

고속도로상의 차량간 통신에서 에러에 강한 긴급메시지 전달 기법

준회원 박정서*, 종신회원 박태근**

A Robust Scheme for Emergency Message Delivery in Vehicle Communications on Freeway

Jeongseo Park* Associate Member, Taekeun Park** Lifelong Member

요 약

VSC(Vehicle Safety Communications)는 차량 사고를 방지하기 위한 VANET 응용 중 하나이며, 차량간 통신을 통해 안전과 관련된 메시지들을 주고받는다. 이를 위하여, VSC에서는 여러 종류의 Selective Flooding 기법들이 제안되었다. Selective Flooding 기법은 긴급메시지를 수신한 차량들 중에서 한 차량만이 릴레이 노드로 선정되는 기법이다. 하지만 이러한 기법들은 전송에러 및 동일 긴급 상황에 대한 메시지 중복 생성을 고려하고 있지 않다. 만일 하나의 차량이 전송 에러가 존재하는 환경에서 위험요소를 발견한 경우, 기존의 기법에서는 응급 메시지를 수신하지 못하는 차량들이 존재할 수 있다. 만일 k개의 차량이 위험요소를 발견한다면, k개의 긴급메시지가 중복 생성되고 후방으로 전파되어 메시지 전달의 신뢰성을 증가할 수 있으나 효율성이 감소한다. 본 논문에서는 전송 에러에 강하며 효율적인 긴급메시지 전달 기법을 제안한다. 제안기법은 클러스터링을 활용하여 메시지 통합 및 클러스터 내 재전송을 수행하며, 신뢰성 있는 클러스터간 통신을 위하여 Acknowledgment 기법을 사용한다. 시뮬레이션 결과 제안기법이 Selective Flooding 기법인 Least Common Neighbor Flooding 보다 나은 성능을 보인다.

Key Words : VSC, Emergency, VANET, Cluster, Acknowledgement

ABSTRACT

The Vehicle Safety Communications (VSC) is one of VANET applications for preventing vehicle accidents, and it utilizes vehicle-to-vehicle communication to exchange emergency messages. To propagate such messages in VSC, several schemes based on selective flooding have been proposed. Their common idea is that an emergency message is relayed by one of vehicles receiving the message. However, the schemes do not consider the transmission errors and duplications of an emergency event. In the schemes, if there are transmission errors and a vehicle detects a hazard, there may be vehicles which fail to receive an emergency message. If k vehicles detect a hazard, k emergency messages are created and propagated. The duplications of an event increase reliability of the message delivery but decrease efficiency. In this paper, we propose an emergency message delivery scheme which is efficient and robust to transmission errors. Our proposed scheme utilizes clustering for message aggregation and retransmissions in a cluster. It also uses an acknowledgment mechanism for reliable inter-cluster communication. Our simulation results show that the proposed scheme outperforms Least Common Neighbor Flooding which is one of the selective flooding schemes.

* 이 연구는 2010년도 단국대학교 미디어콘텐츠연구원(IMC)의 연구비 지원으로 이루어진 것임.

* 단국대학교 컴퓨터학과 (blueizin@dankook.ac.kr), ** 단국대학교 멀티미디어공학과 (tkpark@dku.edu)
논문번호 : KICS2010-07-329, 접수일자 : 2010년 7월 27일, 최종논문접수일자 : 2010년 10월 5일

I. 서론

VANET (Vehicular Ad-hoc Network)은 MANET (Mobile Ad-hoc Network)의 일종으로 기지국과 같은 기반시설의 도움 없이 이동 중이거나 정지중인 차량 간의 무선 통신을 통해 구성되는 임시적인 네트워크를 의미한다^[1]. VANET은 고속으로 이동하는 차량의 이동성 때문에 네트워크 토폴로지와 차량 밀도의 빈번한 변화 그리고 잦은 네트워크 단절 등의 특징을 갖는다^[2].

최근, 차량간 통신 기술 적용을 통해 운전자의 안전성 강화를 목적으로 하는 VSC (Vehicle Safety Communications)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다^[3]. VSC는 VANET의 응용 중 하나로서, 운행 중인 차량 간에 안전과 관련된 정보들을 주고받음으로써 차량사고를 미연에 방지하는 기술이다^[4]. 즉, 운행 중인 차량이 전방의 위험요소를 발견하고 긴급메시지를 생성해, 이를 후방에 있는 모든 차량들에게 빠르게 전파를 하는 서비스를 VSC의 예로 들 수 있다. VSC는 운전자의 안전성 강화가 목적이므로 넓은 대역폭과 고속의 데이터 전송이 목적인 VANET의 다른 응용들과 달리 낮은 전송 지연과 높은 메시지 전달 신뢰도를 요구한다^[5,6].

