh and S. Mitra, "Congestion control by dynamic sharing of bandwidth among vehicles in VANET," *2012 12th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA)*, 2012, pp. 291-296.
- [10] M. Sepulcre, J. Gozalvez, J. Härri and H. Hartenstein, "Application-Based Congestion Control Policy for the Communication Channel in VANETs," in *IEEE Communications Letters*, 2010, vol. 14, no. 10, pp. 951-953.

- [11] M. Sepulcre, J. Mittag, P. Santi, H. Hartenstein and J. Gozalvez, "Congestion and Awareness Control in Cooperative Vehicular Systems," in *Proceedings of the IEEE*, 2011, vol. 99, no. 7, pp. 1260-1279.
- [12] Y. Park and H. Kim, "Collision control of periodic safe messages with strict messaging frequency requirements," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, 2013, vol. 62, no. 2, pp. 843-852.
- [13] X. Shen, X. Cheng, R. Zhang, B. Jiao and Y. Yang, "Distributed Congestion Control Approaches for the IEEE 802.11p Vehicular Networks," in *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 2013, vol. 5, no. 4, pp. 50-61.
- [14] M. Torrent-Moreno, J. Mittag, P. Santi and H. Hartenstein, "Vehicle-to-Vehicle Communication: Fair Transmit Power Control for Safety-Critical Information," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2009, vol. 58, no. 7, pp. 3684-3703.
- [15] M. Sepulcre, J. Gozalvez, J. Härri and H. Hartenstein, "Contextual Communications Congestion Control for Cooperative Vehicular Networks," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 2011, vol. 10, no. 2, pp. 385-389.
- [16] J. Singh and K. Singh Singh, "Congestion Control in Vehicular Ad hoc Network: A Review", in book *Next-Generation Networks*, 2018, pp. 489-496.
- [17] M. Torrent-Moreno, D. Jiang, and H. Hartenstein, "Broadcast reception rates and effects of priority access in 802.11-based vehicular ad-hoc networks," in *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Vehicular Ad hoc networks*, Philadelphia, PA, USA, 2004, pp. 10-18.
- [18] S. Olotu, B. Ojokoh, O. Adewale, "A Review of Congestion Control Schemes for Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) Communication," *International Journal of Vehicular Telematics and Infotainment Systems (IJVTIS)*, 2017, vol. 1, pp. 1-14.
- [19] M. S. Bouassida and M. Shawky, "On the congestion control within VANET," *2008 1st IFIP Wireless Days*, 2008, pp. 1-5.
- [20] S. Bai, J. Oh and J. Jung, "Context awareness beacon scheduling scheme for congestion control in vehicle to vehicle safety communication," *Ad hoc Networks*, 2013, vol. 11, pp. 2049-2058.

- [21] M. S. Bouassida and M. Shawky, "A Cooperative Congestion Control Approach within VANETs: Formal Verification and Performance Evaluation," *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2010, vol. 2010, pp. 1-13.
- [22] J. Chen, "Efficient data transfer and congestion control in wireless networks," ProQuest, 2007.
- [23] B. K. Mohandas, O. W. W. Yang and R. Liscano, "Improving data QoS in vehicular communication," *2009 First International Conference on Future Information Networks*, 2009, pp. 161-166.
- [24] R. Stanica, E. Chaput and A. -L. Beylot, "Congestion control in CSMA-based vehicular networks: Do not forget the carrier sensing," *2012 9th Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad hoc Communications and Networks (SECON)*, 2012, pp. 650-658.
- [25] C. -W. Hsu, C. -H. Hsu and H. -R. Tseng, "MAC Channel Congestion Control Mechanism in IEEE 802.11p/WAVE Vehicle Networks," *2011 IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Fall)*, 2011, pp. 1-5.
- [26] J. Camp and E. Knightly, "Modulation Rate Adaptation in Urban and Vehicular Environments: Cross-Layer Implementation and Experimental Evaluation," in *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 2010, vol. 18, no. 6, pp. 1949-1962.
- [27] W. Zhang, A. Festag, R. Baldessari and L. Le, "Congestion control for safety messages in VANETs: Concepts and framework," *2008 8th International Conference on ITS Telecommunications*, 2008, pp. 199-203.
- [28] C. -L. Huang, Y. P. Fallah, R. Sengupta and H. Krishnan, "Information Dissemination Control for Cooperative Active Safety Applications in Vehicular Ad-Hoc Networks," *GLOBECOM 2009 - 2009 IEEE Global Telecommunications Conference*, 2009, pp. 1-6.
- [29] D. Wu, D. Zhang and L. Sun, "An Aggregate Parameter for Congestion Detection in VANETs," *2012 Fifth International Conference on Information and Computing Science*, 2012, pp. 95-98.
- [30] L. Yang, J. Guo and Y. Wu, "Channel Adaptive One Hop Broadcasting for VANETs," *2008 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2008, pp. 369-374.

