



## 저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

碩士學位論文

VANET에서의 긴급 메시지 전달을  
위한 방향성이 고려된 중계기법

濟州大學校 大學院

컴퓨터工學科

姜 武 三

2013年 02月

# VANET에서의 긴급 메시지 전달을 위한 방향성이 고려된 중계기법

指導教授 송 왕 철

姜 武 三

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2013年 02月

文裕亨의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 \_\_\_\_\_ 印

委 員 \_\_\_\_\_ 印

委 員 \_\_\_\_\_ 印

濟州大學校 大學院

2013年 02月

# A Relay Node Scheme Considering Moving Direction to Deliver Emergent Messages in VANET

Moo-Sam Kang

(Supervised by professor Wang-Cheol Song)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for  
the degree of Master of Computer Engineering

2013. 02.

This thesis has been examined and approved.

Thesis director, \_\_\_\_\_

Thesis director, \_\_\_\_\_

Thesis director, \_\_\_\_\_

February 2013

Department of Computer Engineering  
Graduate School  
Jeju National University

## 감사의 글

모든 일을 처음 시작 할 때에는 적응과정을 거쳐 그 일에 적응하기 시작합니다. 석사 과정을 선택하는 데에 많은 고민을 했고 석사과정을 공부하기로 결정했습니다. 석사 학기 초에 학사과정과는 다른 적응과정이 필요했기에 적응하는 데에 오랜 시간이 걸렸습니다. 그러한 과정 속에, 내가 왜 석사 과정을 하고 있는지 생각하게 했고, 무엇을 해야 할 지도 고민하게 되었습니다. 그러는 동안 여러 종류의 책을 읽기 시작 했고, 어느 하나의 결론을 내리게 되었습니다. 그 결론은 화목한 가정입니다. 나를 있게 한 부모님께 감사드립니다. 그리고 자주 다투지만 밋지 않은 동생이 있어 행복합니다.

석사를 하는 이유를 생각하면서 토끼와 거북이의 경주를 생각하게 되었습니다. 거북이처럼 부지런히 자신의 목표를 향해 나가는 것도 중요하지만, 토끼의 나태함이 아닌 거북이의 실력으로 이길 수 있는 다른 방법이 있는지 생각해 볼 수 있었습니다. 거북이가 토끼와 경주를 하는데 바다 수영을 종목으로 정하면 어떻게 될까요?

저는 강창언 교수님과 송왕철 교수님께 앞으로 어떻게 살아가야 하는지 배웠습니다. 특히, 송왕철 교수님은 새로운 아이디어를 얻는 방법, 아이디어를 바탕으로 상대방을 설득하는 방법 등을 가르쳐 주셨습니다. 강창언 교수님, 송왕철 교수님께 감사드립니다.

그리고 논문에 대한 문제점을 지적해서 보다 나은 논문을 작성하게 도와주신 이상준 교수님, 곽호영 교수님, 김도현 교수님께 감사드립니다. 학사를 졸업하고 석사과정의 초석을 다져 주신 김장형 교수님, 안기중 교수님, 변상용 교수님, 변영철 교수님께 감사의 마음과 함께 건강을 기원합니다.

저의 고민을 들어 주신 정은경 누나와 김남식 형, 오은희 누나에게 감사합니다. 석사과정 동안 함께 해주신 강영도 선배님, 허성식 선배님, 문유형 선배님, 김현복 선배님, 고영일 선배님께 감사드립니다.

마지막으로 우리 연구실 식구들에게 감사하고 있으며, 프로그램 작성에 도움을 준 강형규에게 고마운 마음을 전하고 싶습니다.

저와 함께 했던 모든 분들은 자신이 하고자 했던 꿈을 이루시고, 항상 건강했으면 좋겠습니다.

무삼 올림

# 목 차

그림목차.....	ii
표 목차 .....	iii
국문초록.....	iv
영문초록.....	vi
약어표.....	viii
I. 서론 .....	1
II. 관련연구.....	4
1. VANET(Vehicular Ad-hoc Networks) .....	4
1) VANET의 특징 .....	5
2) VANET 표준안 .....	7
3) 교통안전통신에서의 통신 요구사항 .....	9
2. VANET의 멀티-홉 브로드캐스트 방식 .....	10
1) 플러딩 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법 .....	12
2) 테이블 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법.....	12
3) 클러스터 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법.....	14
4) 거리 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법.....	15
III. 거리, 밀도, 방향성이 고려된 릴레이 노드 선정방법.....	11
IV. 실험 환경 및 결과 .....	22
1. 실험 환경 .....	22
2. 실험 결과 .....	24
V. 결론 .....	28
참고문헌.....	29

## 그림 목 차

그림 1. VANET의 종류.....	1
그림 2. WAVE 프로토콜 스택.....	7
그림 3. VANET의 긴급메시지 전파.....	11
그림 4. 플러딩 기반 멀티-홉 브로드캐스트.....	13
그림 5. 테이블 기반 멀티-홉 브로드캐스트.....	14
그림 6. 클러스터 기반 멀티-홉 브로드캐스트.....	15
그림 7. 거리 기반 멀티-홉 브로드캐스트.....	16
그림 8. DDT(Distance Defer Transfer)의 릴레이 노드 선정기법.....	16
그림 9. DDT 최악의 경우.....	18
그림 10. 벡터 $i$ 와 직교하는 직선의 방정식을 위한 예.....	20
그림 11. 방향 구별 방법 .....	20
그림 12. 제안하는 프로그램 .....	21
그림 13. 시뮬레이션 .....	23
그림 14. 데이터 메시지 Sequence Chart .....	23
그림 15. 지연시간 .....	24
그림 16. 시뮬레이션 시간 동안의 지연 시간 .....	25
그림 17. 전송 메시지의 수 .....	25
그림 18. 밀도에 따른 senderDensityDirection의 전송 메시지 수.....	26
그림 19. 수신 받은 메시지의 수 .....	26

## 표 목 차

표 1. 제어 채널에서 사용되는 EDCA 파라미터 집합.....	8
표 2. WAVE 특징.....	8
표 3. VANET을 위한 멀티-홉 브로드캐스트 프로토콜 분류 및 특징.....	11
표 4. 시뮬레이션 버전.....	22
표 5. 실험 파라미터.....	23



## VANET에서의 긴급 메시지 전달을 위한 방향성이 고려된 중계기법

컴퓨터공학과 강무삼  
지도교수 송왕철

최근 들어 교통안전통신을 통해 사고예방을 하기 위한 방법이 많은 연구를 통해 제안되어 왔다. 가장 쉬운 방법으로 브로드캐스트를 하면 메시지 수신율은 높으나 그 긴급메시지를 중복 수신하게 되고, 이를 다시 재전송 하게 되면 브로드캐스트 스톱 등의 문제뿐 아니라 멀리 있는 목적지 노드로의 메시지 지연(delay) 시간이 길어지게 된다. 이를 해결하기 위해, 특정 노드를 그 메시지를 중간에서 전달하는 릴레이 노드로 선정해서 메시지를 전파하는 방법에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러한 연구 중에 거리기반의 멀티-홉 브로드캐스트인 DDT (Distance Defer Transfer)와 같은 다양한 접근법이 있어왔다.

DDT와 같은 접근방식은 전파 전송이 가능한 최대 거리에 있는 노드로 하여금 메시지를 전달하도록 하고 있는데, 릴레이 노드를 선정 하는데 있어서 거리만을 고려하기 때문에 주변 자동차 수의 변화를 반영하지 못하여 불필요한 지연 시간이 발생하고, 불특정 다수를 대상으로 메시지를 전파할 수 있다. 하지만, 교통안전과 관련된 상황에서 메시지가 짧은 시간 내에 전달되도록 하는 것은 아주 중요한 요소로서 짧은 지연은 큰 교통사고를 방지하는데 큰 역할을 할 수 있다. 그러므로 긴급 메시지를 필요한 방향의 차량으로만 메시지를 전달함으로써 긴급메시지 전달 시간을 단축시킬 수 있을 것이다.

이에 따라 본 논문은 릴레이 노드를 선정하여 긴급 메시지를 보내기 위해서 자동차 간의 거리와 주변 차량의 밀도는 물론이고 방향성을 고려하여 메커니즘을 제안하고자 한다. 이와 같은 요소를 고려할 경우, 기존의 방법들보다 메시지

전파시간이 짧아지고, 불필요한 메시지 전파가 줄어들었음을 본 논문에서 제시하였다.

## ABSTRACT

# A Relay Scheme Considering Moving Direction to Deliver Emergent Message in VANET

KANG, MOO-SAM

Department of Computer Engineering

Graduate School

Jeju National University

Recently Many studies have suggested solution for accident prevention through Vehicular Safety Communication(VSC). One of the easiest ways is broadcast. This way has high reception rate. As all node receive emergent message of duplication and broadcast the message, however, broadcast storm may occur. And the longer time delay is, the distant nodes are. To solve this problem, many studies have suggested the way that some specific nodes are relay nodes so that the relay node can propagate the messages. One of those ways is DDT(Distance Defer Transfer) that is an example for the distance based multi-hop broadcast.

Approach like DDT propagates the message to the possible maximum distance node. Because of considering only distance element to select a relay node, the unnecessary time delay occurs because of not considering change of the number of surrounding vehicles. And this approach propagates the message for many random nodes. But in the situation about Vehicular Safety Communication, it is an important element that the message has the short time delay for propagation and the short time delay can play the important role to prevent terrible traffic accidents. Therefore it will reduce the time of

the emergent message propagation by propagating the message to vehicles of necessary direction.

For this reason, this paper is consider distance between vehicles, density of surrounding vehicles and direction of the front or back of vehicle to select relay node for emergent message. As a result, my proposal has short time delay and reduces unnecessary message than existing DDT.

## 약어 표

AC	Access Category
CCH	Control Channel
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
CW	Contention Window
DDT	Distance Defer Transfer
DOLPHIN	Dedicated Omni-purpose inter-vehicle communication Linkage Protocol for Highway automatioN
DSRC	Dedicated Short Range Communication
DTN	Delay tolerant network
EDCA	Enhanced Distributed Channel Access
FONIAN	Flooding based on One-hop Neighbor Information and Adaptive Holding
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
LORA_CBF	Location Routing algorithm with Cluster-Based Flooding
MAC	Media Access Control
MANET	Mobile Ad-hoc Networks
MiXIM	MiXed siMulator
NB	Naïve broadcast
NIC	Network Interface Card
OAPB	Optimized Adaptive Probabilistic Broadcast
ODAM	Optimized Dissemination of Alarm Messages
QCOMM	Quality of point-to-point Communication
QoS	Quality of Service
RBM	Role-Based Multicast
RSU	Road Side Unit
SCH	Service Channel

SICOMM	Service in Inter-vehicle Communication
SNB	Stem and Branch Flooding
SUMO	Simulation of Urban MObility
TRADE	TRAcking DEtection
UMB	Urban Multi-hop Broadcast protocol
V2I	Vehicle-to-Infrastructure
V2V	Vehicle-to-Vehicle
VANET	Vehicular Ad-hoc Networks
VSC	Vehicular Safety Communication
WAVE	wireless access in vehicular environments
WT	Waiting Time

## I. 서론

VANET(Vehicular Ad-hoc Networks)에 관한 연구는 일본의 JSK(Association of Electronic Technology for Automobile Traffic and Driving)에서 1980년 초에 처음으로 시작 되었다. 그 후 2000년 대 초반에 국내-외에서 많은 프로젝트가 활발히 진행 되었다. 미국과 유럽은 운전자의 안전 개선에 중점을 두어 연구 하였다. 특히, 미국은 V2I(Vehicle-to-Infrastructure) 네트워크 형태로 연구가 이루어 졌고, 유럽은 V2V (Vehicle-to-Vehicle) 네트워크 형태로 연구가 진행되었다. 일본은 자동차와 인터넷을 연결하는 응용 서비스 분야에 중점을 두었고, 국내도 도로 여건상 V2I 네트워크 형태의 응용 서비스를 중심으로 연구하였다.[2]

