creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 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

dCollection

[UCI]I804:24011-200000237827

2009년 2월
석사학위 논문

차량간 통신에서의 D-ODAM 프로토콜에 대한 연구

조선대학교 대학원

컴퓨터공학과

오 상 규

차량간 통신에서의 D-ODAM 프로토콜에 대한 연구

D-ODAM (Delay-tolerant ODAM) in VANETs

2009년 2월 25일

조선대학교 대학원

컴퓨터공학과

오 상 규

차량간 통신에서의 D-ODAM 프로토콜에 대한 연구

지도교수 신 석 주

이 논문을 컴퓨터공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2009년 2월 25일

조선대학교 대학원

컴퓨터공학과

오 상 규

오상규의 석사학위 논문을 인준함

심사 위원장 조선대학교 교수 모상만

심 사 위 원 조선대학교 교수 강문수

심 사 위 원 조선대학교 교수 신석주

2009년 2월 25일

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT vi
제1장. 서 론 1
제2장. 관련 연구 5
제1절. MANET 라우팅 프로토콜 5
제2절. VANET 라우팅 프로토콜 6
제3장. D-ODAM 라우팅 프로토콜 11
제1절. ODAM 1
제2절. D-ODAM의 제안 12
제3절. D-ODAM의 수학적 모델링 20
제4장. 성능 평가 22
제1절. 시뮬레이션 환경 22
1. 고속도로에서의 차량 이동성 모델링 22
2. 시뮬레이션 환경 23
3. 시뮬레이션 시나리오 26
제2절. 시뮬레이션 결과 및 분석 28
제5장. 결 론 33
참고 문헌 34

그 림 목 차

그림 1. 미래의 차량 간 통신 시스템 ····· 3
그림 2. 애드 혹 네트워크에서의 멀티 홉 통신 ····· 5
그림 3. VANET에서 가능한 3가지 아키텍쳐 ····· 7
그림 4. 차량의 OBU와 고정 인프라 시설과의 통신 시스템 ····· 8
그림 5. 차량 밀집도에 따른 토폴로지의 종류 ····· 13
그림 6. 주기적인 전파 메시지 ····· 14
그림 7. 위치 정보를 갖는 Hello 패킷 구성 ····· 15
그림 8. 차량 사고시 EWM 메시지의 전파 순서 ····· 17
그림 9. D-ODAM에서의 RN간의 거리 계산 알고리즘 ····· 18
그림 10. D-ODAM 브로드캐스팅 알고리즘 ····· 19
그림 11. ODAM과 D-ODAM에서의 EWM 메시지 재전송시간 ····· 21
그림 12. IEEE 802.11p의 채널 코디네이션 ····· 24
그림 13. 지역 범위 내에 EWM 메시지를 브로드 캐스팅 ····· 27
그림 14. Rate에 따른 지연시간 ····· 29
그림 15. Density에 따른 지연시간 ····· 30
그림 16. Rate에 따른 오버헤드 ····· 31
그림 17. Density에 따른 오버헤드 ····· 32

표 목 차

표 1. IEEE 802.11e EDCA에서의 기본 파라미터 ····· 25
표 2. 시뮬레이션 환경 ····· 26
표 3. EWM 메시지를 수신한 차량의 비율 ····· 28

A B S T R A C T

D-ODAM (Delay-tolerant ODAM) in VANETs

Sang-gyu Oh
Advisor : Prof. Seok-ju Shin, Ph. D.
Department of Computer Engineering
Graduate School of Chosun University

A VANET (Vehicular Ad-hoc Network) is a network which offers direct radio communication between vehicles without any aid of infrastructured networks. It can greatly improve traffic flow through its self-organizing network architecture. High mobility of vehicles, frequent topology change, and congestion of vehicles are some remarkable inherent characteristics of such networks. These inseparable characteristics are the major cause that deteriorates performance of the network.

In this thesis, a delay tolerant distance-based broadcasting protocol is proposed, which can change latency according to circumstance of network topology. This change in latency of a broadcasting packet can be tuned according to distance between relay nodes. Performance evaluation shows that the proposed D-ODAM has low packet delivery delay compared to other protocol. Hence, this algorithm can be easily applied to applications which seek communication for emergency message delivery in highway environment.

제1장 서 론

고속으로 운행 중인 차량들의 흐름 속에서 갑작스런 상황에 사고를 당하거나 크게 놀라는 경험들은 대부분 한번쯤은 겪어 보았을 것이다. 이때 긴급한 상황에 처한 차량이 주변 차량들에게 유효적절하게 알려주는 수단이 제공된다면 교통안전에 큰 도움이 될 것이다. 특히 자연적인 요인이나 지형적인 요인으로 말미암아 운전자의 시야를 충분히 확보할 수 없는 없는 상황에서 운전자가 미리 전방 정보를 제공 받을 수 있다면, 교통사고 발생률은 상당량 줄어들 것이다.

많은 자동차 제조사들이 보다 안전한 차량의 운행조건을 제공하기 위하여 천문학적인 연구비를 투자하여 다양한 위험요소로부터 탑승자를 보호하기 위해서 노력하고 있다. 그 결과로 충돌사고에 대비한 안전 기술들과 사고상황 회피기술들이 다수 개발되었지만, 단일 차량의 관점에서 차량 혹은 탑승자를 보호하는 피동적인 특성을 가지며 운행 중인 다수의 차량들 사이에 교통사고 발생 가능성을 줄이는 노력에는 부분적인 기여에 머물고 있다.

현재의 교통사고의 대부분은 운전자가 주위에서 발생하는 긴박한 운행상황을 빠르고 올바르게 알아내지 못했을 때 대부분 발생하는 것으로 알려져 있다. 차량을 운행하는 상황에서 운전자는 교통 신호, 도로의 상태, 주변 차량들의 속도나 위치 등의 운전에 필요한 정보를 명확하게 인지하지 못한 상태에서 브레이크를 밟거나 차선을 변경하는 등의 차량 조작 결정을 내리고 있다. 최근 일상생활에서 범용적으로 사용되고 있는 무선통신 기술이 이러한 운행환경 정보의 부재 상황을 보조하기 위한 유용한 수단으로 인식되고 있다. 차량에 부가 통신장치들을 적용한 지능형 교통시스템 인프라를 이용하여 교통 정보 획득과 주변 차량 사이에서의 정보교환을 통해 불완전한 정보요소들을 보충하는 ‘차량안전통

신(Vehicle Safety Communication: VSC)'에 대한 관심이 최근 크게 각광을 받고 있다[1].

차량안전 통신 기법은 고속 이동 중에도 차량에 긴박한 충돌이나 위험한 전방 상황을 예보하고 위험 요소를 경고하며, 주변 차량들과 주변 도로에 대한 실시간 정보를 제공함으로 운전자에게 미리 교통사고를 회피할 수 있는 가능성을 높이는데 목적이 있다. 이를 구현하는 형태는 긴급메시지 전달을 위한 차량 대 차량(Vehicle to Vehicle: V2V) 통신과 도로변에 설치된 노변 기지국을 통해서 다량의 정보를 제공하는 차량 대 인프라(Vehicle to Infrastructure: V2I) 통신으로 크게 두가지로 구분된다. V2V 통신에서 수집된 정보는 V2I 통신을 이용하여 지능형 교통 시스템(Intelligent Transport Systems: ITS)에 통합되어 그 활용도를 높힐 수 있다[2].

이러한 ITS 서비스를 이용하기 위한 차량 간의 통신을 VANET (Vehicular Ad-hoc Network)이라고 하며, 차량 간 무선통신을 기반으로 하는 모바일 애드혹 네트워크(Mobile Ad-hoc Network, MANET)의 한 종류이다. VANET은 도로 주변의 기지국과 같은 기반시설의 도움 없이 차량 간의 자율적인 무선 통신을 통해 임시적인 네트워크 구성이 가능하다. 이를 통해 효율적인 교통흐름제어, 운전자의 안전 및 편의 그리고 자동차의 연비 및 성능 개선을 가져올 수 있다. 따라서 VANET은 지능형 자동차를 위한 ITS (Intelligent Transportation System)의 핵심 기술로 떠오르고 있다[1].

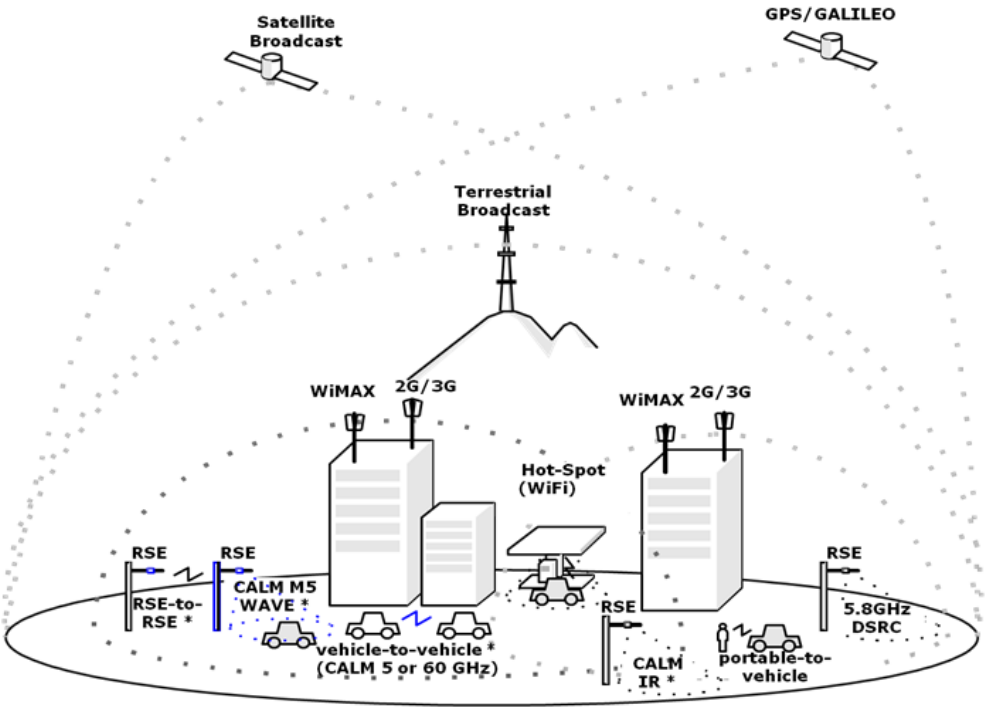


그림 1. 미래의 차량 간 통신 시스템

VANET과 MANET은 기반 네트워크 시설의 도움 없이 이동 노드들 간의 자율적인 네트워크 구성이 가능하다는 공통점을 가진다. 그러나, VANET은 MANET과 달리 노드의 고속이동성, 네트워크 토폴로지의 급변, 차량의 밀집도 등 차량환경 고유의 특징을 가진다. 이러한 특징들은 잦은 네트워크 단절(Network Fragmentation), 짧은 링크 생존시간 (Link Life Time), 낮은 패킷 도착률(Packet Derivery Ratio), 라디오 간섭 (Radio Interference) 등의 문제를 가져온다. 이러한 이유들로 인하여, 기존의 MANET 환경을 위한 라우팅 기법과 브로드캐스팅 프로토콜을 VANET에 그 대로 적용하기 어렵다.