- [31] A.-L. Beylot and H. Labiod, "Vehicular Networks: Models and Algorithms," John Wiley & Sons, 2013.
- [32] "IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," in *IEEE Std 802.11-2007 (Revision of IEEE Std 802.11-1999)*, 2007, pp.1-1076.
- [33] Lương Duy Hiếu, "Nâng cao hiệu năng thông lượng và độ công bằng trong mạng không dây Ad hoc của chuẩn IEEE 802.11 EDCA," Luận án tiến sĩ tại Học viện Khoa học và Công nghệ, 2020.
- [34] Ngô Hải Anh, "Nghiên cứu về đảm bảo chất lượng dịch vụ đa phương tiện trên mạng không dây Ad hoc," Luận án tiến sĩ tại Học viện Khoa học và Công nghệ, 2020.
- [35] Vũ Khánh Quý, "Nghiên cứu giải pháp cải thiện hiệu năng mạng MANET," Luận án tiến sĩ tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2021.
- [36] M. Kaur, "Vehicular Ad hoc networks," *Journal of Global Research in Computer Science*, 2012, vol. 3, pp. 61-64.
- [37] A. Festag, "NoW - Network on wheels: Project objectives, technology and achievements," 5th International Workshop on Intelligent Transportation (WIT), 2008, pp. 211-216.
- [38] L. Nassar, A. Jundi, K. Golestan, F. Sattar, et al., "Vehicular Ad-hoc Networks(VANETs): Capabilities, Challenges in Context-Aware Processing and Communication Gateway," Conference: Proceedings of the Third international conference on Autonomous and Intelligent Systems, 2012, pp. 42-49.
- [39] M. L. Sichitiu and M. Kihl, "Inter-vehicle communication systems: a survey," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2008, vol. 10, no. 2, pp. 88-105.
- [40] H. Hartenstein and K. Laberteaux, "VANET vehicular applications and inter-networking technologies," John Wiley & Sons, 2009, vol. 1.
- [41] T. ETSI, "102 638 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Definitions," ETSI, Sophia Antipolis Cedex, France, 2009.