VANET의 응용 중 하나인 교통안전통신(VSC: Vehicular Safety Communication)은 차량 간(V2V)에 또는 차량과 기반시설(V2I) 사이에 네트워크를 자율적으로 형성하여 전방 위험/사고 경보나 교차로 충돌 방지 및 경보 서비스 등을 제공한다. 자동차의 안전에 중점을 둔 교통안전통신에서는 긴급 상황에 대한 빠른 전송을 필요로 한다. 이러한 긴급 전송을 위해 짧은 통신지연(relay) 시간과 전송 신뢰도, 방향성 그리고 다중 홉(hop) 과정에서 전송률이 급격히 저하되거나 전송 지연이 급격히 증가하지 않아야 한다는 등의 제한 사항이 생긴다.[1]

일반적으로 차량의 빠른 속도로 인해서 사고는 순식간에 진행되고 뒤 따른 차량은 긴급한 상황에 놓이게 된다. 이 때, 빠른 시간 안에 메시지를 전달하여 후속 사고를 예방할 필요가 있다. 사고 예방을 위해서 낙석, 사고 등과 같은 긴급 메시지는 빠른 시간 안에 사고 발생 지역으로 향하는 후방의 자동차 모두에게 전달하여 알릴 필요가 있다. 또한 메시지 후방 전파로 도로의 결빙, 안개, 공사 등과 같은 교통상황 정보를 제공하여, 교통흐름을 원활하게 할 수 있다.[12]

메시지를 사방으로 전달하는 가장 단순한 방법으로 브로드캐스트 하는 방법이 있다. 이는 무선으로 최대 전파 범위에 있는 모든 차량에게 메시지를 전달하는 방법이다. 이러한 방법은 메시지를 수신한 모든 차량은 릴레이(relay) 노드가 되어 다시 브로드캐스트 하기 때문에 메시지 전달율은 높으나 같은 메시지를 중복

수신하게 되고, 네트워크 혼잡을 야기하며, 최대 전파 범위의 다음 홉으로의 메시지 지연이 길어진다. 그래서 소수의 릴레이 노드를 선정해서 메시지를 신속하고 효율적으로 전달할 필요가 있다. 릴레이 노드를 선정하는 여러 방법이 연구되어 왔고 그 중에 거리라고 하는 요소를 기반으로 단순하게 릴레이 노드를 정하는 DDT (Distance Defer Transfer)라는 방법이 있다.

DDT[3]는 최소의 지연을 가지고 메시지를 빠르게 주변의 모든 차량에게 전달하기 위해 고안된 메시지 전송방식이다. DDT는 거리를 기반으로 모든 노드가 중계노드 선정에 참여하여 다음 홉으로 메시지를 전달하는데, 전파범위 내에서 최대한 멀리 있는 차량을 다음 홉으로 선택하게 되면 메시지 지연이 짧아져서 빠르게 전달할 수 있다. 이러한 방식은 차량의 주변상황을 충분히 반영하지 못한다. 사고가 발생하면, 사고 발생지역으로 차량이 밀집하여 노드가 많아지거나 사고 최초 발견 시 주변에 차량이 적을 경우, DDT는 일률적으로 거리에 기반하여 중계노드를 선정하기 때문에 주변 차량의 많고 적음에 상관없이 같은 지연 시간을 갖고 중계노드를 선정하여 긴급메시지를 다음 차량으로 전하게 된다. 차량의 밀도를 고려하게 될 경우, 차량의 밀도에 따라 지연 시간을 조절하면 메시지 간 충돌을 최소화 하여 메시지를 보내게 되어 빠른 긴급메시지 전송을 할 수 있다.[4]

또 한 가지 더 고려 할 사항으로 방향을 인자로 넣을 수 있는데, 앞서의 알고리즘들은 최대 전파 범위를 각 홉으로 하여 전달되는 경우에 그 전송되는 홉이 서로 전후좌우의 방향으로 흩어질 수 있다. 긴급 메시지는 위험 지역에 위치한 차량에게 전달할 필요가 있으므로, 본 논문에서는 그 메시지가 후방의 차량들에게만 전송될 수 있도록 하려한다.

즉, 긴급 메시지 전송 시 송신자와 수신자 사이의 거리만을 기반으로 릴레이 노드를 정하게 되면, 주변 차량의 많고 적음에 관한 환경을 제대로 반영하지 못한다. 차량이 많을 경우 메시지 간 충돌이 발생 하거나 차량이 적을 경우 일률적인 지연 시간으로 인하여 지연 시간이 길어진다. 이러한 차량의 밀도를 고려함과 동시에 메시지 전파 방향을 고려 할 필요가 있다. 메시지 전파는 사방으로 이루어지기 때문에 긴급 메시지를 필요로 하는 후방의 차량에게만 메시지를 전달하게 되면, 전방의 차량들로의 불필요한 메시지 전파를 줄일 수 있다.



따라서 본 논문에서는 거리, 밀도와 방향을 고려한 중계노드 선정 방식에 대하여 논하려 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 VANET과 관련된 기본 개념 및 기술을 살펴본다. 3장에서는 교통안전통신(VSC)중의 하나로 VANET에서의 긴급 메시지 전달을 위한 방향성이 고려된 중계기법을 제안한다. 4장에서는 제안된 기법의 성능 평가 및 분석을 한다. 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

### 1. VANET

VANET은 Vehicular Ad-hoc Network의 약자로 자동차들에 의해 자율적으로 구성되는 기반 구조가 없는 네트워크이다. 그림1에서와 같이 자동차 간의 통신을 V2V(Vehicle to vehicle)라고 한다. 여기에 RSU(Road Side Unit)과 같은 도로 주변의 기반 시설을 이용하여 인터넷에 연결 할 수 있는 형태의 통신을 V2I (Vehicle to Infrastructure)라고 한다. 이러한 통신을 이용하여 운전자의 안전을 보조하거나 인터넷을 통하여 응용서비스 등을 받을 수 있다.

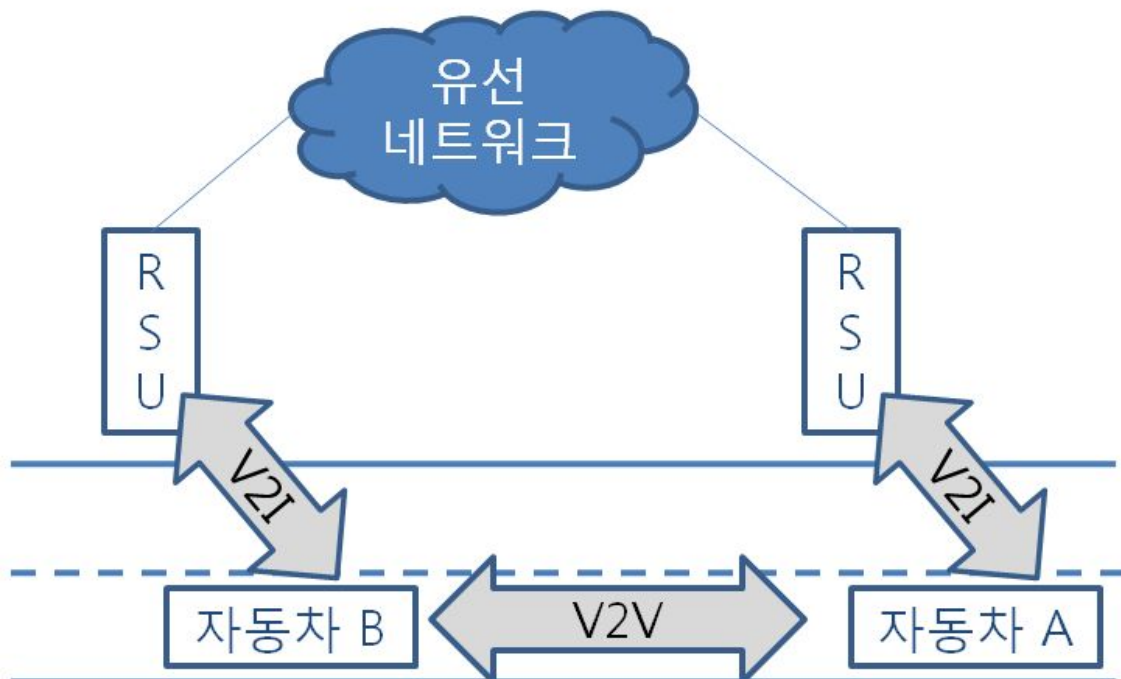


그림 1. VANET의 종류

## 1) VANET의 특징

VANET(Vehicular Ad-hoc Networks)은 노드 간 자율적 네트워크 형성이 가능하다는 점에서 기존의 MANET(Mobile Ad-hoc Networks)[11]과 유사하지만 노드가 자동차가 아닌 모바일이라는 점뿐만 아니라 여러 가지 구별되는 특징이 있다. MANET의 특성과의 비교를 통해[5][6] VANET의 특성을 다음과 같이 살펴 볼 수 있다.

### (1) 이동성

MANET은 이동 제한 없이 매우 불규칙하다. 반면에 VANET은 도로를 통해 움직이기 때문에 MANET에 비해 규칙적으로 움직이고, 빠른 이동을 할 수 있다.

### (2) 네트워크 토폴로지의 변화

MANET은 일반적으로 VANET에 비해서 이동성이 낮아서 네트워크 토폴로지가 쉽게 변하지 않는다. 하지만 VANET의 경우 속도가 빠르고 다양한 속도가 존재하기 때문에 고속도로와 같은 경우 차량의 유입과 유출로 인해 토폴로지가 자주 바뀐다.

### (3) 노드 밀도

MANET은 일반적으로 느린 이동속도로 인해 짧은 시간 안에 밀도가 급격하게 변하지 않는다. 하지만 VANET과 같은 경우 교통신호와 같은 시스템과 높은 이동성으로 인하여 짧은 시간 안에 노드 밀도가 MANET에 비해 많이 변한다.

### (4) 노드 전송범위

MANET은 자가 발전을 할 수 없어 제한된 자원을 효율적으로 사용하기 위해 비교적 통신 범위가 작다. 하지만 VANET은 MANET에 비해 전력자원이 풍부하고 높은 이동성으로 인하여 비교적 통신 범위가 넓다.

#### (5) 빈번한 네트워크 단절

MANET은 짧은 시간 안에 이동성이 낮아 토폴로지가 적게 변하기 때문에 네트워크 단절이 VANET에 비해 적다. VANET은 빠른 이동성, 높은 밀도 변화, 네트워크 토폴로지가 MANET에 비해 자주 바뀌기 때문에 네트워크 단절이 빈번하다.

#### (6) 충분한 전력

MANET은 자가 발전을 할 수 없어 전력이 한정되어 있다. 이에 비해 VANET은 자가 발전 할 수 있는 충전용 배터리를 사용하기 때문에 전력에 대한 제약이 적다.

#### (7) 엄격한 지연 조건

MANET은 어느 정도의 통신 지연을 감내 할 수 있다. 하지만 VANET의 교통안전통신인 경우, 긴급메시지를 통해 사고를 예방 하여 사람의 생명을 구할 수 있기 때문에 지연이 엄격해야 한다.

#### (8) 프로토콜 고려사항

MANET은 일반적으로 네트워크 오류, 손실, 지연 등의 문제로 직접적인 사고로 연결되지 않기 때문에 VANET의 비해 네트워크 문제에 관대하다. 하지만 VANET의 교통안전통신에서는 운전자의 안전을 보조해 주기 때문에 프로토콜의 안정성, 무결성, 신속성 등이 고려되어야 한다.