VSC에서 긴급 메시지 전파에 사용하는 프로토콜에는 Pure Flooding^[7]이 있다. 이 기법은 메시지를 수신한 모든 노드(가)가 메시지 릴레이에 참여하는 방식이다. 하지만 노드의 밀도가 높을 경우 과도한 메시지 전송으로 인해 Broadcast Storm과 같은 급격한 대역폭 낭비의 문제점을 가지고 있다^[8]. 이런 문제점의 해결을 위해 Selective Flooding 기반의 기법들이 제안되었다. Selective Flooding 기법은 그림 1과 같이 메시지를 수신한 노드들 중에서 릴레이 노드로 선정된 노드만 메시지 전송을 수행하는 Flooding 기법이다. Selective Flooding 기법에는 차량에 탑재된 GPS를 통해 얻은 위치정보를 이용하여 릴레이노드를 선정하는 DDB (Dynamic Delayed Broadcasting)^[9], Weighted p-Persistence^[10], Slotted 1-Persistence^[10], Slotted p-Persistence^[10] 등의 기법이 있다.

이들 기법들의 공통적인 아이디어는 메시지 전송 노드의 GPS정보를 메시지에 삽입하여 전송하도록 하고, 메시지 수신 노드들이 자신의 GPS정보와 수신 메시지의 GPS정보를 이용하여 서로간의 거리를 계산하도록 하는 것이다. 그 결과 계산된 거리가 가장 먼 노

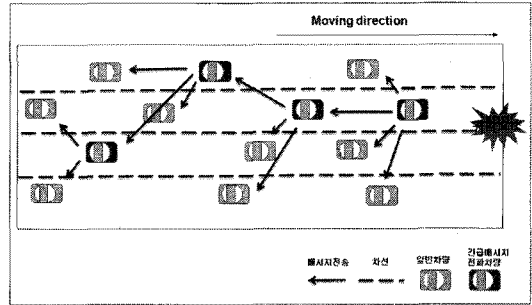


그림 1. Selective Flooding 기법

드가 릴레이노드로 선정되도록 한다.

이런 GPS정보를 이용한 기법들은 GPS정보가 부정확하거나 터널, 지하차도, 복합도로 등을 주행할 때와 같이 GPS정보수신이 어려울 경우 부정확한 정보로 인해 성능이 감소하는 단점을 가진다.^[11] 이런 단점을 해결하고자 GPS정보를 사용하지 않는 LCN (Least Common Neighbor) Flooding^[11]이 제안되었다. 이 기법은 이웃노드목록을 활용한 것으로, 인접 노드간의 거리가 멀수록 공통된 이웃노드의 개수가 적어지는 현상을 이용한 기법이다. 긴급메시지를 수신한 노드들 중에서 메시지에 포함된 이웃노드목록과 자신의 이웃노드목록을 비교하여 공동이웃의 수가 가장 적은 노드가 릴레이노드로 선정되는 기법이다.

하지만 위의 Selective Flooding 기법들은 다음과 같은 두 가지 문제점을 가지고 있다. 첫째, 전송에러가 없는 이상적인 통신환경만을 가정하였기 때문에, 전송에러가 존재하는 경우 재전송하는 복구 기법이 없다. 이 때문에 전송에러로 인해 긴급메시지를 받지 못하거나, 전파 단절이 발생할 경우, 위험지점 후방의 차량 중 일부가 사고의 위험성에 그대로 노출되는 상황이 발생 가능하다. VANET에서의 전파 단절은 노드의 밀도가 낮은 구역에서 전송에러가 존재하는 경우 주로 발생한다. 둘째, 위험요소를 발견하는 차량의 수에 비례하여 네트워크 트래픽이 증가한다. 도로사정에 따라 위험요소가 일정영역 내에 여러 개 존재하거나, 동일한 위험요소에 대해 다수의 노드가 반응한다면 동시에 생성되는 긴급메시지의 수가 증가할 수 있다. 이와 같은 상황에서 생성된 모든 긴급메시지를 후방전파 한다면, 유사하거나 중복된 메시지의 전달에 네트워크 자원의 많은 부분을 사용하게 되는 문제를 초래하게 된다.