- [42] M. Khatri and S. Malhotra, "An insight overview of issues and challenges in vehicular Ad hoc network," *Journal of Global Research in Computer Science*, 2011, vol. 2, no. 2, pp. 47-50.
- [43] "IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments," in *IEEE Std 802.11p-2010*, 2010, pp.1-51.
- [44] F. Arena, G. Pau and A. Severino, "A Review on IEEE 802.11p for Intelligent Transportation Systems" *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 2020, vol. 9, pp. 1-12.
- [45] A. M. S Abdelgader and L. Wu, "The Physical Layer of the IEEE 802.11 p WAVE Communication Standard: The Specifications and Challenges," in *Proceedings of the World Congress on Engineering 2014*, 2014, vol. 2, pp. 691-698.
- [46] "IEEE Standard for Information technology--Local and metropolitan area networks--Specific requirements--Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications - Amendment 8: Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements," in *IEEE Std 802.11e-2005 (Amendment to IEEE Std 802.11, 1999 Edition (Reaff 2003))*, 2005, pp.1-212.
- [47] C. E. Shannon, "Communication in the Presence of Noise", in *Proceedings of the IRE*, 1949, vol .37, pp. 10–21.
- [48] E. Spaho, L. Barolli, G. Mino, F. Xhafa and V. Kolici, "VANET Simulators: A Survey on Mobility and Routing Protocols," *2011 International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications*, 2011, pp. 1-10
- [49] V. K. Quy, L. N. Hung, and N. D. Han, "CEPRM: A Cloud-assisted Energy-Saving and Performance-Improving Routing Mechanism for MANETs," *Journal of Communications*, 2019, vol. 14, no. 12, pp. 1211-1217.
- [50] V. K. Quy, V. H. Nam, D. M. Linh, N. T. Ban, and N. D. Han, "Communication Solutions for Vehicle Ad-hoc Network in Smart Cities Environment: A Comprehensive Survey," *Wireless Personal Communications*, 2022, vol. 122, no. 3, pp. 2791-2815.

- [51] J. Liu, J. Wan, Q. Wang, P. Deng, K. Zhou, Y. Qiao, "A Survey on Position-based Routing for Vehicular Ad hoc Networks," *Telecommunication Systems*, 2015, vol. 62, pp. 15-30.
- [52] C. Lochert, B. Scheuermann and M. Mauve, "A survey on congestion control for mobile ad-hoc networks," *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2007, vol. 7, pp. 655-676.
- [53] N. H. Anh and P. T. Giang, "Controlling Contention Window to ensure QoS for multimedia data in wireless network," *Journal of Research and Development on Information and Communication Technology*, Vietnam Ministry of Information and Communications (MIC), 2020, vol. 2020, no. 1, pp. 22-31.
- [54] N. H. Anh and P. T. Giang, "An Enhanced MAC-Layer Improving to Support QoS for Multimedia Data in Wireless Networks," *Indian Journal of Science and Technology*, 2016, vol. 9, pp. 1-7.
- [55] Phạm Thanh Giang. *Giáo trình Mạng máy tính nâng cao*, 2016, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- [56] J. Weber, M. Neves, T. Ferreto, "VANET simulators: an updated review," *Journal of the Brazilian Computer Society*, 2021, vol. 27, pp. 1-31.
- [57] The Network Simulator - ns -2. Accessed on: Dec. 12, 2022, [Online]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [58] Simulation of Urban MObility. Accessed on: Dec. 12, 2022, [Online]. Available: <https://www.eclipse.org/sumo/>
- [59] K. G. Lim, C. H. Lee, R. K. Y. Chin, K. Beng Yeo and K. T. K. Teo, "SUMO enhancement for vehicular Ad hoc network (VANET) simulation," *2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, Kota Kinabalu, Malaysia, 2017, pp. 86-91.
- [60] Rapid Generation of Realistic Simulation for VANET. Accessed on: Dec. 12, 2022, [Online]. Available: <https://lens.csie.ncku.edu.tw/MOVE/download.php>
- [61] E. Chandra and B. Subramani, Barry, "A Survey on Congestion Control," *Global Journal of Computer Science and Technology*, 2010, vol. 9, pp. 82-87.