## 2) VANET 표준안

WAVE(wireless access in vehicular environments)는 VANET의 무선 인프라 표준 규격으로 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)의 802.11p와 1609가 결합되어 있고, 미국에서는 WAVE-DSRC (Dedicated Short Range Communication)로 불린다. 그림2는 WAVE 프로토콜 스택이다. 1609.1은 자원 관리자 어플리케이션 서비스 및 인터페이스를 정의하여 관리 플레인(Management Plane)을 통해서 1609.3에서 정의하는 WME(WAVE Management Entity)와 관리 데이터를 주고받는다. WME는 MLME(MAC Layer Management Entity)와 PLME(Physical Layer Management Entity)로 구성되어 있다. 또한 1609.1은 데이터 플레인(Data Plane)을 통해 TCP/UDP 통신을 하거나 WAVE에 특화된 WSMP(WAVE Short Message Protocol)를 통해 데이터를 주고받는다. 특히, 1609.4는 다중 채널 운영(Multi-Channel Operations)을 제공 하고 있다.[9]

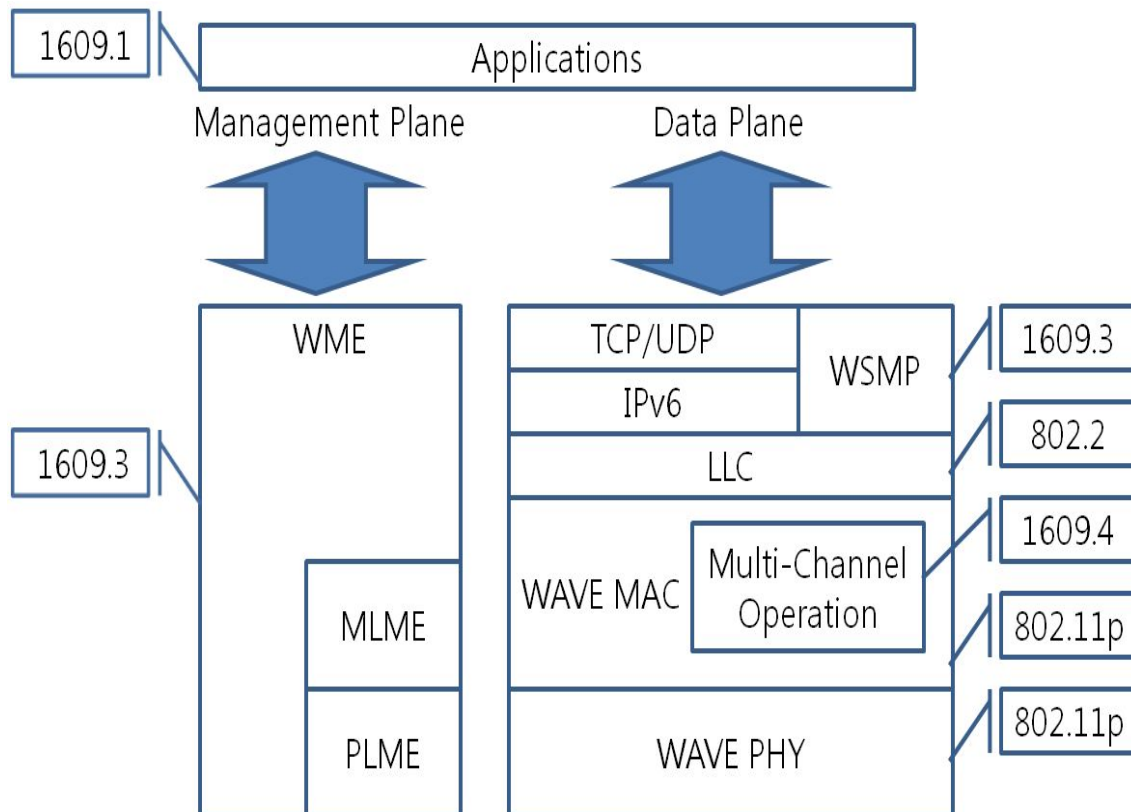


그림 2. WAVE 프로토콜 스택

다중 채널은 차량 간(V2V) 통신을 위해 10MHz를 7개로 채널로 할당하여 하나의 CCH(Control Channel)와 6개의 SCH(Service Channel)로 구성된다. 또한 차량과 기반 시설(V2I) 통신을 지원하기 위해 5.9GHz 대역에서 75MHz의 대역폭을 사용한다. 802.11p는 랜덤 경쟁 기반의 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 방식을 제공하고 있다[7]. IEEE 802.11p에서는 MAC(Media Access Control) 계층에서 QoS(Quality of Service)를 지원하기 위해 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)를 사용한다. EDCA는 표1과 같이 AC(Access Category)를 4개로 분류한다. EDCA는 AC에 따라서 CW(Contention Window) 값을 다르게 설정하여 채널 획득 확률을 높일 수 있다.[31] 조금 더 WAVE의 특징을 살펴보면, 다음의 표2[8]와 같이 정리할 수 있다.

실제 프로그램을 할 때, CCH와 SCH를 이용해서 차량의 밀도 수집과 릴레이 노드 선정을 위해 다른 채널을 사용한다. 메시지 전송 시에는 상대 차량에게 자신의 백터 값을 WSMP(WAVE Short Message Protocol)에 기록하여 보낸다.

AC	CWmin	CWmax	AIFSN
0	15	1023	9
1	7	225	6
2	3	7	3
3	3	7	2

표 1. 제어 채널에서 사용되는 EDCA 파라미터 집합

특징	설명
차량속도	최대 200km/h
통신반경	최대 1km
통신방식	유니캐스트, 브로드캐스트
Latency	최대 100msec
Networking	V2V, V2I

표 2. WAVE 특징

### 3) 교통안전통신에서의 통신 요구사항

교통안전통신은 사고를 예방하기 위한 방법으로 차량이 빠르게 이동하기 때문에 미리 운전자에게 긴급하고, 위험한 사항을 빠르고 안정적으로 전달해야 한다. 차량 간 통신을 위한 교통안전통신에는 다음과 같은 요구사항이 존재한다.[1]

#### (1) 실시간성

교통안전통신에서의 긴급 메시지는 발견 즉시 낮은 지연시간으로 전달되어야 한다. 한 번의 홉으로 메시지를 전달하여 응답을 받는 Latency는 최대 100msec이다.

#### (2) 전송 신뢰도

교통안전통신에서의 긴급메시지는 빠른 시간 안에 적어도 한 번은 받아야 한다. 무선 통신을 이용하기 때문에 교통안전통신은 주변 환경에 민감하게 반응한다. 더구나 자동차의 빠른 이동성은 통신 품질에 악영향을 미친다. 이에 따라 교통안전통신은 신뢰도를 높이기 위해 단순 비트 에러 복구 능력이 포함되어야 한다.

#### (3) 정보 전파의 방향성

교통안전통신은 운전자의 안전에 영향을 받는 차량으로의 긴급메시지 전파가 중요하다. 통신 형태로는 단방향의 일대일(one-to-one) 통신, 일대다(one-to-many) 통신과 양방향 통신이 있을 수 있다.

#### (4) 다중 홉 전달

빠른 이동성으로 통신 영역 밖의 차량도 안전에 영향을 받기 때문에 빠른 시간 안에 영향을 받는 모든 차량에게 긴급메시지를 전달할 필요가 있다. 여러 홉으로 메시지를 전달하면서, 메시지 중복으로 인한 전송률이 저하되거나 긴급메시지인 만큼 전송지연이 급격히 증가해서는 안 된다.

특히, 위급한 상황을 가정하고 긴급 메시지를 전달해야 하기 때문에 낮은 지연 시간, 높은 메시지 수신 비율 그리고 높은 전송 신뢰도 등이 보장되어야 한다.

본 논문은 위와 같은 조건을 만족 시키고 있다. 제안하고 있는 방식은 실시간성과 다중 홉 전달을 만족하기 위해 선택적으로 소수의 노드가 릴레이 노드가 될 수 있게 했다. 그리고 전송 신뢰도를 만족하기 위해 모든 노드가 릴레이 노드가 될 수 있도록 참여한다. 정보 전파의 방향성을 위해 자신의 벡터 정보를 상대 노드에게 전송함으로써 전방으로의 메시지인지 후방으로의 메시지인지 구별하고 있다.

## 2. VANET의 멀티-홉 브로드캐스트 방식

VANET에서의 교통안전통신은 운전자를 보조하여 사고를 예방하기 위한 목적을 가지고 있다. 긴급메시지는 효율적으로 매체를 공유하여 신속하고 신뢰성 있게 전송되어야 한다.

VANET에서는 응급상황 발생 시 브로드캐스트 방법을 이용하여 주변의 관련된 차량에게 긴급메시지를 보낼 수 있다.

이러한 긴급메시지는 신속하게 전파함으로써 위험지역에 있는 차량들이 사고를 예방할 수 있게 도와준다. 전파 거리가 한정되어 있기 때문에 릴레이 노드(relay node)를 이용하여 주변차량에게 메시지를 전하는 멀티-홉 브로드캐스트를 할 필요가 있다. 멀티-홉 브로드캐스트에서 긴급메시지를 최초로 전송하는 차량을 소스노드(source node)라고 한다. 그림3은 소스노드로부터 긴급메시지를 수신한 차량을 릴레이 노드로 선정하여 브로드캐스트하고 있다. 이때, 어떤 노드가 릴레이



노드로 선정되는지에 따라 긴급메시지 전파 지연시간에 영향을 주고, 전체 네트워크의 혼잡도에도 영향을 준다.

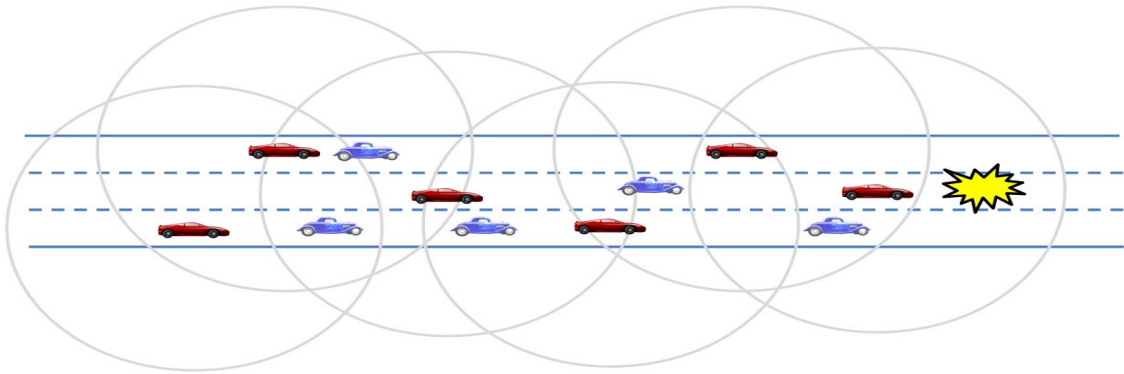


그림 3. VANET의 긴급메시지 전파

표2는 VANET에서 제안된 멀티-홉 브로드캐스트 프로토콜을 릴레이 노드 선정 방법에 따라 분류하여 특징을 정리하였다.[10] 표3에서와 같이 플러딩 기반, 테이블 기반, 클러스터 기반, 거리 기반 멀티-홉 브로드캐스트로 나눌 수 있다. 어떤 노드가 릴레이 노드로 선택 되느냐에 따라 메시지 전파 지연시간과 네트워크 부하 등의 성능에 큰 영향을 미친다.

특징	Flooding-based	Table-based	Cluster-based	Distance-based
전달 임명자	모든 노드	이전 전달 노드	클러스터 헤더	자기 자신
컨트롤 메시지교환	없음	있음	있음	없음
Network topology	편평한	편평한	계층적	편평한
메시지 도달 가능성	매우 높음	높음	높음	매우 높음
노드의 높은 이동성	상관없음	Network traffic 증가함	Network traffic 증가함	상관없음
빈번한 Network topology 변화	상관없음	Network traffic 증가함	Network traffic 증가함	상관없음
높은 노드 밀도	Network traffic 증가함	Network traffic 증가함	Network traffic 증가함	상관없음
VANET에서 Network traffic	높음	높음	높음	낮음
종단간 지연	중간	낮음	낮음	낮음
대표 protocol	DOLPHIN, NB	TRADE, SDRP, OAPB, UMB	SIMCOMM, CBLR	DDT, RBM, ODAM

표 3. VANET을 위한 멀티-홉 브로드캐스트 프로토콜 분류 및 특징

## 1) 플러딩 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법

기존의 플러딩은 긴급메시지를 브로드캐스트하여 모든 노드가 릴레이 노드가 될 수 있게 한다. 단방향의 일대다 통신이기 때문에 추가적인 메시지를 필요로 하지 않으며, 하나의 노드가 메시지 전송에 실패하더라도 다른 가능한 경로를 통해 긴급메시지를 받을 수 있다. 그러나 노드의 밀도가 높을 경우 모든 노드가 긴급메시지 전송에 참여하기 때문에 전체 네트워크가 혼잡해 지고, 그로인해 전파 지연시간이 급격하게 증가한다. 그리고 불필요하게 같은 긴급메시지를 중복해서 받게 된다. 전체 네트워크 혼잡을 줄이기 위해 재전송 횟수를 제한하기도 한다. 대표적인 플러딩 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법으로는 NB(Naïve broadcast) [13], DOLPHIN(Dedicated Omni-purpose inter-vehicle communication Linkage Protocol for Highway automatioN)[14] 등이 있다.