VANET의 궁극적 목적은 차량과 운전자의 안전성 개선이라 할 수 있다. 이를 위해서는 신속하고 정확하게 위험 상황을 위험지역 내에 있는 차량에 알려 사전에 위험에 대처할 수 있도록 해야 한다. 특히, 다수의 차량에게 긴급경고메시지(Emergency Warning

Message, EWM)를 전달할 수 있는 방법으로 브로드캐스트 방식이 효과적이라 할 수 있다. 브로드캐스트는 송신노드가 네트워크 내의 모든 노드에게패킷을 전송할 수 있는 방법으로 EWM을 위험지역에 있는 다수의 차량에게 전송할 수 있다. EWM을 브로드캐스트하기 위한 가장 간단한 방법으로 플러딩 (Flooding)을 이용하는 방법들이 많이 제안되어 왔다. 그러나 차량의 밀집도와 이동성이 높은 VANET 환경에서는 급격한 대역폭 낭비와 전송지연시간 증가 등으로 인한 성능 저하를 가져온다. 본 논문에서는 차량 간 무선통신 환경을 고려하여 VANET 환경에 적합한 적응형 거리기반 알고리즘을 통한 EWM 브로드캐스팅 알고리즘을 제안하기 위한 관련연구와 아이디어를 제안하고자 한다. 제안하는 브로드캐스팅 알고리즘은 차량의 위치를 기반으로 하여 EWM을 전파함으로써 EWM 전송지연 시간과 네트워크 부하를 낮출 수 있도록 할 것이다. 또한, 토폴로지 변화가 빈번한 차량환경에서도 안정된 성능을 가질 수 있도록 할 것이다. 2장에서는 MANET과 VANET환경에서의 브로드캐스트를 위한 관련연구들을 소개한다. 3장에서는 본 논문의 기반이 되는 ODAM 브로드캐스팅 기법을 소개하고, 기존의 ODAM의 단점인 차량 밀집도가 낮을 때의 높은 지연시간을 보완한 D-ODAM (Delay-tolerant ODAM)을 제안하고, 4장에서는 제안한 D-ODAM을 Qualnet 4.5를 이용한 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺고 차후 연구과제에 대해서 서술하였다.

제2장 관련 연구

제1절 MANET 라우팅 프로토콜

모바일 애드혹 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 크게 두 가지로 나뉘는데 하나는 사전 대응 (proactive 혹은 table-driven) 라우팅 방식, 다른 하나는 사후 대응(reactive 혹은 on-demand) 라우팅 방식으로 분류할 수 있다[2].

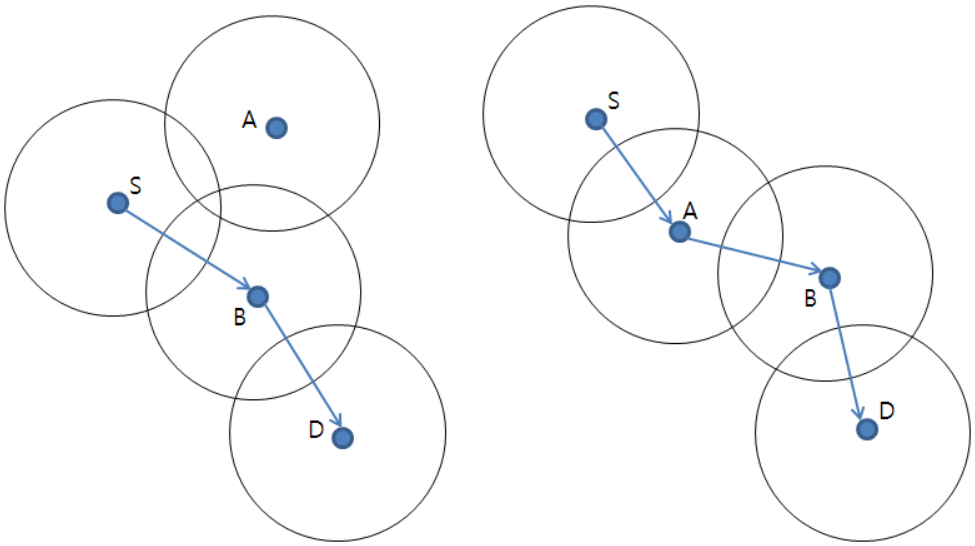


그림 5. 애드혹 네트워크에서의 멀티 홉 통신

사전 대응 라우팅 방식[2]은 최단거리 탐색 방법인 Bellman-Ford[3] 알고리즘을 애드혹 네트워크에 적용한 방식으로, 애드혹 네트워크 내의 각 노드는 네트워크 상의 모든 도달 가능한 노드들까지의 라우팅 정보를 자신의 라우팅 테이블에 기록한다. 컨트롤 메시지의 주기적인 교환을 통해 전체의 라우팅 테이블을 유지하는 방식이며, 라우팅 정보를 항상 최신의 것으로 유지하는데 이를 위

하여 각 노드들이 주기적으로 라우팅 정보를 갱신하거나 네트워크의 토폴로지의 변경이 있을 때마다 네트워크 전체로 변경 정보를 전파시켜 자신의 라우팅 정보를 변경하게 한다. 따라서 proactive 방식에서의 각 노드들은 항상 최신의 완성된 네트워크 토폴로지 정보를 가지고 있으며 이를 토대로 신속하게 목적지에 이르는 최적의 경로를 즉시 찾아서 정보를 전달할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 토폴로지 변화가 빈번할 경우 그만큼 많은 양의 컨트롤 메시지를 발생시키며 변경된 라우팅 정보를 전체 네트워크에 전달하기 때문에 부하가 크다는 단점을 가진다. 사전 대응 방식의 라우팅 프로토콜로는 DSDV, TBRPF, OLSR 등이 있다.

사후 대응 라우팅 방식[2]은 전송할 패킷이 있을 때 경로를 찾아 설정하는 방법으로서 proactive 방식에서의 빈번한 갱신 부하를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 라우팅 정보는 경로 상의 각 노드에 저장되고 일정 시간 동안 사용되지 않은 경로는 테이블에서 삭제된다. Reactive 방식은 트래픽이 발생하는 시점에서 경로 탐색을 수행하기 때문에 proactive 방식에서 발생하는 제어 메시지 오버헤드 문제를 해결함으로써 네트워크 전체의 부하를 경감시킨다. 그러나 이러한 요구 기반 방식(on-demand)의 라우팅 프로토콜에서는 초기 경로 탐색에 따른 지연이 발생한다. 그럼에도 불구하고 proactive 방식보다 이동에 적합한 형태를 띠고 있기 때문에 애드혹 네트워크에 가장 적합한 방식으로 알려져 있다. 이 방식에 속하는 라우팅 프로토콜로는 DSR, AODV, TORA 등이 있다.

제2절 VANET 라우팅 프로토콜

MANET과 VANET의 공통점은 기지국이나 액세스 포인트(AccessPoint, AP)와 같은 고정된 기반시설을 사용하지 않고 노드들에 의해 자율적으로 구성되는 네트워크를 사용

한다는 것이다[4].

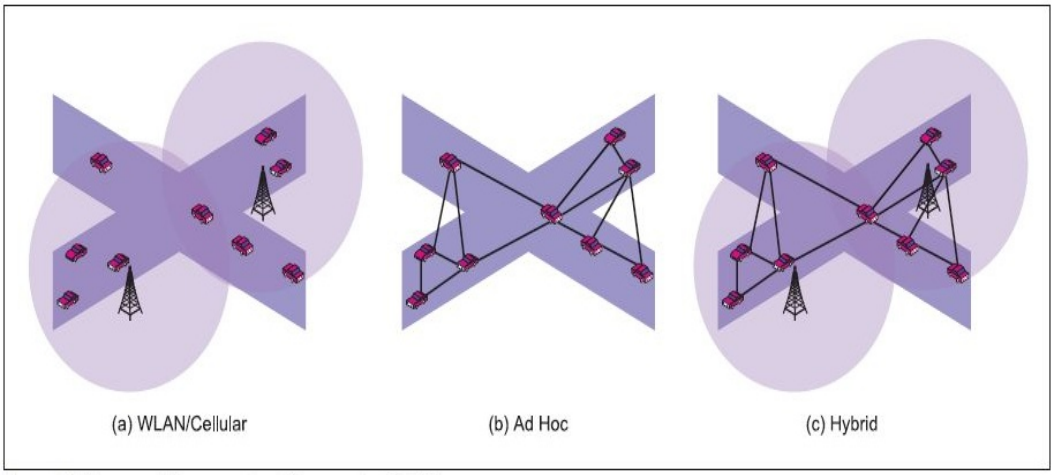


그림 3. VANET에서 가능한 3가지 아키텍쳐

그림 3에서는 VANET에서 가능한 세가지 그림 3.(a)와 같이 차량 간 통신에서는 IEEE 802.11를 이용한 WLAN과 셀룰러 망(Cellular)를 이용한 통신 아키텍쳐를 사용할 수 있고, 그림 3.(b)와 같이 고정 기반 시설을 이용하지 않고 차량간의 통신으로만 이루어지는 애드 혹 아키텍쳐가 있으며, 그림 3.(c)와 같이 고정 기반시설을 이용하면서 차량 간에도 통신을 하는 하이브리드 아키텍쳐가 있다. 즉 VANET에서는 차량과 차량사이의 통신(Car to Car: C2C)과 차량과 인프라 시설과의 통신(Car-to-Infrastructure: C2I)로 구분할 수 있고, 이 두 가지를 동시에 사용하는 하이브리드 아키텍쳐로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 애드 혹 네트워크를 사용하여 차량 간에 통신을 하는 애드 혹 기반의 VANET에 초점을 두었다.