따라서 본 논문에서는 에러환경에 강하고 효율적인 긴급메시지 전달기법을 제안한다. 제안하는 기법은 위에서 언급한 두 번째 문제의 해결을 위하여, 클러스터

1) 본 논문에서는 차량을 간단히 노드라 표현함

링 개념을 사용한다. 위험요소를 발견한 노드는 보고 메시지를 생성하여 클러스터헤드에게 전달하고, 클러스터헤드는 클러스터멤버들이 생성한 다수의 보고 메시지를 하나로 긴급메시지로 통합하여 후방의 클러스터헤드에게 전달한다. 또한, 제안하는 기법은 위에서 언급한 첫 번째 문제의 해결을 위하여 ACK (Acknowledgement) 기법과 클러스터헤드의 헬로메시지에 긴급메시지를 포함시키는 방법을 사용한다. 하나의 클러스터헤드가 후방의 클러스터헤드로 긴급메시지를 전달하는 동작에 ACK 기법을 적용하고, 전송에러 때문에 긴급메시지를 수신하지 못한 클러스터멤버들을 위하여 클러스터헤드의 헬로메시지에 긴급메시지를 포함시키는 방법을 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Selective Flooding 기법중의 하나인 LCN Flooding에 대해 소개하고 문제점을 분석한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 긴급메시지 전달 기법을 서술하고, 4장에서는 제안한 기법의 성능평가 결과에 대하여 기술한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

2.1 Least Common Neighbor Flooding

LCN Flooding^[11]은 이웃노드목록을 활용한 것으로, 인접 노드간의 거리가 멀수록 공통된 이웃노드의 개수가 적어지는 현상을 이용하는 기법이다. 긴급메시지를 수신한 노드들 중에서 메시지에 포함된 이웃노드목록과 자신의 이웃노드목록을 비교하여 공동이웃의 수가 가장 적은 노드가 릴레이노드로 선정되는 기법이다.

그림 2는 노드 A가 전방의 위험요소를 발견하여 긴급메시지를 LCN Flooding을 사용하여 후방으로 전파하는 시나리오를 보여주고 있다. 노드 A는 위험요소 발견 후 긴급메시지에 자신의 이웃리스트정보를 포함하여 브로드캐스팅한다. 이 메시지를 받은 노드 B, C, D, E는 자신의 이웃리스트와 노드 A의 이웃리스트를 비교하여 공동이웃의 수를 계산한다. 각 노드는 계산된 공동이웃의 수에 비례한 시간을 대기 후에 메시지 릴레이를 수행하며, 대기시간 동안에 인접 노드의 릴레이 메시지를 받으면 메시지 릴레이를 포기한다. 한편 다수의 노드들의 공동이웃 수가 동일할 경우에 대기시간이 동일하게 되어 충돌이 발생할 수 있다. 이를 고려하여 대기시간에 임의의 지연시간을 추가하여 충돌을 회피한다. 결과적으로 그림 2에서 보여주는 시나리오에서 노드 D, E가 LCN 노드가 되며 이

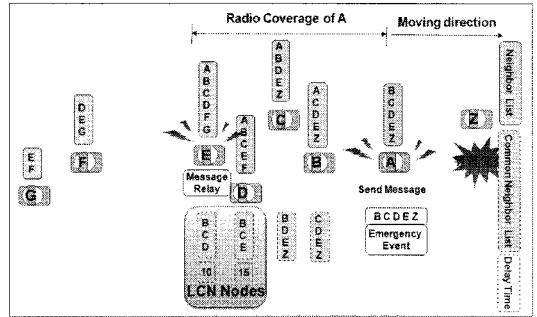


그림 2. LCN Flooding 기법

중에서 대기시간이 가장 작은 노드 E가 메시지 릴레이를 하게 된다.