그림4는 NB의 긴급메시지 멀티-홉 브로드캐스트 기법이다. 긴급한 상황이 발생했을 때, 소스노드는 긴급메시지를 보내게 되는데 긴급메시지를 수신한 노드 중에 소스노드 후방에 있는 노드들만이 중계노드가 되어 긴급메시지를 전파 할 수 있다. 하지만 기존 브로드캐스트처럼 전체 네트워크가 혼잡해지는 브로드캐스트 스톱 문제[15]가 발생하여 긴급메시지 중복, 충돌, 경쟁 등의 문제가 발생하고 전파 지연 시간이 길어지게 되어 멀티-홉으로 긴급 메시지를 전파 하는 동안 특정 위치의 노드까지의 전체 지연시간이 길어지게 된다.

## 2) 테이블 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법

테이블 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법은 주기적인 비컨(beacon) 메시지를 주고받으면서 주변 차량의 정보를 유지하고 나서 긴급메시지를 보낼 때, 적절한 노드를 선정하여 긴급메시지를 전파하게 된다. 그림5는 테이블 기반 멀티-홉 브로드캐스트기법을 이용해서 긴급메시지를 전파하고 있다. 각 차량은 주변 차량에 대한 정보를 테이블로 만든 후 이를 기반으로 N0-N2-N4-N6-N9-N10를 릴레이 노드로 선정하여 브로드캐스트하고 있다. 대표적인 테이블 기반 멀티-홉 브로드

캐스트 프로토콜에는 TRADE(Tracking DEtection)[3], OAPB(Optimized Adaptive Probabilistic Broadcast)[16], UMB(Urban Multi-hop Broadcast protocol)[17], FONIAN(Flooding based on One-hop Neighbor Information and Adaptive Holding)[18] 등이 있다.

테이블 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법은 노드밀도가 낮고 토폴로지 변화가 적을 경우에 테이블을 유지하기 위한 비컨 메시지가 적어 우수한 성능을 보인다. 반면에, 노드밀도가 높아지고 토폴로지 변화가 커질 경우, 테이블을 유지하기 위한 비컨 메시지를 보내는 노드가 많아 전체 네트워크를 혼잡하게 하고, 긴급메시지 전파 시 비컨 메시지와 섞여서 전파되기 때문에 지연이 길어 질 수밖에 없다.

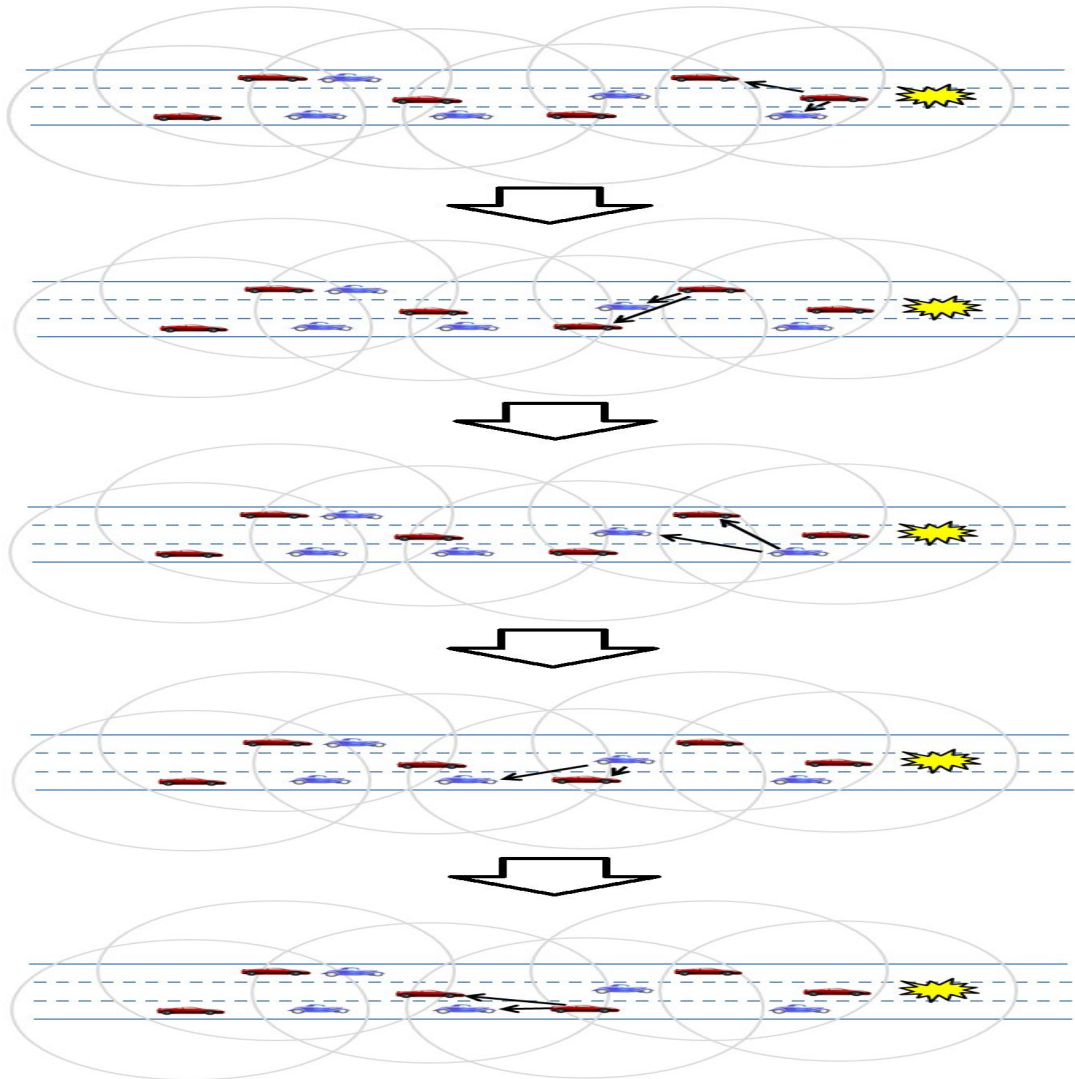


그림 4. 플러딩 기반 멀티-홉 브로드캐스트

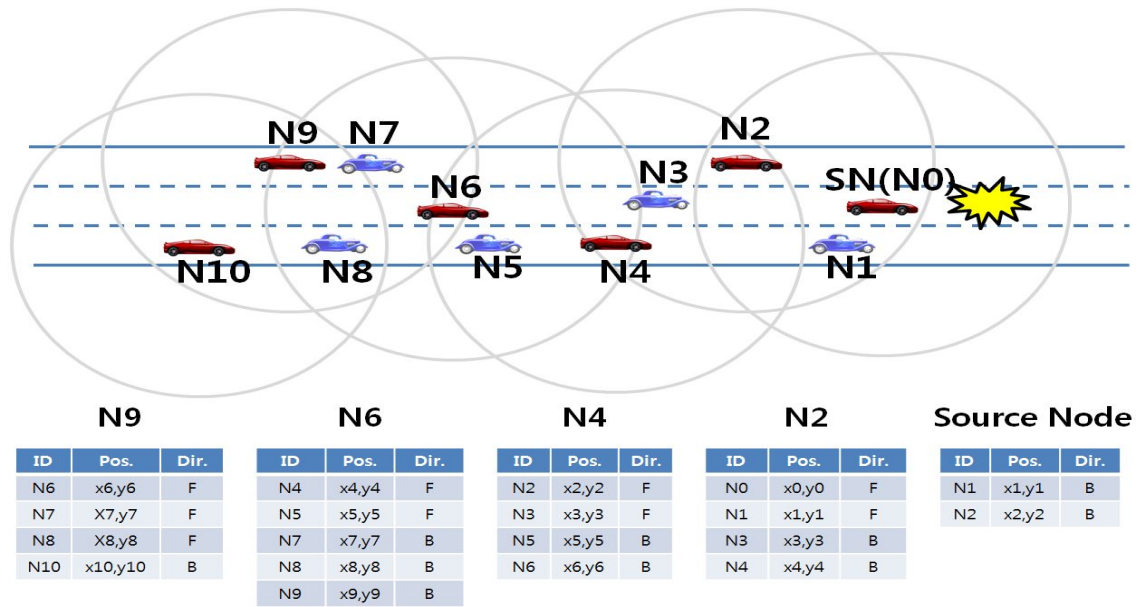


그림 5. 테이블 기반 멀티-홉 브로드캐스트

### 3) 클러스터 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법

클러스터 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법은 클러스터라고 하는 하나의 집단을 만들어 놓고 각 노드마다 역할을 할당하여 그 역할을 수행하게 하게 한다. 그 역할은 클러스터 헤더, 클러스터 멤버, 게이트웨이 등이 있을 수 있다. 그림6은 긴급메시지 전파 과정을 보여주고 있다.[30] 소스노드가 긴급메시지를 보내게 되면, 두 클러스터에서 서로 겹치는 노드를 게이트웨이로 선정하여 긴급메시지를 보내게 된다. 게이트웨이는 클러스터 헤더로 긴급메시지를 보내고, 클러스터 헤더는 클러스터 내의 모든 노드에게 브로드캐스트하여 긴급메시지를 전한다. 대표적인 클러스터 기반 멀티-홉 브로드캐스트 프로토콜에는 QCOMM(Quality of point-to-point Communication)[19], SICOMM(Service in Inter-vehicle Communication)[20], LORA\_CBF(Location Routing algorithm with Cluster-Based Flooding)[21] 등이 있다.

클러스터 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법은 테이블 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법처럼 테이블을 유지하기 위해 주기적인 비컨 메시지를 보내야 한다. 또한 테이블 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법처럼 밀도가 낮고, 토폴로지 변화가 적으

면 우수한 성능을 보인다. 하지만 밀도가 높아지고 토폴로지 변화가 많아지면, 토폴로지를 유지하기 위해 비컨메시지가 많아지고, 메시지를 보내야 하는 노드가 많아진다. 그로 인해 전체 네트워크가 혼잡해지고, 전파 지연이 길어진다. 또한 계층적 토폴로지 구조를 유지하기 위해 클러스터 헤더는 유입, 유출 되는 노드를 항상 감시해야 하기 때문에 부하가 집중되는 단점이 있다.

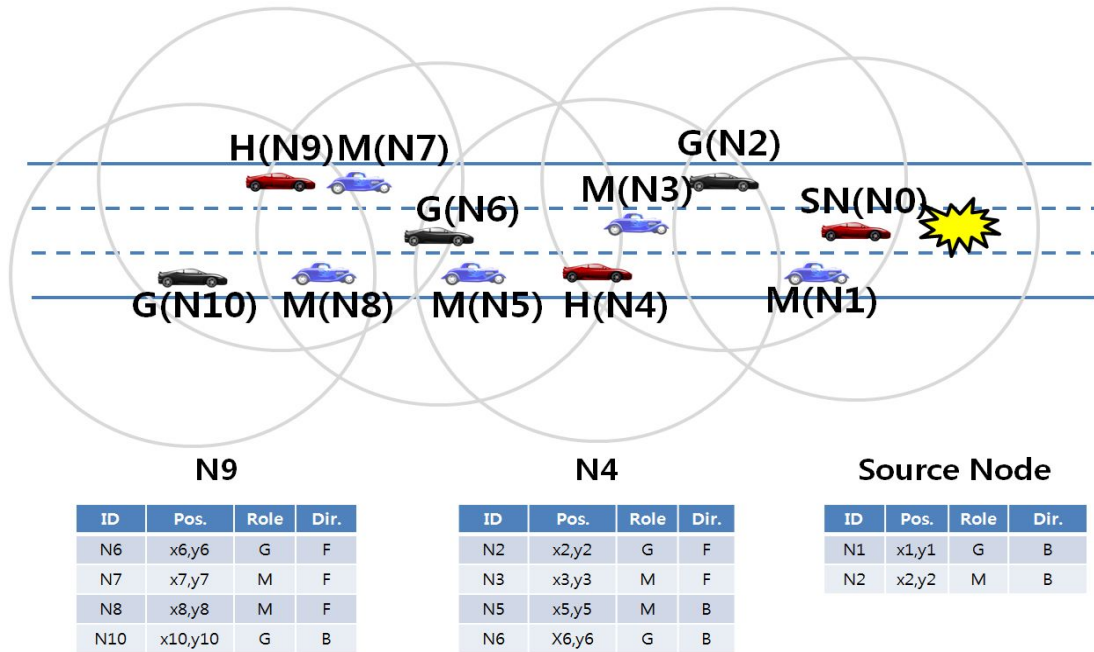


그림 6. 클러스터 기반 멀티-홉 브로드캐스트

#### 4) 거리 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법

거리 기반 멀티-홉 브로드캐스트 기법은 이전 기법과는 다르게 테이블을 유지하기 위한 비컨 메시지 교환이 필요 없고, 거리를 기반으로 모든 노드가 릴레이 노드를 선정하는데 참여 할 수 있다. 그림7은 거리를 기반으로 소스노드로부터 가장 멀리 있는 노드가 릴레이 노드가 되어 브로드캐스트 하는 과정을 보여 주고 있다. 소스노드, 릴레이 노드는 긴급메시지에 자신의 위치 정보를 포함하여 브로드캐스트 하게 되는데 긴급메시지를 수신한 모든 노드는 그림8에서와 같이 거리에 반비례하는 대기시간을 계산하게 된다. 대기시간이 가장 먼저 만료된 노드가 릴레이 노드 역할을 하고 이를 중복 수신한 노드는 긴급메시지 전파를 포

기하게 된다. 만일, 소스노드로부터 가장 멀리 있는 노드가 긴급메시지를 수신하지 못하여 릴레이 노드로 선정 되지 않더라도 모든 노드가 릴레이 노드가 될 수 있어 긴급메시지를 전달하는 데 있어서 다른 기법에 비해 신뢰도가 높을 수 있다. 또한 토폴로지 변화가 많더라도 다른 기법에 비해 영향을 덜 받는다. 대표적인 거리 기반 멀티-홉 브로드캐스트 프로토콜에는 DDT(Distance Defer Transfer)[3], RBM(Role-Based Multicast)[22], ODAM(Optimized Dissemination of Alarm Messages)[23], SNB(Stem and Branch Flooding)[24] 등이 있다.