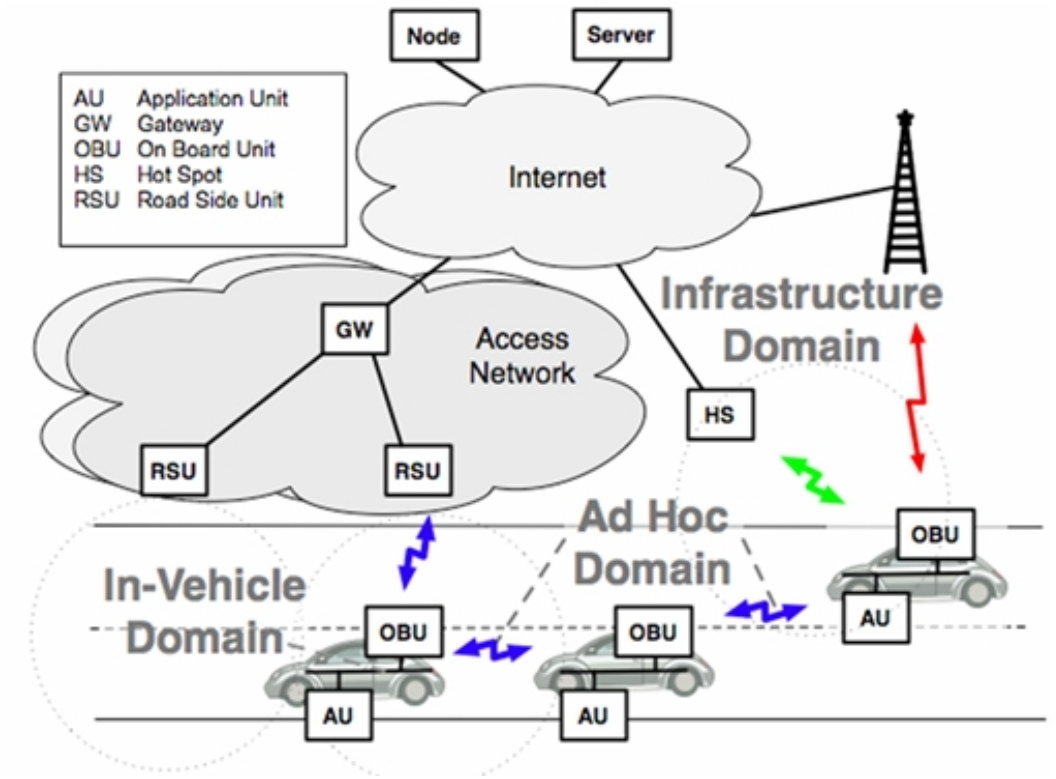


그림 4. 차량의 OBU와 고정 인프라 시설과의 통신 시스템

차량간 통신에 있어서 애드 혹 모드를 이용하기 위해서는 그림 4과 같이 차량에 OBU (On Board Unit)와 차량에 내장된 OBU를 이용하여 운전자가 사용할 수 있는 애플리케이션 프로그램인 AU (Application Unit)가 있어야 한다.

MANET과 비교하여 VANET의 가장 큰 특징은 노드의 고속이동성, 네트워크 토폴로지의 급변, 차량의 고밀집도라고 할 수 있다.

VANET에서 나타나는 특징 중 노드의 고속이동성, 네트워크 토폴로지의 빈번한 변화, 노드의 고밀도, 짧은 링크 생존 주기 등으로 인해 MANET의 네트워크 토폴로지 기반 프로토콜을 VANET에 그대로 적용할 수는 없다.

따라서, MANET 환경을 위한 프로토콜들은 VANET환경에 적합하지 않다. VANET의 궁극적 목적은 차량 간의 무선통신을 통해 운전자의 안전을 개선하는 것이다. 응급상황

이 발생한 차량이 이웃한 다수의 차량들에게 EWM을 전파 할 수 있는 효과적인 방법으로 브로드캐스팅 프로토콜이 사용 될 수 있다. 유니캐스트(Unicast)나 멀티캐스트(Multicast)방식의 경우 EWM 발생 시 사전에 EWM 수신 노드를 알 수 없기 때문에 VANET을 위한 EWM 전파 방법으로 사용하기 어렵다.

브로드캐스팅은 주로 유니캐스트를 위한 경로 발견(Route Discovery)메커니즘으로 사용되며, 플러딩(Flooding)을 통해 쉽게 구현 가능하다. 또한 플러딩은 구현이 간단하여 이동환경에도 좋은 메시지 도달성(Reachability)을 보인다. 반면, 네트워크 내의 모든 노드들이 메시지 재전송에 참여하기 때문에 플러딩은 브로드 캐스팅 방식에서 메시지의 중복(Redundancy), 경쟁(Contention), 충돌(Collision)등의 많은 오버헤드를 갖는다. 특히, 네트워크 내의 노드 수가 증가함에 따라 대역폭과 전송지연시간 등의 네트워크 부하가 급격히 증가하는 단점을 가진다. VANET을 위한 여러 브로드캐스팅 알고리즘들이 제안되었다.

대부분의 프로토콜은 네트워크 내의 모든 차량들이 GPS(Global Positioning System)와 같은 장치를 사용하여 차량의 위치정보를 브로드캐스팅에 사용하였다. 크게 플러딩, 거리 기반 브로드캐스트, 테이블 기반 브로드캐스트, 클러스터 기반 브로드캐스트로 분류 할 수 있다. 플러딩 기반 브로드캐스팅은 EWM 재전송 노드의 수를 제한하여 네트워크 부하를 줄이는 방법을 제안하였으나 플러딩의 특성으로 인한 네트워크 부하와 전송지연 등의 오버헤드는 크게 개선하지 못하였다.

플러딩 기반 브로드캐스트에는 DOLPHIN, I-IBA 등이 있다. 거리 기반 브로드캐스트 프로토콜은 EWM 송신 노드로부터의 거리를 기반으로 EWM을 수신하지 않은 노드를 가장 많이 커버할 있는 가장자리 노드가 EWM을 브로드캐스팅 하도록 하는 방식이다. 거리 기반 브로드캐스트 프로토콜은 노드의 밀집도가 높을 경우, EWM 전송에 필요한 대역폭과 도착성이 우수하며 낮은 전송지연 시간을 갖기 때문에 이동환경에 적합하다. 하지만, 노드의 밀도가 낮을 경우 EWM 전송지연 시간이 길어지며 네트워크 단절로 인

한 도착성이 떨이 지는 단점을 가진다. 거리 기반 브로드캐스트 프로토콜에는 DDT, RBM, ODAM[3], VCWC 등이 있다.

테이블 기반 브로드캐스트 프로토콜은 각 노드가 이웃 노드들의 위치정보 리스트를 유지하고 이를 통해 EWM 재전송 노드를 선택하는 방식이다. 각 노드의 이웃 노드 리스트 정보는 주기적으로 혹은 EWM 발생 시에 이웃 노드와 질의-응답 메커니즘을 사용하여 제어메시지 교환을 통해 유지 된다. 테이블 기반 브로드캐스트 프로토콜은 플러딩 보다 낮은 오버헤드, 짧은 전송지연 시간, 높은 도착성을 가진다.

하지만 테이블 기반 브로드캐스트 프로토콜은 노드의 이동성 증가에 따라 네트워크 토폴로지가 빈번히 변화할 경우 네트워크 부하뿐만 아니라 전송지연 시간이 증가하는 단점을 가진다. 이것은 노드의 이동성이 증가 할수록 노드간의 제어 메시지 교환 주기가 짧아짐에 따라 대역폭 낭비가 심해지기 때문이다. 테이블 기반 브로드 캐스트 프로토콜에는 TRADE, SDRP, OAPB, UMB 등이 있다.

클러스터 기반 브로드캐스트 프로토콜은 도로를 일정한 영역의 클러스터로 구분하고, 각 클러스터내의 노드들 중 클러스터 헤더를 선정하여 클러스터 헤더를 통해 EWM을 브로드캐스팅 하는 방식이다. 클러스터 기반 브로드캐스트 프로토콜은 네트워크 토폴로지 변화가 작을 때는 낮은 오버헤드, 낮은 전송지연, 높은 도착성을 보인다.

하지만, 노드의 이동성이 커짐에 따라 네트워크 토폴로지 변화가 빈번할 때는 클러스터 멤버 재구성과 클러스터 헤더 선정을 위한 제어메시지의 증가에 따른 오버헤드 때문에 성능이 급격히 감소되는 단점을 가진다. 클러스터 기반 브로드캐스트 프로토콜에는 SIMCOMM, CBLR등이 있다.

제3장 D-ODAM

본 논문에서 제안하는 D-ODAM (Delay-tolerant ODAM)은 기존의 Max_defer_time을 adaptive하게 조정하여, Average Delay를 낮추면서, 기존의 ODAM의 PDR(Packet Delivery Ratio)와 PLR(Packet Loss Ratio)의 장점을 유지하는데 목적이 있다. 또한 제안된 논문에서는 hello 메시지와 ACK 메시지에 차량의 위치와 RN(Relay Node)의 정보를 가지고 있기 때문에 약간의 제어 패킷의 크기가 커지면서 제어 패킷(control packet)의 오버헤드(overhead)가 커지는 단점이 있다.

제1절 ODAM

ODAM (Optimized Dissemination of Alarm Messages)[3]은 GPS를 이용하여 각 노드의 위치를 알 수 있고 각 노드들은 유일한 ID를 가지고 있다. ODAM은 응급 메시지를 전파하기 위해 기본적으로 위치기반과 플러딩 기반의 멀티캐스트 방식을 사용한다. 응급 메시지를 전송받은 노드는 즉시 재전송하는 것이 아니라 소스노드와의 거리를 기반으로 거리에 따른 재전송 시간(defer time)을 계산한다. 거리에 따른 재전송 시간은 응급 메시지를 전파한 노드와 수신노드의 거리가 멀수록 짧은 값을 가지게 된다. 거리에 따른 재전송 시간이 만료된 노드는 다음 응급 메시지 전파를 담당하는 릴레이 노드로 선정된다. 응급 메시지를 두 번 수신한 노드는 자신보다 소스와의 거리가 먼 수신 노드(거리에 따른 재전송 시간이 짧은 노드)가 있는 것을 인식하고 응급 메시지 전파를 중단한다. 이로 인해 노드의 밀도가 높더라도 메시지 중복을 줄일 수 있고 짧은 전파지연 시간에 안정적으로 응급 메시지을 전파할 수 있다. 아래 식 (1)은 ODAM의 거리에 따른 재전송

시간를 구하는 식을 나타낸다. 그리고 ODAM은 위치정보를 이용하여 위험지역을 설정한다. 위험지역은 응급 메시지 전파가 유효한 영역을 나타내며 이 영역 외의 노드들은 응급 메세지 전파에 관여하지 않는다. 이를 통해 불필요한 메시지교환을 방지하고 네트워크 부하를 줄인다.