2.2 문제점 분석

서론에서 언급하였듯이 LCN Flooding을 비롯한 Selective Flooding 기법에는 두 가지 문제점이 존재한다. 첫 번째, 전송에러로 인해 긴급메시지를 수신하지 못한 노드가 발생하거나, 그 때문에 긴급메시지 후방 전파가 단절되는 문제점이 있다. 그림 3은 전송에러가 존재하는 환경에서의 Selective Flooding의 문제점을 보여주는 그림이다. 노드 A가 위험요소를 발견하고 긴급메시지를 발생하여 후방으로 전파할 때 소스노드 A로부터 가장 먼 노드인 노드 B가 릴레이를 하고, 또 다시 노드 B로부터 가장 먼 노드인 노드 C가 릴레이한다고 가정하자. 이 때에 각 노드들은 전송에러가 없을 경우 1회에서 3회 까지 긴급메시지를 수신할 수 있는 기회를 갖는다. 이 횟수는 수신노드의 Radio Coverage내의 릴레이노드 수와 동일하다. 하지만 전송에러가 존재하게 되면 노드 D와 같이 메시지를 수신하지 못한 채로 노드 C에서 노드 F로 긴급메시지 후방전파가 이어질 수 있다. 이렇게 되면 노드 D는 위험요소를 인지하지 못한 상태로 계속 이동하게 되는 상황이 발생한다.

그림 3의 시나리오에서 만약 노드 C가 전송에러에 의해 긴급메시지를 수신하지 못하면 전파단절이 발생할 수 있다. 왜냐하면 노드 B의 Radio Coverage내의 노드 C를 제외한 노드들이 이미 노드 A의 긴급메시지를 수신하여 메시지 릴레이를 포기한 상태이기 때문이다. 이렇게 긴급메시지 후방전파가 단절이 된다면 노드 C의 Radio Coverage내의 노드 중 노드 B의 Radio Coverage와 겹치는 노드들을 제외한 노드들은 긴급메시지를 수신하지 못하는 결과를 가져온다.

Selective Flooding 기법의 두 번째 문제점은 위험요소를 발견하는 노드의 수에 비례하여 네트워크 트래

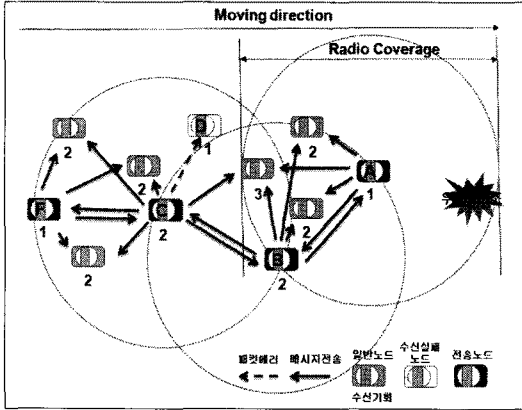


그림 3. 전송에러가 존재할 경우에 Selective Flooding 기법의 문제점

픽이 증가하기 때문에 다수의 긴급메시지 발생 시에 네트워크 자원낭비가 크다는 문제점이 있다. 이는 긴급메시지가 동시다발적으로 발생할 경우를 고려하지 않기 때문이다. 긴급메시지가 동시다발적으로 발생할 경우는 하나의 위험요소에 대해 다수의 노드가 동시에 발견하여 각각 긴급메시지를 발생시키거나, 동일 영역에 위험요소가 다수 존재하는 경우이다.

III. Robust Scheme for Emergency Message Delivery

본 장에서는 전송에러에 강하고 효율적인 긴급메시지 전달 기법인 RSEMD (Robust Scheme for Emergency Message Delivery)에 대해 기술한다. 우선 3.1절에서는 클러스터내 긴급메시지 통합 및 재전송을 통해 전송에러가 있는 환경에서 긴급메시지 전달에 대한 신뢰성을 높이고 효율적인 긴급메시지 전달을 하는 방안을 보인다. 다음으로 3.2절에서는 클러스터간 긴급메시지 전달 시에 긴급메시지 후방 전파가 단절되지 않도록 하는 방안에 대해 기술한다.

3.1 클러스터내 긴급메시지 통합 및 재전송

2장에서 언급한 것과 같이 Selective Flooding은 전송에러로 인해 노드가 긴급메시지 수신을 하지 못할 경우 이를 복구할 재전송 기법이 존재하지 않는다. 이런 경우에 긴급메시지를 수신하지 못한 채 이동하는 노드는 사고의 위험성을 계속 가지고 있는 문제점이 있다. 또한 하나의 위험요소에 대해 다수의 노드가 긴급메시지를 발생시켜 불필요한 오버헤드를 가질 수 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 RSEMD는 동일한 위험요소에 대한 메시지를 통합하여 긴급메시지를

생성하고, 재전송 역할을 수행하기 위해 클러스터링을 사용한다. RSEMD는 클러스터링 구성기법으로 LID (Lowest ID) 알고리즘^[12]을 사용한다. LID 알고리즘에서는 모든 노드가 음수가 아닌 유일한 ID를 할당받은 뒤, 자신의 ID를 브로드캐스트함으로써 이웃 노드들과 ID 정보를 교환한다. 그 결과, 자신의 ID 값이 가장 작은 값을 인지한 노드는 클러스터헤드가 되고 나머지 노드들은 클러스터멤버가 된다.