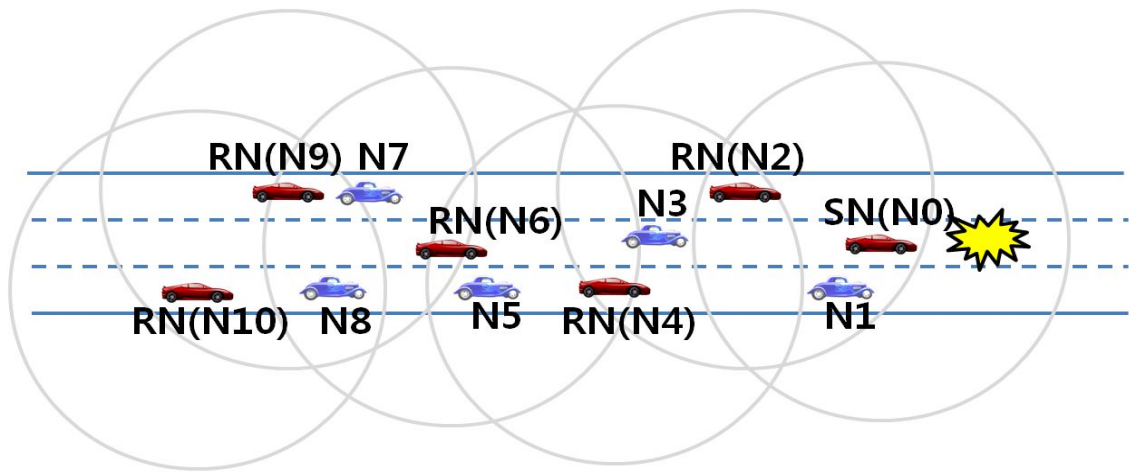


그림 7. 거리 기반 멀티-홉 브로드캐스트

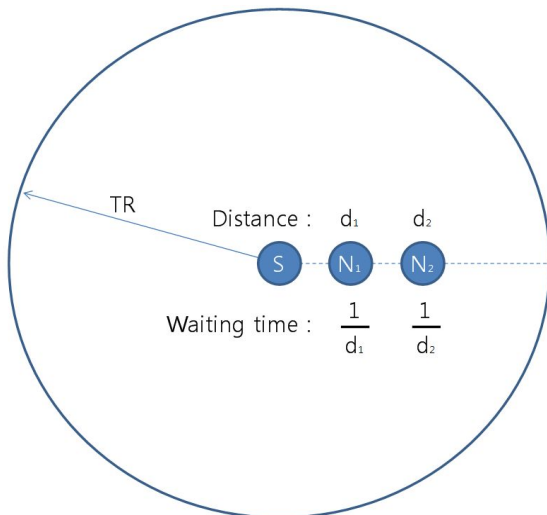


그림 8. DDT의 릴레이 노드 선정기법

### III. 거리, 밀도, 방향성이 고려된 릴레이 노드 선정방법

메시지를 보내는 가장 단순한 방법은 브로드캐스트 방법으로 전파범위 내에 있는 노드에게 메시지를 보내는 것이다. 이는 메시지 전달율은 높지만 메시지를 받은 노드는 릴레이 노드가 되어 메시지를 보내기 때문에 전파범위 밖 여러-홉에 위치한 노드에게 메시지를 보내는데 시간이 오래 걸린다. 그래서 전파범위 내의 소수의 노드만 선택해서 메시지를 보내게 되면, 불필요하게 중복 메시지를 받을 필요가 없고, 여러-홉에 위치한 노드에게 메시지를 전달하는데 짧은 지연시간이 걸릴 것이다. 이렇게 선택적으로 릴레이 노드를 정할 때, 거리를 기반으로 하여 전송범위 내의 가장 먼 노드를 선정하여 메시지를 보내게 되면, 메시지 지연이 줄어들 것이다.

기존 DDT는 주변 차량의 많고 적음에 상관없이 릴레이 노드로 전파 범위 내의 가장 먼 노드를 정하다 보니, 주변 차량이 많을 때에는 메시지를 서로 보내려 하기 때문에 지연이 길어지고, 주변 차량이 적을 때에는 메시지를 보내려는 차량이 적음에도 불구하고 일정시간의 지연을 갖고 메시지를 보내게 된다. 그래서 주변 차량의 많고 적음과 같은 도로 환경을 적용하여 메시지를 보내면, 메시지를 효율적으로 짧은 지연을 가지고 보낼 수 있다.

기존의 DDT(Distance Defer Transfer)[3]는 거리만을 기반으로 대기시간을 정하기 때문에 밀도가 낮은 경우 불필요하게 긴 지연시간을 갖게 된다.[4] 그래서 대기시간을 계산할 때, 밀도를 고려하면 짧은 긴급메시지 지연을 가질 수 있다. 또한 그림9에서와 같이 거리를 기반으로 릴레이(relay) 노드를 정하게 되면, 최악의 경우 긴급메시지가 엉뚱한 방향으로 보내지면서 위험 지역에 있는 노드가 긴급 메시지를 받지 못할 수 있다. 그림 9는 N2가 N3와 N4로부터 같은 메시지를 중복해서 받고, N2가 N4보다 소스노드 N3과의 거리보다 짧기 때문에 후방에 차량이 있음에도 불구하고 릴레이 노드가 되지 못해 긴급 메시지를 전송하지 못하고 있다. 오히려 N5가 릴레이 노드가 되어 전방으로 메시지를 보내고 있다. 그래서 방향이 고려되어 긴급메시지를 수신 할 필요가 있는 후방으로의 긴급메시지

전파가 이루어져야 한다.

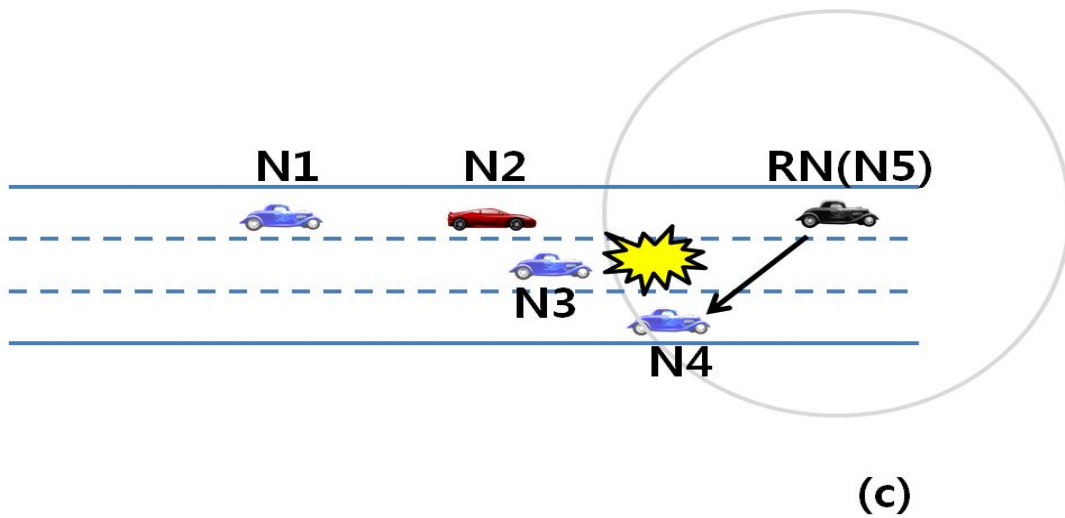
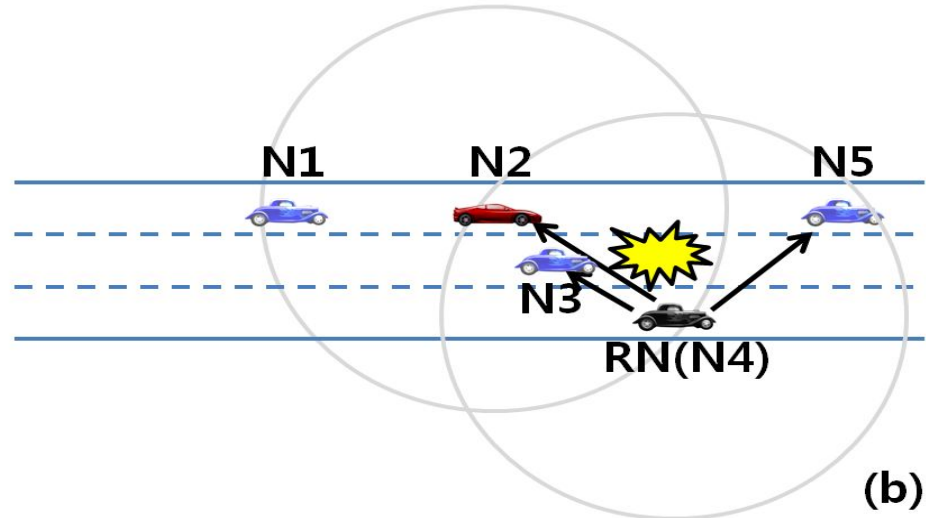
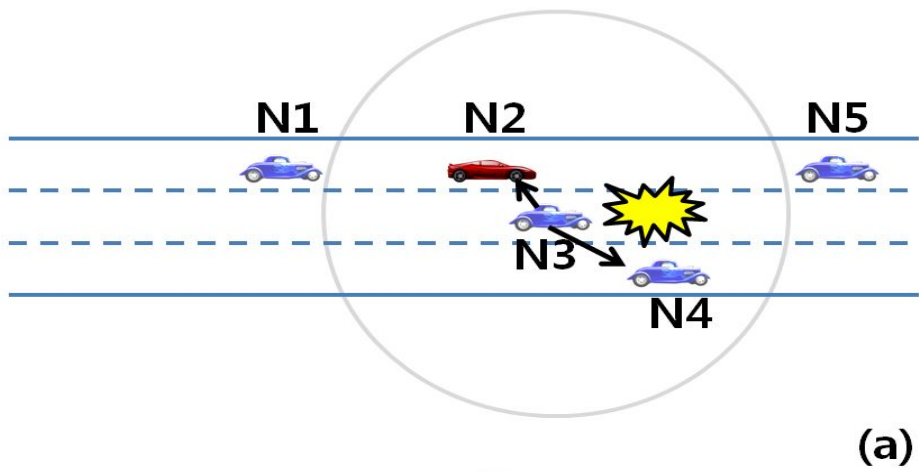


그림 9. DDT 최악의 경우



이렇게 밀도와 방향을 고려하게 되면 긴급메시지를 필요로 하는 모든 차량에게 신속하게 메시지를 전할 수 있다.