- [62] Y. Zang, L. Stibor, X. Cheng, Hans-Jürgen Reumerman, et al., "Congestion control in wireless networks for vehicular safety applications," Proceedings of the 8th European Wireless Conference, 2007.
- [63] M. R. J. Sattari, R. M. Noor and H. Keshavarz, "A taxonomy for congestion control algorithms in Vehicular Ad hoc Networks," *2012 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (ComNetSat)*, 2012, pp. 44-49.
- [64] M. Y. Darus and K. Abu Bakar, "A Review of Congestion Control Algorithm for Event-Driven Safety Messages in Vehicular Networks," *IJCSI International Journal of Computer Science*, 2011, vol. 8, pp. 49-53.
- [65] J. He, H. -h. Chen, T. M. Chen and W. Cheng, "Adaptive congestion control for DSRC vehicle networks," in *IEEE Communications Letters*, 2010, vol. 14, no. 2, pp. 127-129.
- [66] R. Jabbarpour, R. Md. Noor, R. H. Khokhar and Ke. Chih-Heng, "Cross-layer Congestion Control Model for Urban Vehicular Environments," *Journal of Network and Computer Applications*, 2014, vol. 44, pp. 1-16.
- [67] M. Torrent-Moreno, "Inter-vehicle communications: assessing information dissemination under safety constraints," *2007 Fourth Annual Conference on Wireless on Demand Network Systems and Services*, 2007, pp. 59-64
- [68] C. Sommer, O. K. Tonguz and F. Dressler, "Traffic information systems: efficient message dissemination via adaptive beaconing," in *IEEE Communications Magazine*, 2011, vol. 49, no. 5, pp. 173-179.
- [69] L. Wischhof and H. Rohling, "Congestion control in vehicular Ad hoc networks," *IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, 2005.*, 2005, pp. 58-63
- [70] Y. P. Fallah, C. Huang, R. Sengupta and H. Krishnan, "Congestion Control Based on Channel Occupancy in Vehicular Broadcast Networks," *2010 IEEE 72nd Vehicular Technology Conference - Fall*, 2010, pp. 1-5.
- [71] M. Torrent-Moreno, P. Santi and H. Hartenstein, "Distributed Fair Transmit Power Adjustment for Vehicular Ad hoc Networks," *2006 3rd Annual IEEE Communications Society on Sensor and Ad hoc Communications and Networks*, 2006, pp. 479-488

- [72] Y. Gui and E. Chan, "Data Scheduling for Multi-item Requests in Vehicle-Roadside Data Access with Motion Prediction Based Workload Transfer," *2012 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, 2012, pp. 569-574.
- [73] V. Kumar and N. Chand, "Data Scheduling in VANETs: A Review," *International Journal of Computer Science & Communication*, 2022, vol. 1, pp. 399-403.
- [74] Yiqiong Wu and Guohong Cao, "Stretch-optimal scheduling for on-demand data broadcasts," *Proceedings Tenth International Conference on Computer Communications and Networks (Cat. No.01EX495)*, 2001, pp. 500-504.
- [75] M. Shahverdy, M. Fathy and S. Yousefi, "Scheduling Algorithm for Vehicle to Road-Side Data Distribution," 2010, vol. 66, pp. 22-30.
- [76] J. Mi, F. Liu, S. Xu and Q. Li, "A Novel Queue Priority Algorithm for Real-Time Message in VANETs," *2008 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, 2008, pp. 919-923.
- [77] C. Suthaputchakun, "Priority-Based Inter-Vehicle Communication for Highway Safety Messaging Using IEEE 802.11e," *International Journal of Vehicular Technology*, 2009, vol. 2009, pp. 1-12.
- [78] S. Djahel and Y. Ghamri-Doudane, "A robust congestion control scheme for fast and reliable dissemination of safety messages in VANETs," *2012 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, 2012, pp. 2264-2269.
- [79] W. Guan, J. He, L. Bai and Z. Tang, "Adaptive congestion control of DSRC vehicle networks for collaborative road safety applications," *2011 IEEE 36th Conference on Local Computer Networks*, 2011, pp. 913-917.
- [80] M. Maad Hamdi, L. Audah, S. Abduljabbar Rashid, A. Hamid Mohammed, S. Alani and A. Shamil Mustafa, "A Review of Applications, Characteristics and Challenges in Vehicular Ad hoc Networks (VANETs)," *2020 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*, 2020, pp. 1-7.
- [81] M. R. Ghori, K. Z. Zamli, N. Quosthoni, M. Hisyam and M. Montaser, "Vehicular ad-hoc network (VANET): Review," *2018 IEEE International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD)*, 2018, pp. 1-6.