$$\mathrm{defer_time}(x) = max_defer_time \frac{R^{\epsilon} - D^{\epsilon}}{R^{\epsilon}} \tag{1}$$

$\mathrm{defer_time}(x)$: 예상되는 재전송 시작시간

max_defer_time : 최대 전송 대기 시간

R^{ϵ} : 노드의 전송반경

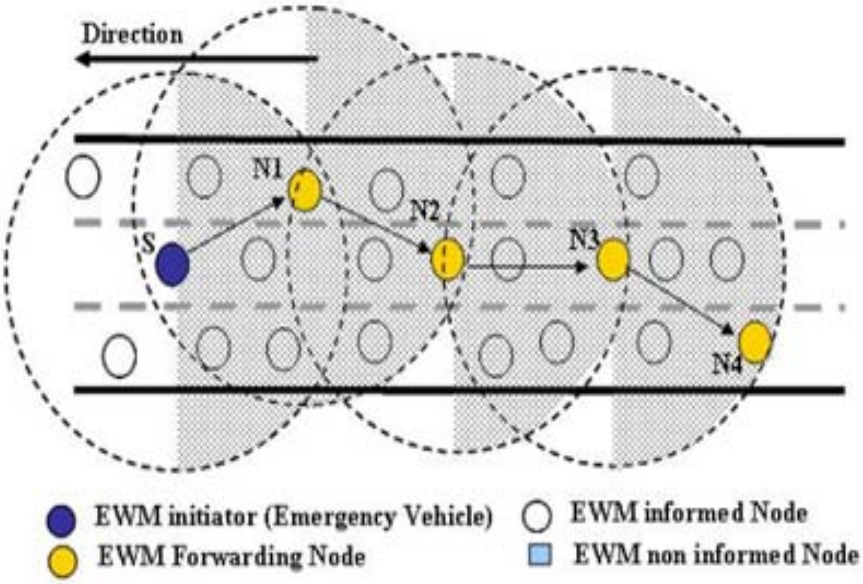
D^{ϵ} : 소스노드와의 거리

$\mathrm{max_defer_time} = propagationtime \times 2$

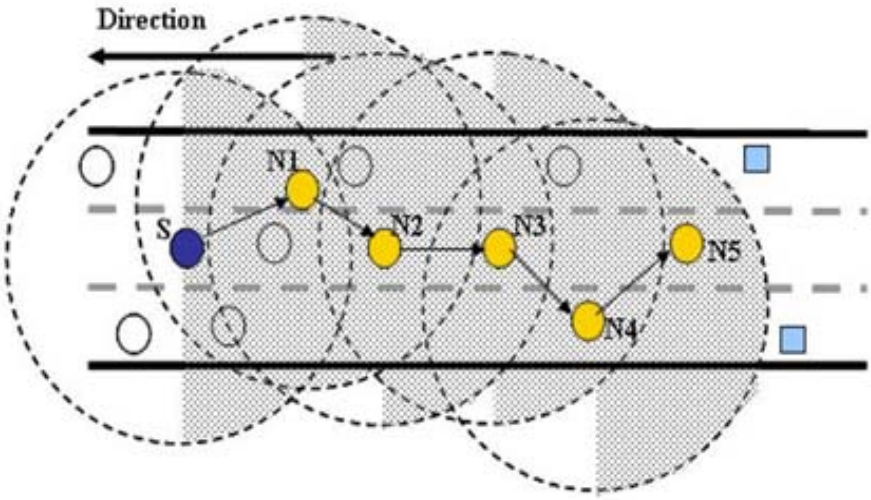
ODAM은 노드의 밀도가 높고 전송반경이 긴 경우(Dense topology case)에는 낮은 네트워크 부하와 높은 응급 메시지 전파율을 나타낸다. 하지만 밀도가 낮고 전송반경이 짧은 경우(Sparse topology case)에는 네트워크 단절이 자주 발생하게 되고 네트워크 단절이 발생한 노드 이후로는 응급 메시지 전파가 불가능 하며 이를 극복할 수 있는 방법이 없다.

제2절 D-ODAM의 제안

하지만 본 논문에서 제안한 D-ODAM은 기존의 ODAM 프로토콜의 시나리오에서 노드간의 밀집도가 낮았을 때 종단간의 지연시간이 길어지는 문제점을 해결하여, 종단간의 지연시간을 줄이기 위해서 RN노드의 차량 간의 거리와 차량의 밀집도(density)에 따라서 $Max_\mathrm{defer_time}$을 적응적으로 변화시키는 D-ODAM(Delay-tolerant ODAM)을 제안하였다.



(a) Dense topology



(b) Sparse topology

그림 5 차량 밀집도에 따른 토폴로지의 종류

그림 5를 보면 그림 5.(a)와 같이 차량 밀집도가 높을 경우에는 4개의 홉을 통하여 응급 메시지가 전달되지만, 그림 5.(b)와 같이 차량 밀집도가 낮은 경우에는 5개의 홉을 통하여 응급 메시지가 전달되어, 응급메시지가 전달되기 위한 홉수가 늘어났고, 또한 전파 지연 시간이 증가된다.

IEEE 802.11e에서 AC[0]에 속하는 차량의 상태(state), 트래픽 상황, 그리고 각 클러스터(cluster)의 클러스터 헤더(Cluster Head: CH)와 클러스터 멤버(Cluster Member: CM)의 위치에 대한 정보를 가지고 있는 주기적인 전송 메시지를 각각 100ms 간격으로 전송한다.

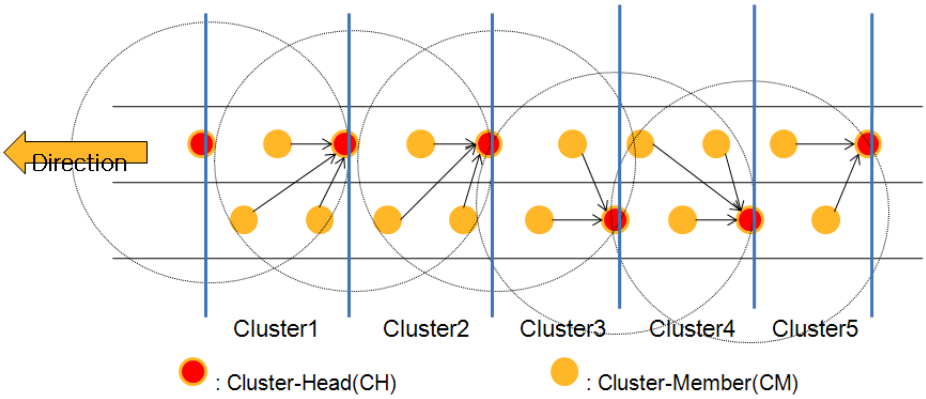


그림 6. 주기적인 전파 메시지

그림 6과 같이 주기적인 메시지를 전파하여 클러스터 라우팅 기법과 같이 RN (Relay Node)가 클러스터 헤드와 같이 동작하고 다른 노드들이 클러스터 멤버와 같은 역할을 하여 하나의 전파범위 안에 있는 노드는 하나의 클러스터와 같이 동작한다

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1					
Type	R	A	Reserved	Prefix Size	Hop Count
This node's IP Address					
This node's lastest Sequence Number					
ALLOWED_HELLO_LOSS*HELLO_INTERVAL					
X					
Y					

그림 7. 위치 정보를 갖는 Hello 패킷 구성

이와 같은 주기적인 메시지는 MANET의 라우팅 프로토콜의 하나인 AODV 프로토콜의 Hello의 메시지의 주기적인 전송의 주기와 같으므로 제 5장에서의 시뮬레이션에서는 AODV 라우팅 프로토콜의 Hello 메시지에 차량의 위치정보를 그림 7과 같이 추가하여 Hello 메시지에 노드의 IP주소와 시퀀스 넘버(sequence number)에 차량의 x좌표와 y좌표를 추가하여, 차량이 자신의 위치 정보를 주위 차량에 알리고, 릴레이 노드(Relay Node: RN)간의 거리를 측정할 수 있도록 하였다.

기존의 Hello 패킷에 위치 정보를 나타내는 X, Y 좌표를 추가하였으여, Type 필드의 값을 5로 설정하였다. 각 노드들은 HELLO_INTERVAL마다 자신의 위치 정보가 포함된 Hello 패킷을 전송함으로써 자신의 존재를 알린다.

제안하는 D-ODAM 프로토콜에서는 EWM (Emergency Warning Message) 메시지의 Max_defer_time을 적응적으로 적용하여, 릴레이 노드간의 거리에 따라서 defer_time을 적응적으로 적용하는 알고리즘을 사용하였으며 알고리즘의 순서는 아래와 같다.

1) 사고차량이 응급메시지를 전송
2) ODAM 기법에 따라서 릴레이 노드 선정
3) 릴레이 노드가 응급메시지를 재전송
4) 릴레이 노드가 ACK 패킷을 이전 릴레이노드에게 전송
   ※ ACK 패킷은 릴레이 노드간의 거리와 차량의 진행 방향에 대한 정보를 포함
5) SN과 PRN (Previous RN)이 다음 릴레이노드로부터 ACK 패킷을 수신받지 못하면, SN이나 PRN은 응급 메시지를 재전송(TTL=3)
6) 릴레이노드는 10초사이의 평균 릴레이 노드사이의 거리를 계산하여, 릴레이 노드간의 거리를 저장하는 테이블에 저장
7) 릴레이노드는 $Max_defer_time(nT)$을 수정
   ※ 릴레이노드는 실제 전송거리는 수정하지 않음
8) 릴레이노드는 수정된 $Max_defer_time(nT)$에 의해서 응급메시지를 전송

.