그림 4는 RSEMD에서 클러스터헤드의 메시지통합과 재전송 역할 수행을 보여준다. 노드 C와 노드 D가 위험요소를 동시에 발견하고 클러스터헤드인 노드 A에게 보고메시지를 전송한다. 노드 A는 수신한 보고메시지를 분석하여 동일한 위험요소인지 판단하여, 동일할 경우 한 개의 위험요소만을 포함한 긴급메시지를 생성하고, 서로 다른 위험요소에 대한 보고메시지일 경우 보고메시지들을 모두 하나의 긴급메시지로 통합한다. 메시지 통합은 센서 네트워크에서의 Data Aggregation 기술을 활용하여 구체화할 수 있지만, 본 논문에서는 구체적인 메시지 통합 방법을 다루지 않는다. 이와 같이 통합된 긴급메시지는 그림 4와 같이 헬로메시지에 포함되어 클러스터내에서의 재전송에 사용될 뿐만 아니라, 3.2절에서 서술되는 클러스터간 긴급메시지 후방전파 방법에 따라 후방의 노드들에게 전파되는데 사용된다.

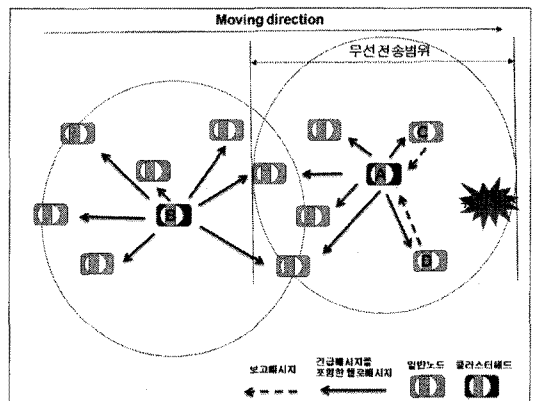


그림 4. RSEMD의 클러스터내 긴급메시지 통합 및 재전송

3.2 클러스터간 긴급메시지 후방전파

LCN Flooding과 같은 Selective Flooding 기법들은 메시지 릴레이를 할 때에 메시지가 제대로 전송되었는지 확인하지 않는다. 이런 점은 전송에러가 존재시에 릴레이에 참여하는 모든 노드가 수신에 실패할 경우 릴레이를 하지 못하여 긴급메시지 후방전파가 단절되는 문제를 가진다. 이런 문제점의 해결을 위해

RSEMD는 클러스터간 긴급메시지 후방전파시에 ACK기법을 사용한다.

그림 5는 RSEMD에서 클러스터간 긴급메시지 후방전파를 보여준다. 구체적으로, 클러스터헤드 A가 릴레이노드 D를 거쳐 후방의 인접한 클러스터헤드 F로 긴급메시지를 전달하는 것을 보여준다. 클러스터헤드 A가 긴급메시지를 전송하고, 노드 B, C, D, E가 긴급메시지를 수신하면, 노드 B, C, D, E는 각각의 응답대기시간을 계산한다. 이 때, RSEMD에서는 클러스터간 중첩영역에 존재하는 노드가 그렇지 않은 노드에 비하여 상대적으로 짧은 응답대기시간을 계산하도록 한다. 따라서 그림 5에서는 노드 D와 E가 각각 0.01, 0.02을 응답대기시간으로 계산하였고, 노드 B와 C가 각각 0.05, 0.03을 응답대기시간으로 계산하였다. 그 결과 노드 D가 0.01의 대기시간 후에 클러스터헤드 A에게 ACK를 전송하게 되고, 이를 수신한 노드 B, C, E는 ACK 전송과 긴급메시지 릴레이를 포기한다. 노드 D가 ACK 전송후 메시지 릴레이를 수행하면, 클러스터헤드 F를 포함한 몇 개의 노드가 긴급메시지를 수신할 수 있다. RSEMD에서는 클러스터헤드가 다른 노드에 비하여 ACK 응답대기시간을 짧게 계산하도록 함으로써, 그림 5에서 노드 D가 전송한 긴급메시지를 클러스터헤드 F가 후방으로 계속 전파하도록 한다. RSEMD에서 긴급메시지를 전송한 노드는 전송 후에 재전송 타이머를 구동하도록 하고, 타이머가 만료될 때까지 ACK를 받지 못하면 재전송을 수행하도록 한다.