- [82] D. Vertal, B. Ivan and J. Hosek, "Options to Broadcast Information in VANET," *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, 2022, vol. 20, pp. 185-192.
- [83] M. Artimy, W. Robertson and W. J. Phillips, "Assignment of Dynamic Transmission Range Based on Estimation of Vehicle Density," in *Proceedings of the Second International Workshop on Vehicular Ad hoc Networks, VANET 2005*, vol. 8, no. 3, pp. 400–412.
- [84] Q. Xu, R. Sengupta, D. Jiang and D. Chrysler, "Design and analysis of highway safety communication protocol in 5.9 GHz dedicated short-range communication spectrum", 2003, vol. 4, pp. 2451-2455.
- [85] X. Yang, L. Liu, N. H. Vaidya and F. Zhao, "A vehicle-to-vehicle communication protocol for cooperative collision warning," *The First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004. MOBIQUITOUS 2004.*, 2004, pp. 114-123.
- [86] C. V. S. C. Consortium et al., "Vehicle safety communications project: task 3 final report: identify intelligent vehicle safety applications enabled by DSRC", National Highway Traffic Safety Administration, US Department of Transportation, Washington DC, 2005.
- [87] W. Sun, H. Zhang, C. Pan and J. Yang, "Analytical study of the IEEE 802.11p EDCA mechanism", in *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 2013, pp. 1428-1433.
- [88] C. Suthaputchakun and A. Ganz, "Priority Based Inter-Vehicle Communication in Vehicular Ad-Hoc Networks using IEEE 802.11e," *2007 IEEE 65th Vehicular Technology Conference-VTC2007-Spring*, 2007, pp. 2595-2599.
- [89] R. K. Schmidt, T. Leinmuller, E. Schoch, F. Kargl and G. Schafer, "Exploration of adaptive beaconing for efficient intervehicle safety communication," in *IEEE Network*, 2010, vol. 24, no. 1, pp. 14-19.
- [90] H. Seo, S. Yun and H. Kim, "Solving the Coupon Collector's Problem for the Safety Beaconing in the IEEE 802.11p WAVE," *2010 IEEE 72nd Vehicular Technology Conference - Fall*, 2010, pp. 1-6.

- [91] F. Ye, R. Yim, S. Roy and J. Zhang, "Efficiency and Reliability of One-Hop Broadcasting in Vehicular Ad hoc Networks," in *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2011, vol. 29, no. 1, pp. 151-160.
- [92] L. Wei, X. Xiao, Y. Chen, M. Xu and H. Fan, "Power-control-based broadcast scheme for emergency messages in VANETs," *2011 11th International Symposium on Communications & Information Technologies (ISCIT)*, 2011, pp. 274-279.
- [93] Y. Park and H. Kim, "Collision Control of Periodic Safety Messages with Strict Messaging Frequency Requirements," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2013, vol. 62, no. 2, pp. 843-852.
- [94] Vehicle Safety Communications Consortium consists of, BMW, DaimlerChrysler, Ford, GM, Nissan, Toyota, and VW, "Vehicle safety communications project task 3 final report: Identify intelligent vehicle safety applications enabled by DSRC", 2005.
- [95] N. Balon and J. Guo, "Increasing Broadcast Reliability in Vehicular Ad hoc Networks," in *VANET '06: Proceedings of the 3rd ACM international workshop on Vehicular Ad hoc networks*, Los Angeles, California, 2006, pp. 104–105.
- [96] A. Nafaa, A. Ksentini, A. Mehaoua, B. Ishibashi, Y. Iraqi, and R. Boutaba, "Sliding contention window (SCW): Towards backoff range-based service differentiation over IEEE 802.11 wireless LAN networks," in *IEEE Network*, 2005, vol. 19, no. 4, pp. 45-51.
- [97] N. H. Chien, P. T. Giang, "Controlling Adaptive Contention Window to Improve Safe Message Received Rate in VANET", *International Journal of Computer Networks and Communications (IJCNC)*, 2022, vol.14, no.5, pp. 51-64.
- [98] G. Korkmaz, E. Ekici, F. Özgüner, and U. Ozguner, "Urban multi-hop broadcast protocol for inter-vehicle communication systems," in *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Vehicular Ad hoc networks*, 2004, pp. 76-85.
- [99] W. Alasmay and W. Zhuang, "The Mobility Impact in IEEE 802.11p Infrastructureless Vehicular Networks," *2010 IEEE 72nd Vehicular Technology Conference - Fall*, 2010, pp. 1-5.