[4]에서는 DDT에서 밀도를 고려하게 되면, 밀도가 낮아 질 수록 릴레이 노드를 선정하는데 있어서 지연(delay)이 줄어들었다. 그리고 거리가 짧아 질 수록 DDT 보다 지연이 줄어드는 결과를 얻었다.

밀도를 고려하기 위해 주기적으로 비컨 메시지를 보냄으로써 밀도를 수집한다. 비록 주기적인 비컨 메시지로 인하여 전체 네트워크를 복잡하게 만들지만, 긴급 메시지 전송 시 대기 시간을 적절히 조절하면 가장자리의 노드가 릴레이 노드가 되어 신속하게 긴급메시지를 전파 할 수 있게 한다.

여기에 방향성이 고려되면 긴급메시지를 필요로 하는 차량으로 신속하게 긴급 메시지를 전파하여 전체 네트워크 혼잡을 줄이고 전송 할 수 있다.

방향성을 고려하기 위해 자동차의 속도(속력, 방향)를 이용한다. 그림 10은 속도의 방향을 계산하기 위한 예를 보여준다. 시간 기준으로 한 차량의 이전 위치를(c,d), 현재 위치를(a, b)라고 하면 식  $(x-a, y-b) \cdot (a-c, b-d) = 0$ 을 얻을 수 있다. 이 식은 현재 위치를 기준으로 자동차 방향과 수직인 직선을 구하는 것이다. 수직인 선을 기준으로 그림11에서와 같이 앞 차량은 + 값을 갖게 되고, 뒤 차량은 - 값을 갖게 된다. 이를 이용하여 차량이 앞에 있는지 아니면 뒤에 있는지 판단 할 수 있다. 이처럼 방향이 계산되기 때문에 불필요하게 긴급메시지를 보내는 방향의 반대 방향으로 긴급메시지를 보낼 필요가 없어진다. 즉, - 값을 가지고 있는 차량은 긴급메시지를 재전송하기 위한 릴레이 노드에 참여하게 되고, + 값을 가지고 있는 차량은 긴급메시지 재전송에 참여하지 않고 긴급메시지를 받기만 한다.

비컨 메시지와 긴급메시지를 함께 사용하기 때문에 전체 네트워크가 복잡해지는 문제가 있다. 하지만 WAVE는 7개의 채널을 가지고 있으며, 하나의 제어 채널(CCH : Control Channel)과 6개의 서비스 채널(SCH : Service Channel)을 가지고[25] 있기 때문에 beacon 메시지와 긴급메시지를 다른 채널을 이용하여 전송하게 되면 서로 영향을 받지 않고 메시지를 보낼 수 있다.

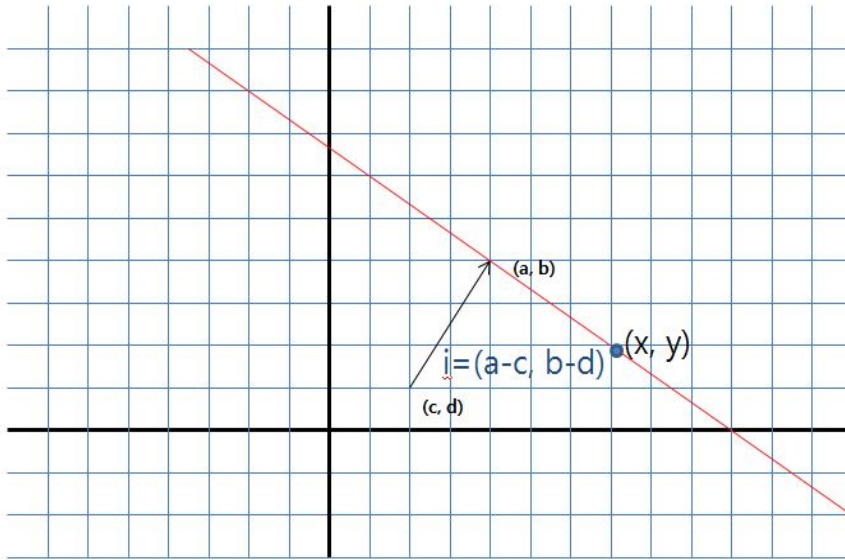


그림 10. 벡터  $i$ 와 직교하는 직선의 방정식을 위한 예

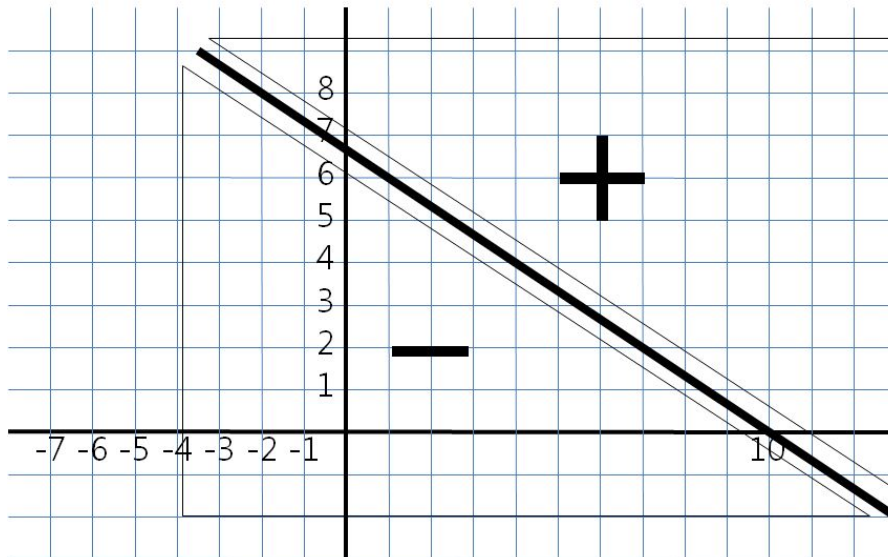


그림 11. 방향 구별 방법

다음 그림12는 이제까지 설명한 프로그램이다. 자동차가 긴급메시지를 받으면 후방에 있는지를 식  $(x-a, y-b) \cdot (a-c, b-d)$ 의 값이 +값인지 아니면 -값인지 판단한다. - 값이면 후방에 있는 차량이므로 긴급메시지를 브로드캐스트 할 수 있는 릴레이 노드가 될 자격을 얻는다. 긴급메시지에 있는 위치 정보를 이용하여 메시지를 보낸 자동차와의 거리를 계산하고, 비컨 메시지로부터 수집한 차량의 밀도를 이용하여 대기 시간을 계산한다. 대기 시간이 만료되면 가장 짧은 지연

(delay)을 갖게 된다. 무선 통신이기 때문에 채널(Channel)이 유힘(Idle) 인지 판단한다. 다른 차량이 보내는 메시지가 없으므로 긴급메시지를 브로드캐스트하게 된다. 채널이 유힘이 아니면 긴급메시지를 보낼 수 없기 때문에 다시 대기 시간 동안의 지연이 발생하게 된다. 대기 시간 동안 긴급 메시지를 받게 되면, 중복 긴급메시지를 폐기하고 종료한다.

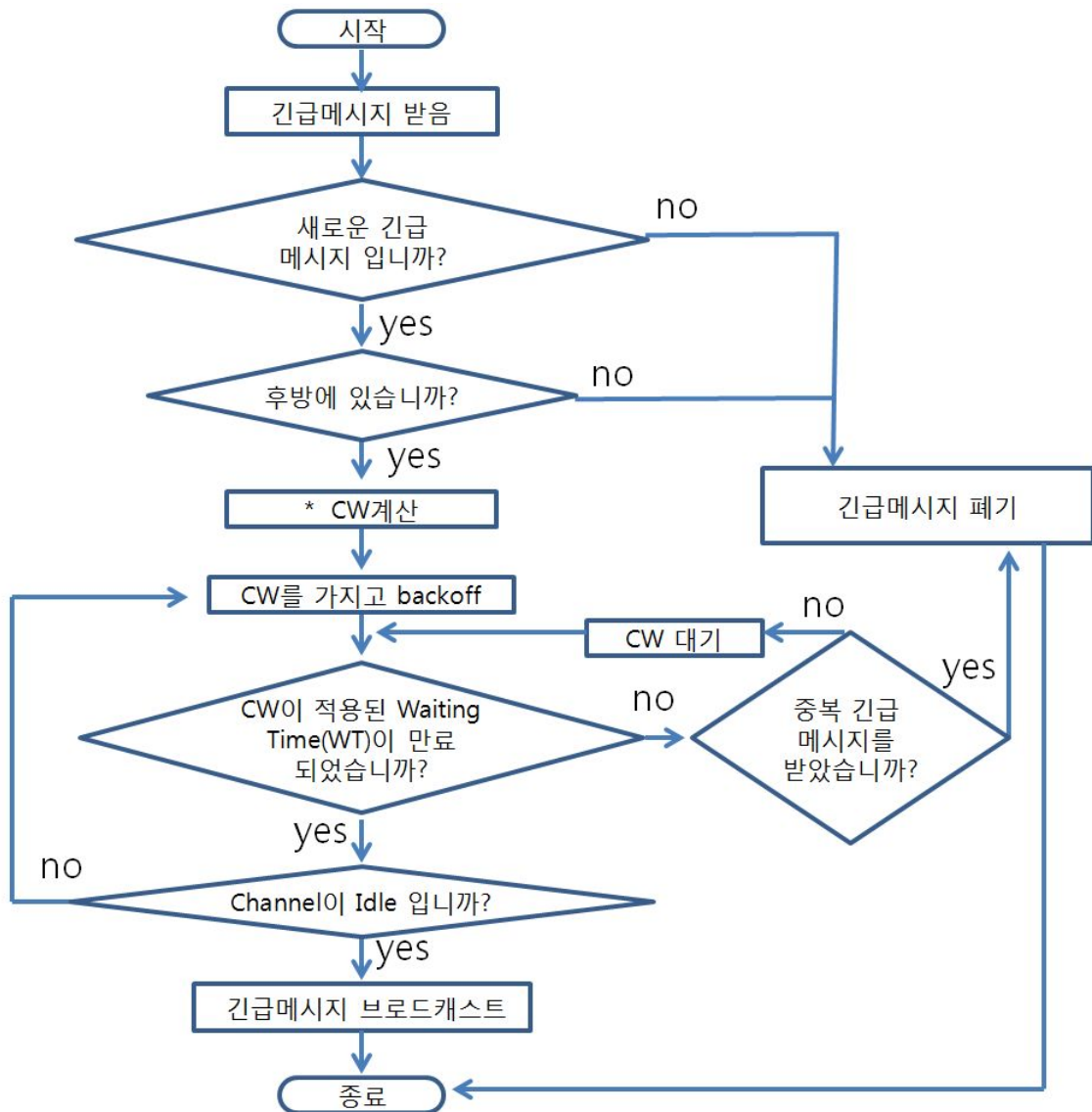


그림 12. 제안하는 프로그램

## IV. 실험 환경 및 결과

본 논문에서는 긴급메시지를 전송하기 위한 방법으로 방향성을 고려한 DDT, 제안 프로토콜을 비교 분석한다. 긴급메시지 특성상 전송률과 전송 지연이 중요하기 때문에 이를 측정한다. 차량이동 모델은 SUMO(Simulation of Urban MObility)[26]를 이용해서 설계하고, 네트워크 시뮬레이션은 OMNeT++[27]를 사용한다. 아래 표4와 같은 버전을 설치하였다. VANET 시뮬레이션인 veins[28]는 MiXiM(MiXed siMulator)[29]이라는 mobile과 wireless 시뮬레이션을 이용한다. MiXiM은 시뮬레이션 엔진으로 OMNeT++를 사용하고 있다. 그러므로 버전이 다를 경우 제대로 작동하지 않을 가능성이 크다.

시뮬레이션	버전
SUMO	0.15.1
OMNeT++	4.2
veins	2.0

표 4. 시뮬레이션 버전

### 1. 실험 환경

차량 이동 모델은 가장 단순하게 그림13과 같은 1차선의 직선 도로를 사용하였다. 최대 19대의 자동차가 도로를 움직이며, 시뮬레이션 동작 시 하나하나의 차량이 왼쪽에서부터 나온다. 최고 속도를 120km/s로 하였다. 최고 속도로 이동하기까지 일정한 가속도로 움직이며 최고 속도에 이르게 되면 앞 차량이 느리지 않는 한 최고 속도로 이동한다. 모든 차량의 설정이 같기 때문에 똑같이 움직인다.