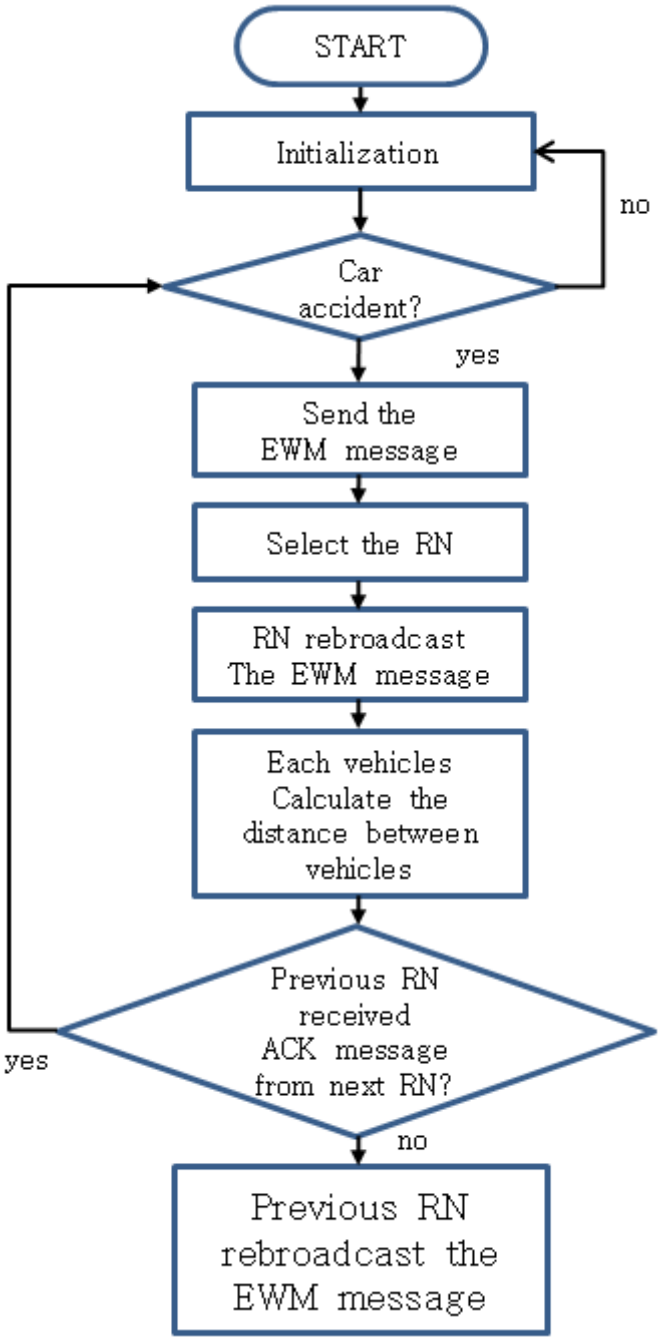


그림 8. 차량 사고시 EWM 메시지의 전파 순서

또한 고속도로에서 차량이 사고가 났을 때 D-ODAM의 알고리즘 순서는 그림 8과 같다

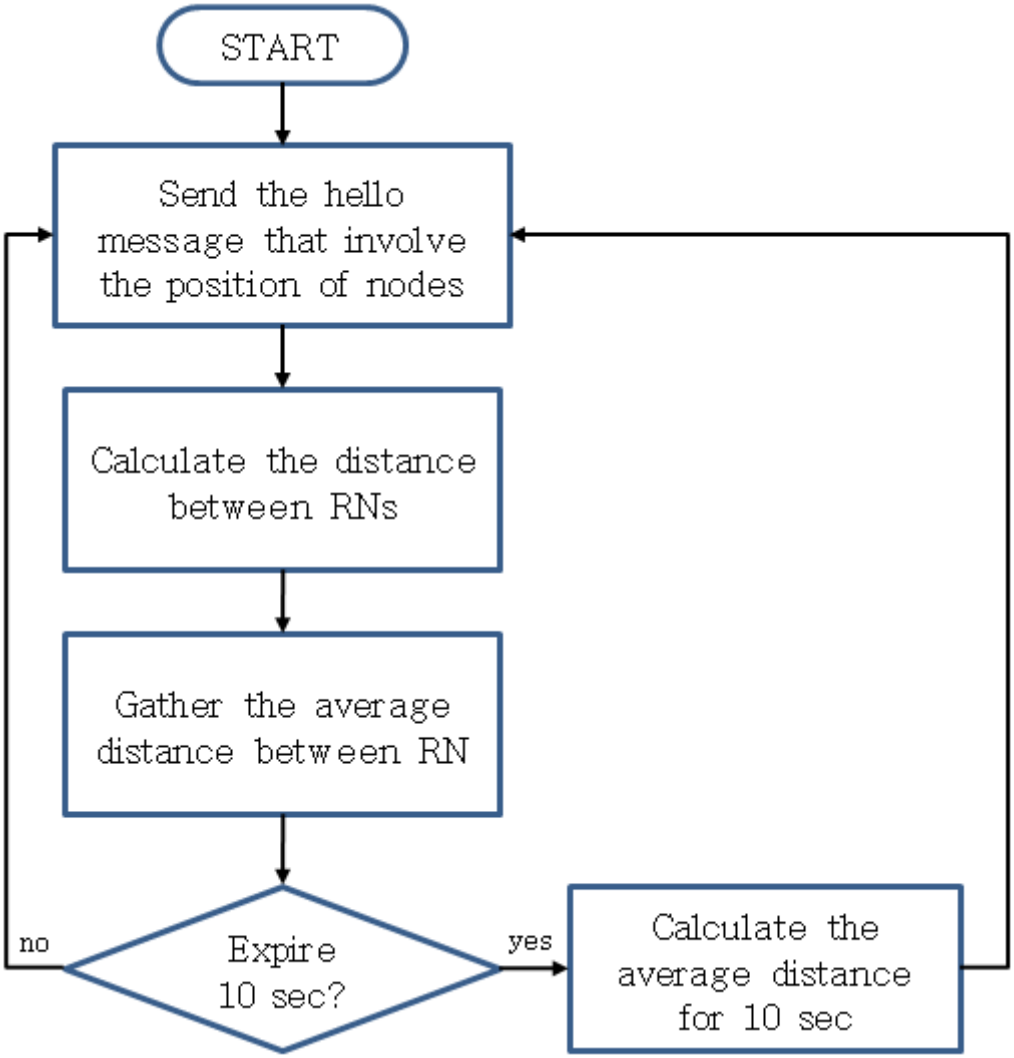


그림 9. D-ODAM에서의 RN간의 거리 계산 알고리즘

그림 9에서와 같이 D-ODAM에서는 Hello 메시지를 통해서 RN 노드사이의 거리를 계산하여 차량안에 있는 RN 거리 테이블에 RN 사이의 거리를 계산한 후에 EWM 메시지를 전파할 때 ODAM과 같이 차량의 최대 전송거리가 아닌

RN사이의 거리를 통해서 대기시간을 조절한다.

```
/* D-ODAM Algorithm */

// Transmit the EWM message
send_ewm_message() {
        if ( car accident ) {
                send the EWM message() {
                        if ( RN received ACK message from next RN ) {
                                //Wait the next accident
                                wait_accident();
                        }
                        // Rebroadcast the ewm message
                        rebroadcast_ewm_message();
                }
        }
}

// Calculate the average distance between RN cars
calculate_rn_distance() {
        // Send the hello message that involve the position of cars
        send_hello_message();
        // Calculate the distance;
        calculate_distance();
        // Gather the average distance between RN
        gather_disance();
        // Calculate the average distance for 10sec
        calculate_average_distance();
}
```

그림 10. D-ODAM 브로드캐스팅 알고리즘

그림 8과 그림 9의 D-ODAM의 알고리즘을 Pesudo 코드로 표현하면 그림

10과 같다.

제3절 D-ODAM의 수학적 모델링

이를 적용하기 위한 수식은 아래의 수식(2)와 수식(3)과 같다

$$AODAM_\mathrm{defer}_time(x) = Max_\mathrm{defer}_time(nT) \times \frac{R^{\epsilon} - D^{\epsilon}}{R^{\epsilon}} \quad (2)$$

$$Max_\mathrm{defer}_time(nT) = \mathrm{max}_\mathrm{defer}_time \times \frac{D_{avg}(nT)}{R_{TR}} \quad (3)$$

$Max_\mathrm{defer}_time(nT)$: n번째 시간에서 주기 T동안의 최대 전송대기 시간

T : max_defer_time을 adaptive하게 결정하는 주기

$D_{avg}(nT)$: n번째 시간에서 주기 T동안의 평균 RN사이의 거리

R_{TR} : 최대 전송 거리(일반적으로, 300m)

수식(2)와 수식(3)을 이용하여 나타낸 그림 2의 EWM 메시지의 재전송시간의 그래프를 보았을 때, 기존의 ODAM 알고리즘보다 D-ODAM의 재전송시간이 더 짧음으로서 지연시간이 ODAM 알고리즘에 비해서 D-ODAM 알고리즘을 이용한 EWM 메시지의 브로드캐스팅의 지연시간이 더 낮음을 예상할 수 있다.

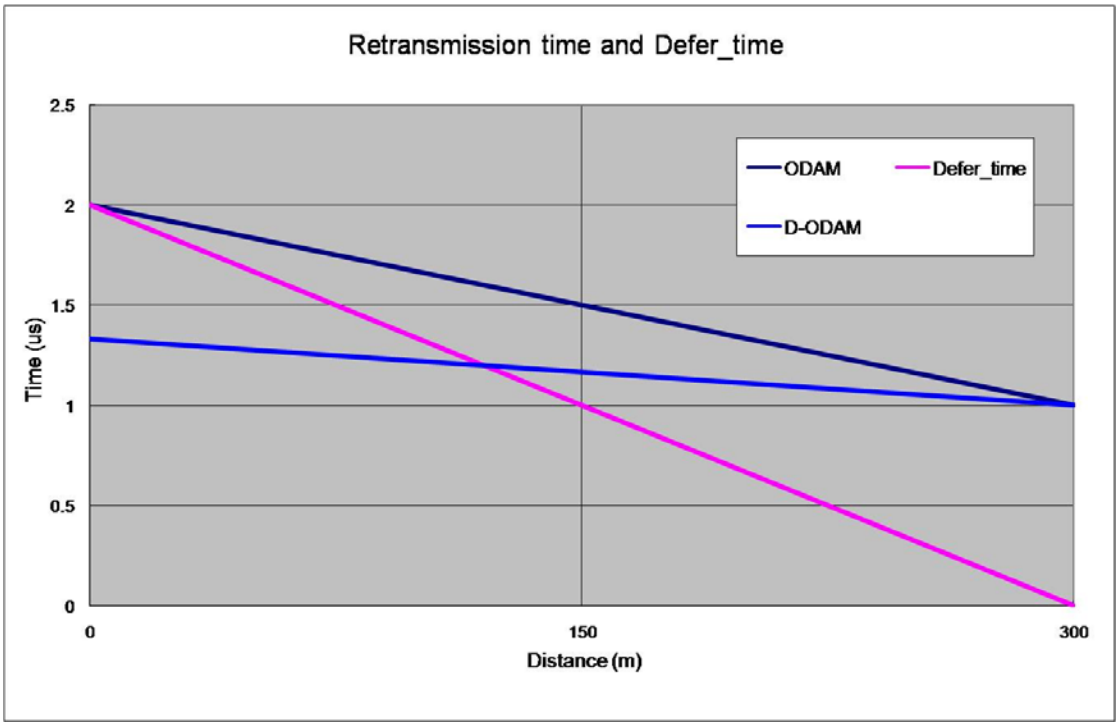


그림 11. ODAM과 D-ODAM에서의 EWM 메시지 재전송시간

ODAM과 Adaptive ODAM을 비교하였을 때 평균적으로 200m에 위치한 노드가 RN가 되었을때 ODAM보다 재전송시간의 지연시간이 더 낮음을 예측할 수 있다.