- [100]A. Balador, C. T. Calafate, J. Cano, and P. Manzoni, "Congestion Control for Vehicular Environments by Adjusting IEEE 802.11 Contention Window Size," in 13th International Conference on Algorithms and Architectures for Parallel Processing ICA3PP-2013, 2013, pp. 259-266.
- [101]R. Reinders, M. van Eenennaam, G. Karagiannis and G. Heijenk, "Contention Window Analysis for Beaconing in VANETs," *2011 7th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference*, 2011, pp. 1481-1487.
- [102]M. Barradi, A. S. Hafid and J. R. Gallardo, "Establishing Strict Priorities in IEEE 802.11p WAVE Vehicular Networks," *2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010*, 2010, pp. 1-6.
- [103]P. K. Sahu, A. Hafid and S. Cherkaoui, "Congestion control in vehicular networks using network coding," *2014 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 2014, pp. 2736-2741.
- [104]H. -C. Jang and W. -C. Feng, "Network Status Detection-Based Dynamic Adaptation of Contention Window in IEEE 802.11p," *2010 IEEE 71st Vehicular Technology Conference*, 2010, pp. 1-5.
- [105]M. Di Felice, A. J. Ghandour, H. Artail and L. Bononi, "Enhancing the performance of safety applications in IEEE 802.11p/WAVE Vehicular Networks," *2012 IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)*, 2012, pp. 1-9.
- [106]Y. Huang, E. Fallon, Y. Qiao, M. Rahilly, and B. Lee, "AVOCA—A Vehicle Oriented Congestion Control Algorithm," ISSC, Trinity College Dublin, 2011, pp. 1-6.
- [107]W. Guan, J. He, C. Ma, Z. Tang and Y. Li, "Adaptive Message Rate Control of Infrastructured DSRC Vehicle Networks for Coexisting Road Safety and Non-Safety Applications," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2012, vol. 8, pp. 1-8.
- [108]Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5729:2012 về Đường ô tô cao tốc - Yêu cầu và thiết kế, 2012.

PHỤ LỤC

1. Thiết lập cấu trúc điều khiển cho 802.11 EDCA

Hai thuật toán được thể hiện chính trong file mac-802_11e.cc. Trong file mac-802_11e.cc, các dòng lệnh thể hiện cho hai thuật toán như sau:

Gọi hàm `update_table_handle ()` để điều khiển kích thước CW (sử dụng cho cả thuật toán ACWC và ASCWC).

- Đối với thuật toán ACWC:
 - Gọi hàm `dec_cw_acwc ()` để giảm kích thước CW.
 - Gọi hàm `inc_cw_acwc ()` để tăng kích thước CW.
- Đối với thuật toán ASCWC:
 - Gọi hàm `down_cw_ascwc ()` để trượt kích thước CW xuống.
 - Gọi hàm `up_cw_ascwc ()` để trượt kích thước CW lên.