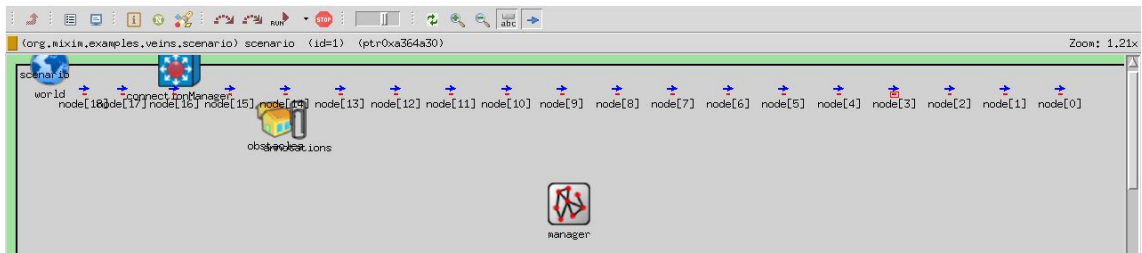


그림 13. 시물레이션

긴급 메시지는 가운데 차량에서 발생하고, 모든 차량은 비컨 메시지를 발생한다. 비컨 메시지는 2초에 하나씩 보내지고, 긴급 메시지는 1초에 하나의 메시지가 보내진다. 그림14는 시물레이션 동안 메시지가 어떻게 보내는지를 보여 주는 sequence chart이다. 소스노드로부터 가장 멀리 있는 노드가 메시지를 재전송하고 있다. 긴급 메시지를 보내는 채널은 각 차량에 따라 SCH1, SCH2, SCH3을 할당 했으며, 받는 채널은 SCH4로 통일 한다. 비컨 메시지는 CCH를 통해 보내고 받는다. 실험 파라미터는 다음 표5와 같다.

파라미터	값
시물레이션 시간	1000s
시물레이션 공간	5000m X 5000m X 50m
차량의 수	최대 19대
차량의 속도	최고 120km/s
WAVE header length	256 bit
비컨(beacon) 주기	2 s
비컨 우선권	1
데이터(data) 메시지 주기	1 s
데이터 우선권	1
carrierFrequency	5.890.e9 Hz
txPower	20 mW
bitrate	18 Mbps

표 5. 실험 파라미터

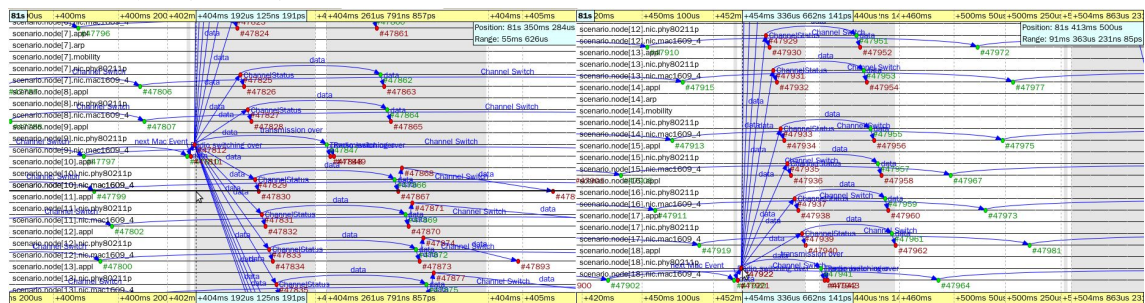


그림 14. 데이터 메시지 Sequence Chart

## 2. 실험 결과

지연 시간은 소스노드가 메시지를 보내고 받는 시간으로 한다. 밀도는 메시지 최대 전파 범위에 있는 차량으로 한다. 여기서는 자동차가 이동하면서 일정 간격을 유지하기 때문에 최대 전파 범위에는 최대 18대의 이웃 차량이 존재한다. 그러므로 밀도가 2이면 소스차량 앞과 뒤에 총 2대의 차량이 존재한다. 밀도가 18이라면 9번째 노드에서 긴급 메시지를 보내게 되고, 소스차량 앞과 뒤에 총 18대의 차량이 존재한다.

그림15는 지연시간을 보여준다. 방향이 적용된 DDT를 directionDDT라고 하고 각 차량 당 최대 전송 범위 안의 차량밀도와 거리, 방향을 적용한 방법을 myDensityDirection이라고 한다. 그리고 메시지를 보낼 때 소스차량의 밀도를 기록하여 보내면 수신한 차량은 이를 이용하게 되는데, 이때 소스차량 밀도와 거리, 방향을 적용한 방법을 senderDensityDirection이라고 한다.

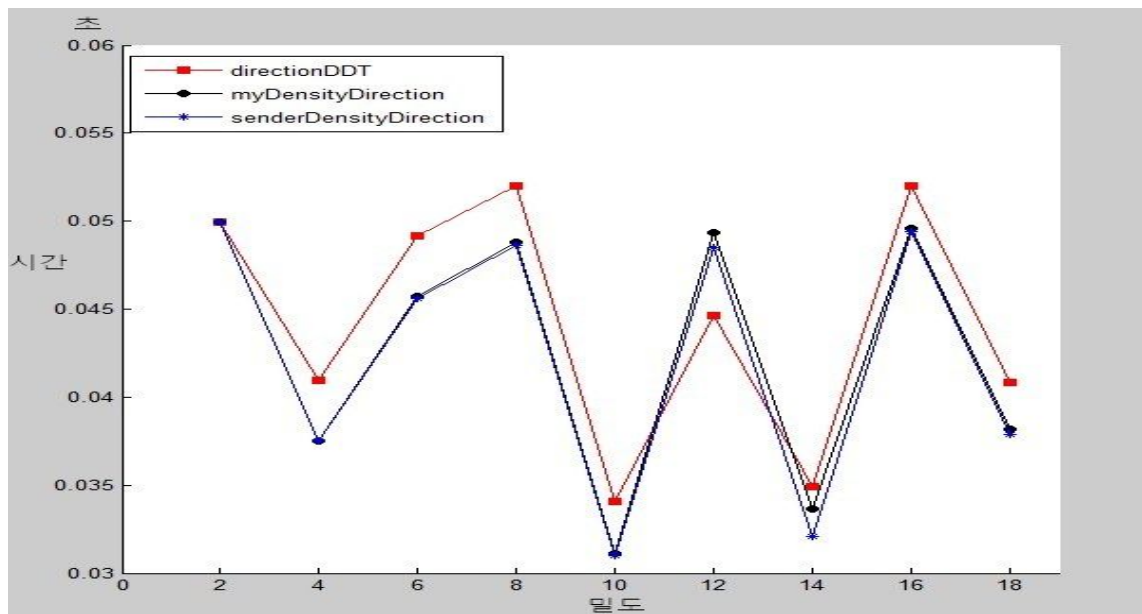


그림 15. 지연시간

거리만을 적용한 directionDDT 보다는 거리와 밀도를 적용한 방법이 대체 적으로 낮은 지연 시간을 갖는다. 하지만 지연 시간은 별 차이가 없는 것처럼 보인다. 이는 거리가 지연 시간을 결정하는데 결정적인 역할을 하기 때문이다. 지연 시간을 계산하는데 EDCA[31]를 이용한다. EDCA는 최대 1023~ 최소 15의 값을

가질 수 있으며 1023을 거리와 밀도를 고려하여 소스노드로부터 가장 멀리 있는 노드를 결정할 수 있게 최소의 값을 갖게 해야 한다. 그 결과 소스 차량은 그림 16과 같은 지연 시간으로 메시지를 받게 된다.

그림 16은 시뮬레이션 시간 동안 수신하는 지연 시간을 보여 준다. 처음에 메시지를 수신할 때에는 소스차량 바로 뒤에 있는 차량이 메시지를 재전송 하므로 비교적 긴 지연 시간을 갖지만 차량이 생성되어 후방 차량이 늘어날수록 거리가 멀어지기 때문에 메시지 지연 시간이 줄어드는 것을 확인 할 수 있다.

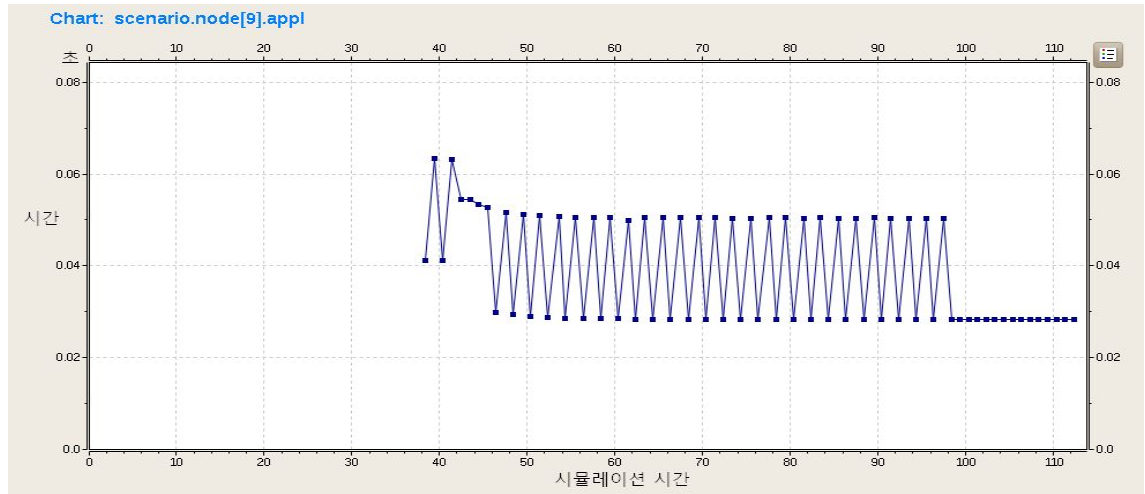
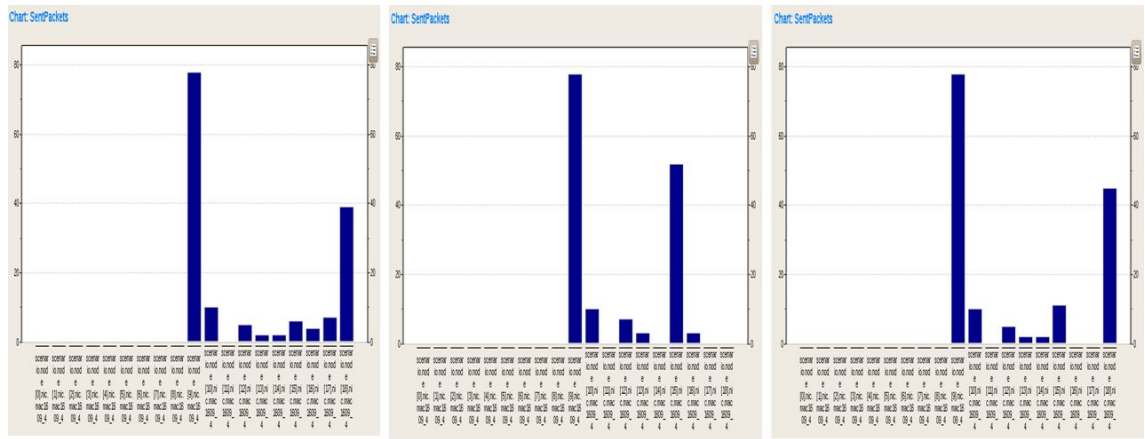


그림 16. 시뮬레이션 시간 동안의 지연 시간

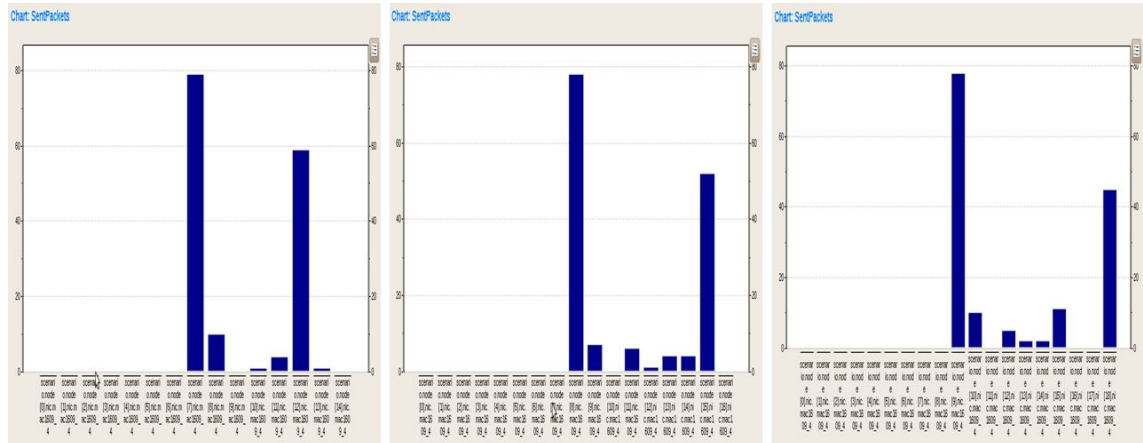


(a) directionDDT                      (b) myDensityDirection                      (c) senderDensityDirection

그림 17. 전송 메시지의 수

그림 17은 어떤 차량에서 메시지를 보내는지 보여주고 있다. directionDDT와

senderDensityDirection은 소스노드에서 가장 멀리 있는 노드가 메시지를 재전송 하지만 myDensityDirection은 중간 부분에서 메시지를 재전송하고 있다. 이는 자신의 밀도가 지연시간을 정하는 데에 크게 영향을 주었기 때문이다. 중간에 있는 노드는 주위에 차량이 많기 때문에 상대적으로 다른 노드에 비해 영향을 많이 받았다.