- Retransmission_time : S로부터 패킷이 전송된 뒤에 RN의 위치에 따라 패킷이 재전송되는데 걸리는 시간
- Defer_time : RN가 패킷을 받았을 때 노드안에서 패킷이 재전송될때까지 대기하는 시간
- Adaptive ODAM : Adaptive Max_defer_time의 값을 조정하였을때의 Retransmission_time(평균 RN사이의 거리를 200m로 가정하였음)

제4장 성능평가

본 장에서는 제안하는 D-ODAM 라우팅 프로토콜의 성능을 기존의 ODAM 라우팅 프로토콜과 비교해 보았다. 제안하는 라우팅 프로토콜의 성능은 SNT(Scalable Networks Technologies)[8]에서 제공하는 네트워크 시뮬레이션 도구인 퀄넷(Qualnet) 시뮬레이터 버전 4.5를 사용하여 확인하였다. 퀄넷 시뮬레이터는 사용자 그래픽 인터페이스(GUI)를 기반으로 MANET(Mobile Ad-hoc Network), QoS, IPv6, 셀룰러, 위성 등의 다양한 라이브러리를 제공하며 이기종간의 네트워크 모델링, 무선 네트워크, 실시간 시뮬레이션, 방향성 안테나 시스템, 유선 네트워크 등의 시뮬레이션에 널리 사용되고 있다.

제안하는 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 2~8대의 차량을 이용하여 고속도로에서 이동하는 시나리오를 사용하였다. 1km의 고속도로 위에서 차량의 수를 2~8대로 변화시키면서 PDR(Packet Delivery Ratio), 평균 지연시간(Average Delay), 제어패킷의 오버헤드(Overhead)에 대한 성능을 측정하였다.

제1절 시뮬레이션 환경

1. 고속도로에서의 차량 이동성 모델

고속도로 이동성 모델은 모바일 노드인 차량의 고속도로 위에서의 움직임을 모델링 한 것이다. 이 모델은 간단한 지도를 이용하여 지도상에 있는 도로 위를 노드들이 양방향으로 움직일 수 있도록 모델링 한다. 움직이는 노드는 고속도로에서 이동하도록 제한된 공간에서 움직이고, 차량의 속도는 80~100km/h로 임의적으로 움직이도록 하며, 차

량의 속도는 제한된 속도의 범위 안에서 100msec마다 차량의 속도를 임의적으로 변화한다.

또한 차량의 속도는 80~100km/h로 이동하게 되어 있는데 만약 진행방향이 같은 차량이 앞의 차와 20m 이내로 가까워지면 차량의 속도를 80km/h에서 앞차량의 속도의 범위로 차량의 속도를 줄여서 이동하도록 하였다.

2. 시뮬레이션 환경

물리 계층 프로토콜은 IEEE 802.11a 표준을 사용하였고, 데이터링크 계층 프로토콜은 7개의 멀티채널을 사용하고, 애플리케이션(Application)에 따라서 AC[0]부터 AC[3]까지의 우선순위를 가지는 IEEE 802.11e MAC을 사용하였다. 수신감도는 -86dBm이며 다중 경로 손실 모델은 two-ray 모델을 사용하였따. 전송속도는 2Mbps이며 최대 전송거리는 약 300m이다. 네트워크 트래픽 부하 모델은 IEEE 802.11e에서 AC[0]에 속하는 응급 메시지(Emergency Warning Message: EWM)를 트래픽으로 하여 시뮬레이션을 수행하였다.

VANET에서의 MAC은 IEEE 802.11p를 사용하는데 QoS(Quality of Service)를 위하여 애플리케이션에 따라서 우선순위를 사용하고, 멀티채널을 사용하여 제어 채널과 서비스 채널을 사용한다. IEEE 802.11p에서 사용하는 MAC의 매커니즘은 그림 12과 같다.

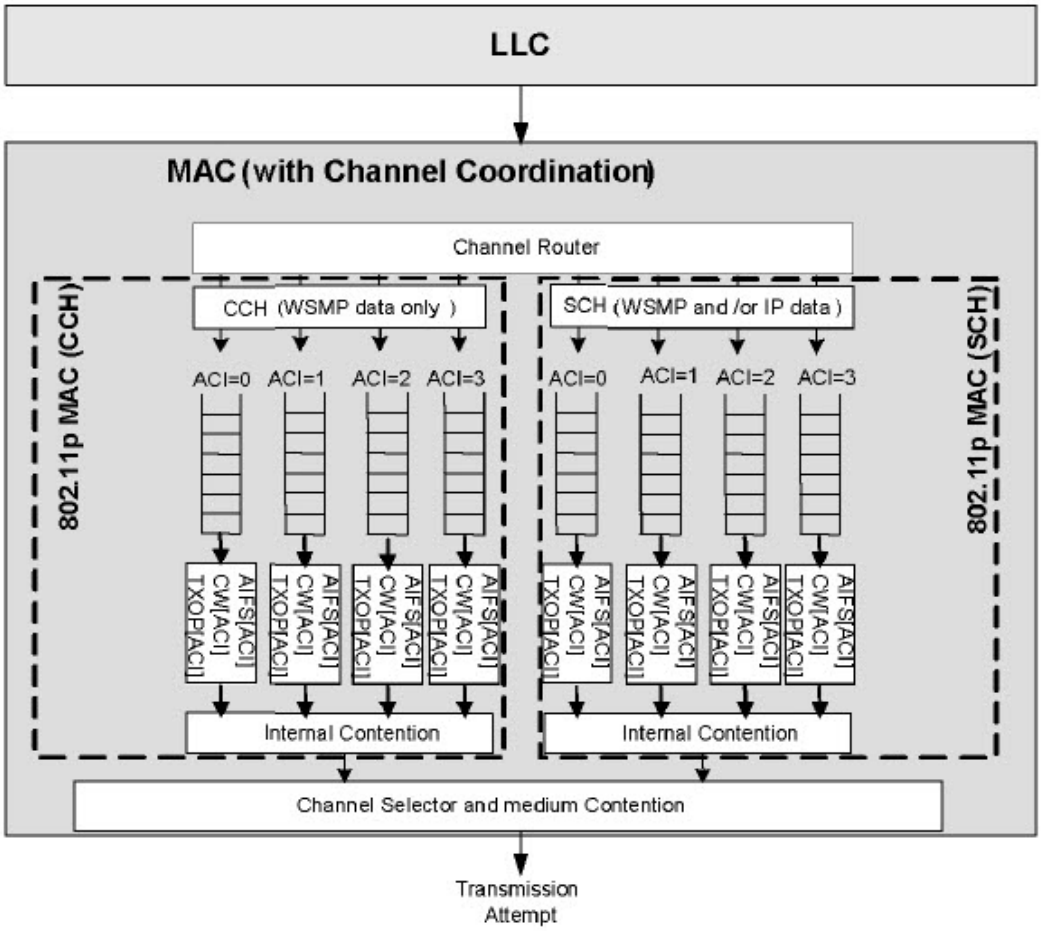


그림 12. IEEE 802.11p의 채널 코디네이션

하지만 IEEE 802.11p는 현재 표준을 개발과정에 있으므로 IEEE 802.11p에서 기본적으로 사용하는 QoS를 위한 우선순위 기법을 사용하기 위하여 경쟁 기반의 채널 접속 방법인 IEEE 802.11e의 EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)를 사용하였다. EDCA는 기존의 DCF를 보완한 것으로 802.1P CoS(Class of Service)에 따라 트래픽은 8개의 카테고리로 나누며, 이에 따라 IFS(Inter Frame Space)와 CWmin(Contention Windows minimum size)을 다르게 적용하여 트래픽 카테고리별 서비스를 차별화 한다.

상위 계층으로부터 MAC 계층에 도착하는 각 프레임은 트래픽 카테고리 별 사용자 우선순위 값을 가지게 되며 각각의 QoS 데이터 프레임 MAC 헤더에는 사용자 우선순위

값이 포함되어 있다. 우선순위를 QoS 데이터 프레임 전송을 위해 IEEE 802.11e QoS 스테이션은 4개의 AC(Access Categori)를 구현한다. 모든 AC는 각각의 전송 큐와 AC 파라미터 값을 가지게 되는데, AC간의 우선순위 차이는 서로 다르게 설정된 AIFS[AC], CWmin[AC], CWmax[AC]와 같은 AC 파라미터 값으로 구현된다[9].

IEEE 802.11e EDCA에서의 기본 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. IEEE 802.11e EDCA에서의 기본 파라미터

AC	CWmin	CWmax	AIFSN
AC_VO (Voice)	7	15	2
AC_VI (Video)	15	31	2
AC_BE (Best Effort)	31	1023	3
AC_BK (Background)	31	1023	7

이제 까지 설명한 시뮬레이션에 시뮬레이션에 사용된 주요 파라미터는 표 2과 같다.

표 2. 시뮬레이션 환경

Parameter	Value
Vehicle density	2, 4, 6, 8, 10, 12 (per 1km lane) default : 6
Topology dimention	1500 × 20 m^2
Propagation model	Two-ray ground reflection
MAC	IEEE 802.11e
Traffic source	EWM
Number of sessions	6
Packet outgoing rate	1, 2, 4, 8, 16 default : 8 packets/sec
Mobility Model	Highway mobility scenario
Simulation time	900 sec (15 minutes)
Routing protocol	ODAM, D-ODAM

표 2에서의 MAC 프로토콜로 IEEE 802.11e를 사용하여 애플리케이션의 메시지에 따라서 우선순위를 두었고, 퀄넷에서 멀티채널 옵션을 사용하여 IEEE 802.11e를 사용하면서 멀티채널을 사용하여 제어 패킷과 EWM 메시지의 패킷의 채널을 분리하였다.

3. 시뮬레이션 시나리오

제안하는 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위한 시나리오는 그림 13과 같다. 그림 12와 같이 2차선 형태로 구성된 고속도로의 모빌리티 패턴을 이용하여, 2~8개의 노드를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 표 1의 파라미터 중에

서 Density는 1km의 고속도로의 도로위에 차량의 수가 2~8대의 차량의 수에 변화를 주어 시뮬레이션을 함을 의미한다.