2. Nội dung chính sửa đổi trong file mac-802_11e.cc

```

/** --Mode:C++; c-basic-offset:8; tab-width:8; indent-tabs-mode:t -- */
/*
 * Copyright (c) 1997 Regents of the University of California.
 * All rights reserved.
 *
 * Redistribution and use in source and binary forms, with or without
 * modification, are permitted provided that the following conditions
 * are met:
 * 1. Redistributions of source code must retain the above copyright
 *    notice, this list of conditions and the following disclaimer.
 * 2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright
 *    notice, this list of conditions and the following disclaimer in the
 *    documentation and/or other materials provided with the distribution.
 * 3. All advertising materials mentioning features or use of this software
 *    must display the following acknowledgement:
 *    This product includes software developed by the Computer Systems
 *    Engineering Group at Lawrence Berkeley Laboratory.
 * 4. Neither the name of the University nor of the Laboratory may be used
 *    to endorse or promote products derived from this software without
 *    specific prior written permission.
 *
 * THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE REGENTS AND CONTRIBUTORS ``AS IS'' AND
 * ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE

```

```

* IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE
* ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE REGENTS OR CONTRIBUTORS BE LIABLE
* FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL
* DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS
* OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION)
* HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT
* LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY
* OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF
* SUCH DAMAGE.
*/

#undef NDEBUG
#include <assert.h>
#include "delay.h"
#include "connector.h"
#include "packet.h"
#include "random.h"
#include "mobilenode.h"
#include "stream.h"
#include "arp.h"
//#include "ll.h"
//#include "mac.h"
#include "mac-timers_802_11e.h"
#include "mac-802_11e.h"
#include "cmu-trace.h"
#include "priq.h"
//include the following line when using Akaroa
//#include "akaroa.H"
//#define AKAROA 0
//#define AK_INTERVAL 0.01
/*
* set the rx state
*/
inline void
Mac802_11e::set_rx_state(MacState x)
{
    rx_state_ = x;
    check_backoff_timer();
}
/*
* set the tx state

```

```

*/
inline void
Mac802_11e::set_tx_state(int pri, MacState x)
{
    tx_state_[pri] = x;
}
/*
* Sends the MAC frame to Phy for transmission.
*/
.....
void Mac802_11e::up_cw_ascwc()
{
    for (int i = 0; i < MAX_PRI; i++) {
        if (cwUB[i] + SF[i] <= cwmax[i]) {
            cw[i] = cw[i] + SF[i];
            cwUB[i] = cwUB[i] + SF[i];
        } else {
            cw[i] = cwmax[i] - 2 * SF[i];
            cwUB[i] = cwmax[i];
        }
    }
}

void Mac802_11e::down_cw_ascwc()
{
    for (int i = 0; i < MAX_PRI; i++) {
        if (cw[i] - SF[i] >= cwmin[i]) {
            cw[i] = cw[i] - SF[i];
            cwUB[i] = cwUB[i] - SF[i];
        } else {
            cw[i] = cwmin[i];
            cwUB[i] = cwmin[i] + 2 * SF[i];
        }
    }
}

void Mac802_11e::update_table_handle()
{
    double rr_avg = table_->avg_rr(Scheduler::instance(). clock());
    double prev_rr_avg = prev_rr_;
    double diff_rr_avg = rr_avg - prev_rr_avg;
    if (diff_rr_avg > threshold_) {
        dec_cw_acwc();
    } else if (-diff_rr_avg > threshold_) {

```

```
    inc_cw_acwc();
}
prev_rr_ = rr_avg;
}
void Mac802_11e::dec_cw_acwc()
{
    for (int level = 0; level < MAX_PRI; level++) {
        cwold = cw[level];
        double cwnew = cwold/scaling_factor_;
        int cwsiz = (int) ceil(cwnew) - 1;
        cw[level] = cwsiz;
        if (cw[level] < cwmin[level]) {
            cw[level] = cwmin[level];
        }
    }
}
void Mac802_11e::inc_cw_acwc()
{
    for (int level = 0; level < MAX_PRI; level++) {
        cwold = cw[level];
        double cwnew = cwold*scaling_factor_;
        int cwsiz = (int) floor(cwnew) + 1;
        cw[level] = cwsiz;
        if (cw[level] > cwmax[level]) {
            cw[level] = cwmax[level];
        }
    }
}
```