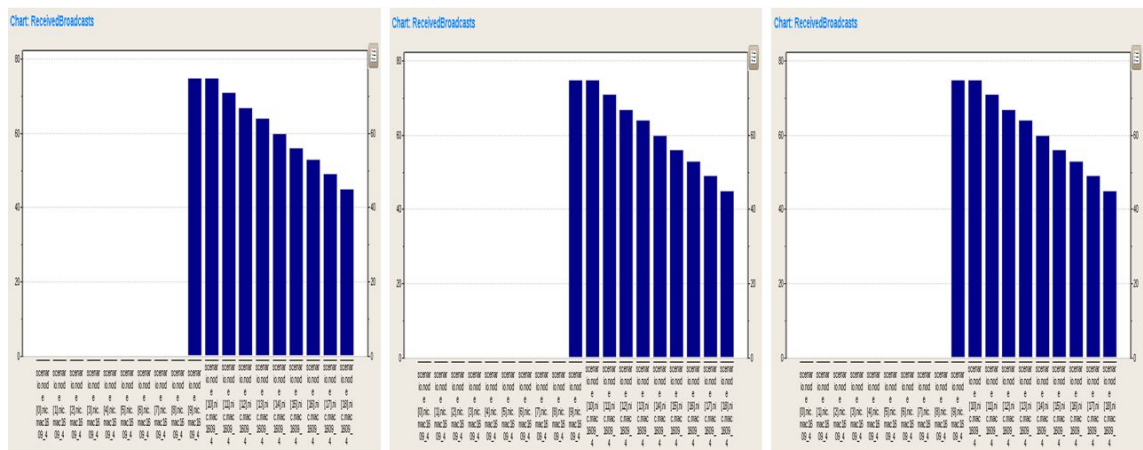
(a) 밀도 14

(b) 밀도 16

(c) 밀도 18

그림 18. 밀도에 따른 senderDensityDirection의 전송 메시지 수

그림 18은 senderDensityDirection에서의 밀도에 따른 전송 메시지 수를 보여주고 있다. 비교적 안정적으로 소스노드로부터 멀리 있는 노드가 선정되고 있다. 좀 더 가장 자리에 있는 노드가 재전송하기 위해서는 거리와 밀도의 조합을 조화시켜야 한다.



(a) directionDDT

(b) myDensityDirection

(c) senderDensityDirection

그림 19. 수신 받은 메시지의 수



그림 19은 수신 받은 메시지의 수를 보여주고 있다. 소스노드의 최대 전송 범위에 있는 차량만이 재전송하기 때문에 메시지를 수신하는데 문제가 발생하지 않으면 2번은 메시지를 수신 받을 수 있다. 그래프가 기울어져 있는데 그 이유는 소스노드의 후방 차량은 시뮬레이션 동안 생성되면서 메시지를 받기 때문이다. 그래서 메시지를 상대적으로 적게 받은 것처럼 그래프가 그려졌다.

## V. 결론

교통안전통신을 통해 사고예방을 하기 위해 긴급메시지에서 가장 필요로 하는 것이 짧은 지연 시간과 메시지 수신율이다. 이를 만족하기 위해 차량 간 거리, 주변 차량의 밀도 그리고 메시지의 방향성을 고려하는 릴레이 노드를 선정하여 긴급 메시지를 보내게 했다.

본 논문에서는 CCH 채널을 이용한 비컨 메시지를 통해서 주변 차량의 밀도정도를 수집하였다. 그리고 긴급 메시지 전송 시 SCH 채널을 이용하여 메시지를 보낸다. 긴급 메시지를 처음 송신한 차량의 앞 차량으로 멀티-홉의 긴급 메시지 전파는 무의미하므로 앞 차량은 메시지는 수신하되 메시지를 전파하지 않고 후방의 차량만이 메시지를 전파할 수 있는 릴레이 노드가 될 수 있도록 하였다.

기존 DDT에서는 거리만을 고려하여 지연 시간을 구하지만, 제안한 방법에서는 거리 뿐 아니라 밀도, 방향을 고려하였다. 그 결과 한 홉 안에서 메시지 지연 시간은 0.055~0.03초 사이의 비슷한 짧은 결과 값을 얻었다. 하지만 거리와 밀도라는 2개의 변수를 사용하기 때문에 차량 밀도와 같은 환경 변화에 적응하여 약간 더 좋은 결과를 얻을 있었다. 지연 시간을 구하는 데에 거리와 밀도를 적절히 조화 시킨다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이라고 생각된다. 그리고 기존 DDT에서는 사방으로 멀티-홉으로 긴급 메시지를 전파하지만 제안한 방법에서는 불필요하게 긴급 메시지를 전방에 멀티-홉으로 전파하지 못하게 제한하였다. 혹시 필요하다면, 반대로 후방이 아닌 전방으로만 메시지를 전파할 수 있다.

향후 연구과제로는 긴급메시지 전파 시 긴급 메시지를 받아야 할 노드가 홉 밖에 위치하여, 1초 이내의 짧은 시간 동안 긴급 메시지를 수신 받지 못할 경우가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 store and forward 방식을 이용하여 긴급메시지를 전파할 필요성이 있다.

## 참고문헌

- [1] 박유환, "교통안전통신에서 Busy tone 을 적용한 멀티 홉 브로드캐스트", 학위논문(석사), 2009년
- [2] 변정식, "차량 간 에드혹 네트워크에서의 네트워크 단절 개선기법 연구", 학위논문(석사), 2007년
- [3] M-T. Sun, W-C. Feng, T-H. Lai, K. Yamada, and H. Okada, "GPS-Based Message Broadcast for Adaptive Inter-vehicle Communications," in Proc. VTC 2000, pp. 2685-2692, Sep. 2000.
- [4] 김현숙, "차량간 무선 멀티홉 브로드캐스팅에서 긴급메시지 전송을 위한 효과적인 중계노드 선정기법", 한국컴퓨터종합학술대회, 논문집 Vol.37, No.1(D), 2010년
- [5] 정태환, "VANET환경에서 위치정보를 이용하는 하이브리드 라우팅 방법에 관한 연구", 학위논문(석사), 2009년
- [6] 안도식, "VANET에서 교통 상황을 고려한 신뢰성 있는 메시지 전송기법", 학위논문(석사), 2010년
- [7] 이호균, 강동성, "V2V 프로토콜에서 실시간 전송을 위한 거리 및 확률 기반의 동적 CW 할당 기법", 공학석사학위논문, 2011.6월
- [8] 장정아, 조한벽, 김현숙, "모의 실험을 이용한 WAVE기반 고속도로 차량 정보 전송간격 결정 모델 연구", 한국ITS학회논문지, 논문집 제9권 제4호, 2010.8월
- [9][http://cseric.or.kr/new\\_Cseric/yungoostep/content.asp?idx=821&page=5&startpage=820&startpage\\_view=819](http://cseric.or.kr/new_Cseric/yungoostep/content.asp?idx=821&page=5&startpage=820&startpage_view=819)
- [10] 김태환, "지능형 자동차를 위한 원격제어 모델 및 메시지 전파 프로토콜", 학위논문(박사), 2007년
- [11] 한인성, "MANET에서 서비스 발견 및 전달을 위한 오버레이 네트워크 기반의 T-Chord 링 시스템", 학위논문(박사), 2009년
- [12] S.Biswas,R.Tatchikou,and F.Dion,"Vehicle-to-vehicle wireless

- communication protocols for enhancing highway traffic safety," *IEEE Communications Magazine*, Vol.44, No1, pp.74-82, Jan.2006.
- [13] S.Biswas, R.Tatchikou, and F.Dion, "Vehicle-to-vehicle wireless communication protocols for enhancing highway traffic safety," *IEEE Communications Magazine*, Vol.44, No1, pp.74-82, Jan.2006.
- [14] K.Tokuda, M.Akiyama, and H.Fujii, "DOLPHIN for inter-vehicle communications system," *Proceedings of the IEEE 2000 Intelligent Vehicles Symposium, IVS2000*, pp.504-509, Oct.2000.
- [15] S.Ni, et al., "The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network," *In Proc. of the ACM/ IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM)*, pp.151-162, 1999.
- [16] H.Alshaer and E.Horlait, "An optimized adaptive broadcast scheme for inter-vehicle communication," *2005 IEEE 61st Vehicular Technology Conference, VTC2005-Spring*, Vol.5, pp.2840-2844, May 2005.
- [17] K.Gokhan, E.Eylem, O.Fusun, and O.Umit, "Urban multi-hop broadcast protocol for inter-vehicle communications systems," *Proceedings of First ACM Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET2004)*, pp.76-85, Oct.2004.
- [18] S.H.Kim and Y.B.Ko, "An efficient neighbor knowledge based broadcasting for mobile ad hoc networks," *LNCS*, Vol. 3992, Springer-Verlog, pp.1097-1100, May.2006.
- [19] M.Durresi, A.Durresi, and L.Barolli, "Optimized geographical routing protocol for inter-vehicle communications," *2005 IEEE 25th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, pp.749-755, June 2005.
- [20] M.Durresi, A.Durresi, and L.Barolli, "Sensor inter-vehicle communication for safer highways," *19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA2005*, Vol.2, pp.599-604, Mar.2005.
- [21] R.A.Santos, R.M.Edwards, and A.Edwards, "Cluster-based location routing algorithm for vehicle-to-vehicle communication," *2004 IEEE Radio*

andWirelessConference,pp.39-42,Sep.2004.

[22] L.Briesemeister,and G.Hommel,“Role-based multicastin highly mobilebut sparsely connected ad hoc networks,” Mobile and Ad Hoc Networking and Computing,2000.MobiHOC.2000FirstAnnualWorkshop,pp.45-50,Aug.2000.

[23] B.Abderrahim, “Optimized dissemination of alarm messages in vehicular ad-hoc networks (VANET),”7th IEEE InternationalConference on High SpeedNetworksandMultimediaCommunications.HSNMC2004,LNCSVol. 3079,pp. 655-666,2004

[24] S.D. YuandG.W.Cho,“Aeffectivemessagefloodingmethodforvehiclesafety communication,”LNCS,Vol.4159,Springer-Verlog,pp.219-228,May.2006.

[25] 박상현, “VANET에서 적정 전송속도를 지원하는 MAC 설계”, 학위논문(박사), 2009년

[26] [http://sourceforge.net/apps/mediawiki/sumo/index.php?title=Main\\_Page](http://sourceforge.net/apps/mediawiki/sumo/index.php?title=Main_Page)

[27] <http://www.omnetpp.org/>

[28] <http://veins.car2x.org/>

[29] <http://mixim.sourceforge.net/index.html>

[30] 안상현, 임유진, “차량 애드혹 네트워크에서 차량 자체 정보를 기반으로 한 클러스터링 기법”, 정보처리학회지, c18권 6호, 2011년

[31] Sun Xia, “차량 애드혹 네트워크에서 처리량 향상을 위한 경쟁 기반 채널 접근 알고리즘”, 학위논문(석사), 2010년