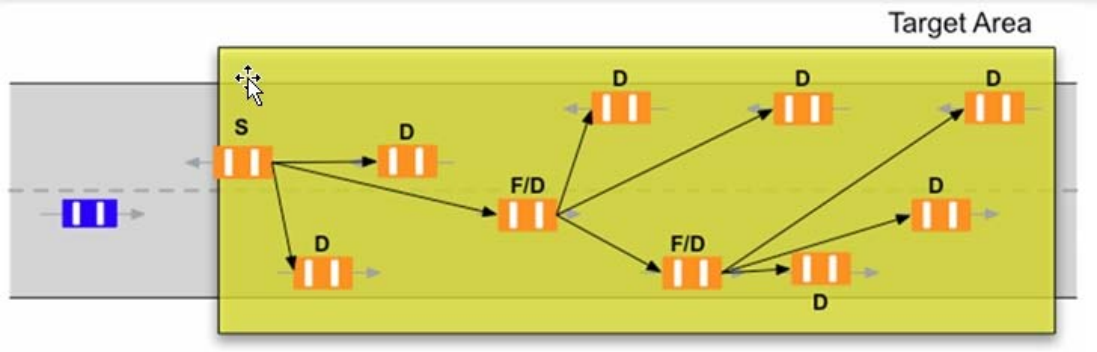


그림 13. 지역범위내에 EWM 메시지를 브로드캐스팅

그림 13에서 S는 사고가 난 차량을 말하며, D(Destination)은 EWM 메시지를 수신하는 차량이다. 그리고 F/D(Forward/Destination)은 EWM을 수신하는 노드이면서 동시에 EWM메시지를 포워딩하는 차량이다.

제2절 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션의 결과로서 표 3과 같이 1km반경 내에 차량이 2대일 경우에 기존의 ODAM 알고리즘의 EWM 메시지의 수신율은 70%를, D-ODAM 알고리즘의 EWM 메시지의 수신율은 75%를 보임으로서 약 5%의 패킷 수신율이 증가하였으며, 1km반경 내에 차량이 4~8대 일 때의 경우에는 기존의 ODAM 알고리즘의 EWM 메시지의 수신율과 거의 비슷하였다.

표 3. EWM 메시지를 수신한 차량의 비율

Protocol	전송거리 / 차량밀집도	150m	200~350m
ODAM	2 cars per 1km lane	70%	100%
D-ODAM		75%	100%
ODAM	4 cars per 1km lane	97%	100%
D-ODAM		97%	100%
ODAM	6~ 8 cars per 1km lane	99%	100%
D-ODAM		99%	100%

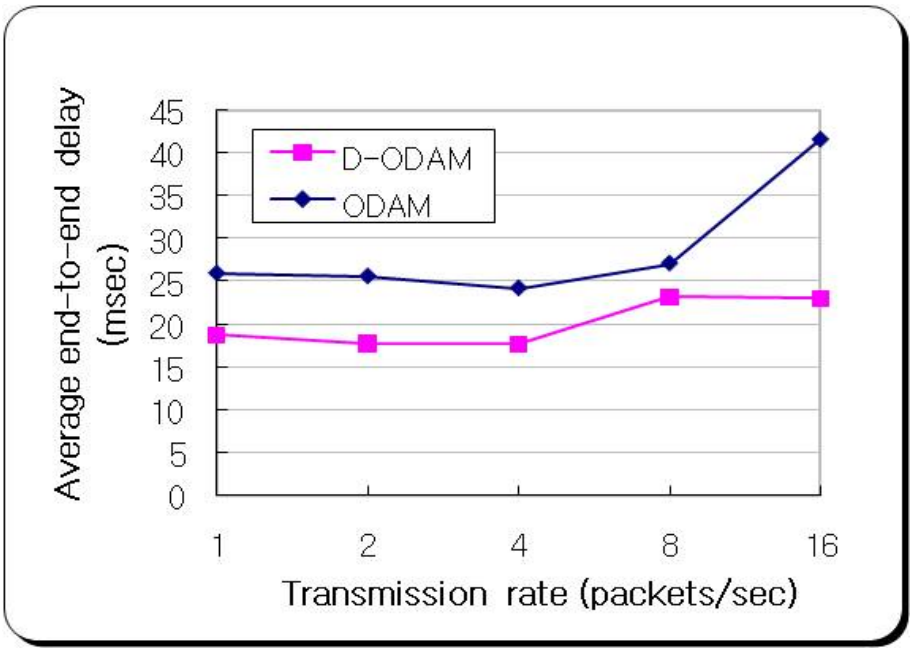


그림 14. Rate에 따른 지연시간

또한 그림 14를 보면 rate(packet/sec)에 대한 ODAM과 D-ODAM에서의 평균지연시간을 나타내고 있다. 1초당 전송하는 패킷의 수를 1~8개로 변화시켰을 때 ODAM보다 D-ODAM이 더 낮은 지연을 시간을 가지고 있다. 지연시간에 있어서 ODAM은 기본 전송거리인 300m에 대해서 대기시간(expire time)을 가지고 EWM 메시지를 전송하기 때문에 최대 대기시간이 동일하지만, D-ODAM 라우팅 알고리즘은 10sec동안의 RN(Relay Node)간의 거리를 기준으로 대기시간을 조정하기 때문에 ODAM보다 지연시간이 더 낮았다.

즉 D-ODAM 프로토콜이 ODAM과 비슷한 높은 패킷 전달율을 가지면서 지연시간에 있어서 더 나은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.

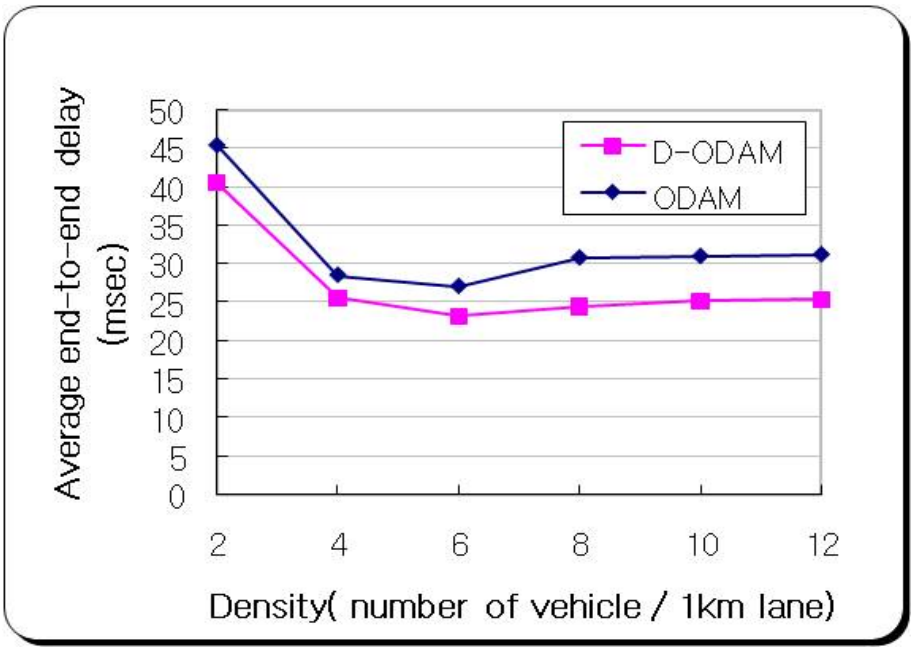


그림 15. Density에 따른 지연시간

또한 그림 15을 보면 density를 변화시켰을 때 D-ODAM이 지연시간에 있어서 약간의 감소가 있는 것을 볼 수 있다. density에 있어서의 지연시간의 변화에 있어서 ODAM과는 달리 D-ODAM에서는 차량의 최대 전송 거리에 의해서 대기시간을 조절하는 것이 아니라, RN(Relay Node)사이의 거리에 따라서 대기시간을 조정하기 때문에 1km의 고속도로에 차량이 2~4개인 경우의 Sparse한 상황뿐만 아니라 Densy한 Deysity에서도 지연시간이 줄어듬을 확인할 수 있었다.

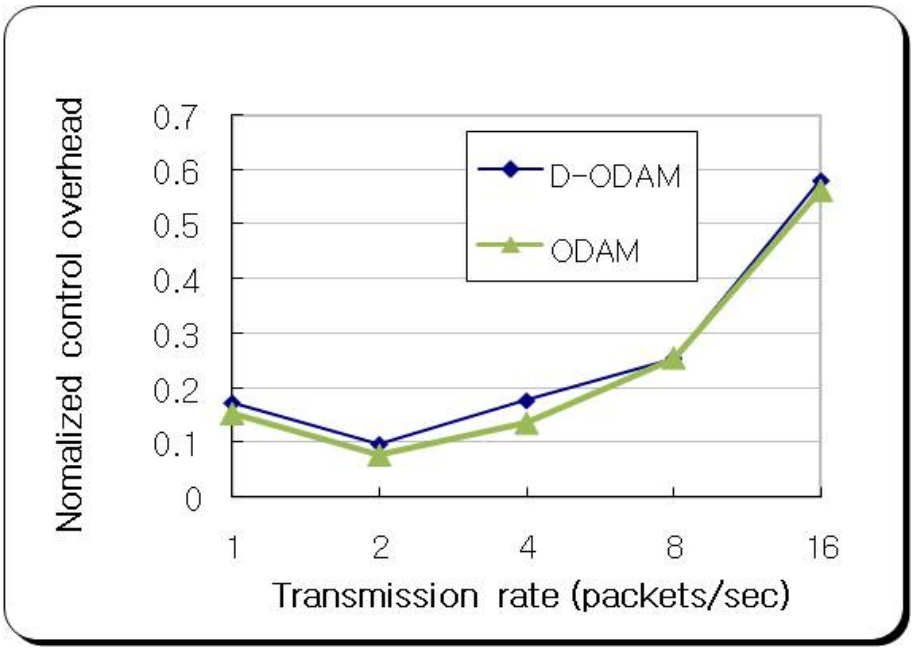


그림 16. Rate에 따른 오버헤드

그림 16을 보면 rate를 변화시켰을 때 오버헤드에 있어서 D-ODAM이 조금 더 높은 점을 보이지면 거의 비슷함을 볼 수 있다. 본 논문에서의 오버헤드는 RREQ, RREP, Hello message, ACK메시지의 수를 데이터 패킷과 비교하였을 때 제어패킷과의 비율로 나타내었다. 본 논문에서는 Hello 메시지에 차량의 위치정보를 추가하였고, ACK 메시지에는 이전의 RN(Relay Node)와 다음 RN사이의 거리 값과 다음 RN가 이전의 RN노드로부터 EWM 메시지의 수신여부를 ACK 메시지에 추가하였다. 하지만 Hello 메시지와 ACK 메시지의 수만을 비교하였기 때문에 ODAM과 D-ODAM과의 오버헤드를 비교하였을 때 큰 차이를 보이지는 않았다.

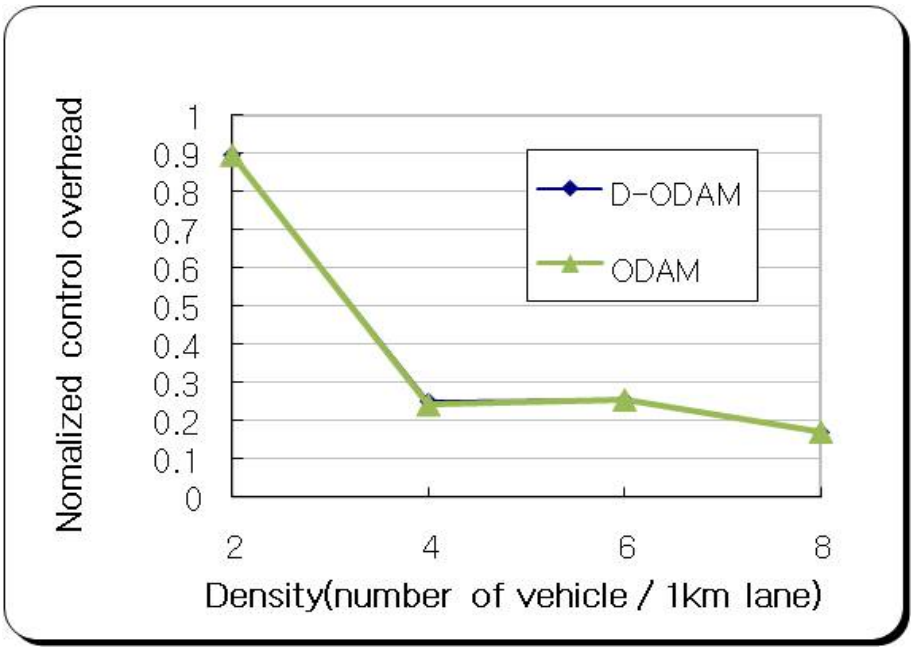


그림 17. Density에 따른 오버헤드

그림 17은 density에 따른 오버헤드를 나타낸 그래프이다. 가장 Sparse한 경우는 1km의 고속도로위에 차량이 2개일 경우에는 대략 차량 간의 거리가 300~500m가 되므로 EWM 메시지를 발생시켰을 때 차량 간의 거리가 차량의 전송거리보다 더 큰 경우도 있으므로 재전송이 발생하였다. 그러므로 재전송에 의해서 발생하는 ACK 메시지와 Hello 메시지의 재전송이 이루어지게 되어 Density가 2일 경우에 오버헤드가 높게 나타났으며, density에 따른 오버헤드에 있어서 ODAM과 D-ODAM의 결과는 비슷했다.

Rate와 Density에 따라서 EWM 메시지를 전달받은 차량의 비율, 지연시간, 오버헤드의 성능에 대해서 퀄넷을 이용한 시뮬레이션을 수행하였을 때, 정보를 전달받은 차량의 비율은 비슷하고, 오버헤드는 비슷하면서, 지연시간에 있어서 약 12%의 성능향상을 보였다.

제5장 결 론

본 논문에서는 차량 간 통신에 있어서 응급메시지를 최대한 신속하게 전파하기 위하여 브로드 캐스팅 프로토콜에 대해서 연구하였다. 브로드 캐스팅을 이용함에 있어서 가장 효율이 좋은 거리 기반 브로드 캐스팅 기법인 ODAM을 기반으로 릴레이 노드간의 거리에 따라서 defer_time을 변화시켜서 종단 간 지연시간을 줄이는 기법인 D-ODAM을 제안하였다. 또한 Qualnet 4.5를 이용한 시뮬레이션을 통하여 시뮬레이션하였는데 ODAM과 D-ODAM의 EWM메시지를 수신한 차량의 비율에 있어서 ODAM과 D-ODAM의 PDR 성능은 비슷하였따. 지연시간에 있어서는 D-ODAM의 수학적 모델링을 통하여 Sparse한 경우에만 지연시간이 감소되는 것으로 예측이 되었으나 ODAM과 같이 차량의 최대전송거리를 대기시간의 변수로 사용하지 않고, D-ODAM에서는 RN(Relay Node)사이의 거리를 대기시간으로 사용하여 Sparse한 경우뿐만 아닌 Densy한 상황에서도 지연시간의 감소를 나타내였다. 또한 Hello 메시지와 ACK 메시지와 같이 EWM 메시지를 브로드 캐스팅하기 위한 컨트롤 메시지에 대한 오버헤드의 성능에서도 ODAM 라우팅 프로토콜과 D-ODAM 라우팅 프로토콜의 차이는 비슷하였다. 즉 D-ODAM은 ODAM의 PDR과 오버헤드에 있어서 비슷한 성능을 나타내면서 지연시간에 있어서 약 12%의 더 낮은 지연시간을 보임으로서 지연시간에 있어서 성능향상을 보였다.

또한 본 연구의 향후 과제로서 응급 메시지뿐 만 아니라 차량 간의 상태를 주기적으로 전파하는 주기적인 차량 상태 메시지의 전송에 있어서 D-ODAM 프로토콜에 확장된 기능의 추가가 요구된다.

참 고 문 헌

[1] N.Wisitpongphan, O.K.Tonguz, "Broadcast Storm Mitigation Techniques in Vehicular Ad Hoc Networks", IEEE Wireless Communications, 2007

[2] Gokhan Korkmaz, Eylem Ekici, and Fusun Ozguner, "An Efficient Fully Ad-Hoc Multi-Hop Broadcast Protocol for Inter-Vehicular Communication Systems", IEEE Communications Society, 2006

[3] B.Abderrahim, "Optimized Dissemination of Alarm Messages in Vehicular Ad-Hoc Networks(VANET)",High Speed Networks and Multimedia Communications7th IEEE Int.Conf., HSNMC 2004, LNCS Vol. 3079, pp. 655-666, 2004.

[4] J.J.Blum,A.Eskandarian,L.J.Hoffman, "Challenges of inter-vehicle ad hoc networks", Intelligent Transportation Systems, IEEE Tran. on Vol. 5, Issue4, pp.347-351, Dec.2004.

[5] D. S. J. DeCouto, D. Aguayo, J. Bicket, and R. Morris, “A High-Throughput Path Metric for Multihop Wireless Routing,” Proc. of ACM Mobicom, pp. 134-146, Sep. 2003.

[6] B. Awerbuch, D. Holmer, and H. Rubens, “High Throughput Route Selection in Multi-Rate Ad Hoc Wireless Networks, Wireless On-Demand Network Systems,” ACM/Kluwer Mobile Networking and Applications (MONET), Jan. 2004.

[7] B. Sadeghi, V. Kanodia, A. Sabharwal, and E. Knightly,

"Opportunistic Media Access for Multirate Ad Hoc Networks," Proc. of ACM Mobicom. pp. 24-35, Sep. 2002.

[8] Qualnet Simulator, http://www.scalable-networks.com/ , 2008

[9] IEEE std 802.11e; Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications; Amendment: Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements, IEEE Std 802.11e-2005.

감사의 글

어떠한 말로도 감사의 마음을 다 표현할 수 없는 부모님, 대학원 입학 때부터 지금까지 마지막까지 저를 믿고 지지해 주셔서 감사합니다. 그리고 언제나 제 옆에서 힘이 되어주었던 하나밖에 없는 내 여동생 정애, 그리고 제게 많은 힘을 주었던 인터넷 소프트웨어 공학과과 컴퓨터공학과의 선후배 그리고 동기분들 모두에게 감사의 말씀을 드립니다.

그리고 4년동안 학문적으로 스스로를 새로운 눈으로 돌아보게 해 주신 신석주 교수님께 특히 감사드립니다. 많이 부족한 저이지만 교수님의 관심 어린 질타와 충고는 제가 앞으로 발을 내딛는데 커다란 교훈이 되었습니다. 그리고 논문을 완성하기까지 좋은 말씀과 지도를 해 주신 모상만 교수님, 강문수 교수님께 감사드리고, 수업을 통해서 학문적 소양을 쌓게 해 주신 심재홍 교수님, 정현숙 교수님, 정일용 교수님, 나상동 교수님께 감사드립니다.

그리고 4년 동안 함께 한 무선통신 및 네트워크 연구실(WHYNET 연구실)의 형국 형, 상욱 형, 김진수와 문진수, 유성군과 그리고 먼 네팔에서 건너와 2년 넘게 저에게 큰 힘이 되어주었던 수보드와 아눕에게 고맙다는 말씀드립니다. 그리고 대학원생활에서 선배가 없던 저에게 많은 도움을 준 동길 선생님, 금분 선생님, 희종 이형, 동민 형, 유선누나, 은경누나, 윤옥누나 그리고 대학원의 처음부터 지금까지 큰 힘이 되었던 나의 동기인 충용이, 지원이, 상기가 있었기에 많이 모자란 제가 힘들 때 마다 버틸 수 있었고, 정말 많은 도움을 받았습니다. 고마워요.

제게 있어 석사 생활은 새로운 사회로의 입문이었으며 이 선택은 제게 주어진 선택 중 최선이었다고 말씀드릴 수 있을 만큼 많이 느끼고 배웠습니다. 앞으로도 진정한 사회인으로써 여러분의 기대에 응하도록 열심히 노력하는 오상규가 되겠습니다.

2008년 12월 날씨가 많이 쌀쌀한 새벽에 정든 연구실에서

오 상 규 올림

저작물 이용 허락서

학 과	컴퓨터공학과	학 번	20077105	과 정	석사
성 명	한글: 오 상 규 한문: 吳 尙 奎 영문: Oh Sang Gyu				
주 소	광주광역시 북구 문흥1동 971-1번지 현대A 104-105				
연락처	010-2639-1844 E-MAIL: gatesple@gmail.com				
논문제목	한글 : 차량간 통신에서의 D-ODAM 프로토콜에 대한 연구 영문 : D-ODAM (Delay-tolerant ODAM) in VANETs				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집・형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포・전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송・출력을 허락함.

2009년 2월 25일

저작자: 오 상 규 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하