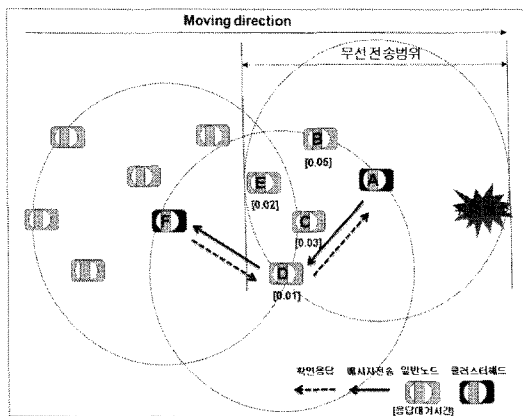


그림 5. ACK를 이용한 클러스터간 긴급메시지 전파

IV. 시뮬레이션 및 성능 분석

본 논문에서는 RSEMD의 성능 분석을 위해 고속

도로에서의 차량이동 모델을 적용하여 시뮬레이션을 수행하고, 전송에러율(패킷에러율)과 최초 위험요소를 인지하여 생성되는 긴급메시지 수(동시발생 긴급메시지 수)를 변화시키며 노드의 긴급메시지 수신율과 오버헤드를 측정하였다. 네트워크 시뮬레이션은 NS-2 (version 2.34)^[13]를 사용하였다.

4.1 시뮬레이션 모델 및 파라미터

본 시뮬레이션에 적용한 차량이동 모델은 Nakanishi, K 등의 연구^[14]를 적용하였다. 연구^[14]에 따르면, 차량들은 표 1과 같은 차량 최고속도비율(RS, Ratio to Speed limit)의 분포를 가진다. 표 1은 일본의 주요도로에서 실측한 데이터를 바탕으로 계산된 값이다. 표 1에서 차량의 RS가 1.2라면 이동 중 최고속도는 도로의 최고속도의 1.2배와 같으며 같은 RS를 가진 차량들은 전체 차량의 20%정도가 된다. 또한 RS가 1.2인 차량들은 빠른 차선에 전체차량의 2%, 중간 차선에 16%, 느린 차선에 2% 만큼 분포한다.

차량은 같은 차선에서 이동하고 있는 바로 앞 차량과의 거리가 줄어들수록 속도를 줄이며, RS가 1보다 클 경우에는 RS가 1이하일 경우에 비해 속도 감소폭이 크다. 또한 앞 차량과의 거리가 멀수록 차량의 속도는 최대속도에 근접한다. 도로에서 허용하는 최대속도를 V_{MAX} , 같은 차선에서 이동하고 있는 앞 차량과의 거리를 D , 같은 차선의 차량 간 최소 거리를 D_{MIN} 라고 할 때에 각 차량의 속도 V 는 식(1)^[14]에 의해 계산된다.

$$V = \begin{cases} RS \times V_{MAX} \times (1 - \frac{D_{MIN}}{D}) & (RS \leq 1) \\ RS \times V_{MAX} \times (1 - \frac{RS^2 \times D_{MIN}}{D}) & (RS > 1) \end{cases} \quad (1)$$

차량은 앞 차량과의 거리 D 가 작을수록 차선을 바꾸는 확률이 높으며, 최소 거리 D_{MIN} 보다 작거나 같을 경우 차선을 바꾼다. 각 차량이 차선을 변경하는 확률 P 는 식(2)^[14]에 의해 계산된다.

표 1. RS분포

RS	Distribution (%)	Fast Lane(%)	Middle Lane(%)	Slow Lane(%)
0.8	5	0	1	4
0.9	15	0	3	12
1	25	0	12.5	12.5
1.1	30	0	24	6
1.2	20	2	16	2
1.3	5	1	4	0

$$P = \begin{cases} 1 & (D \leq D_{MIN}) \\ (\frac{D_{MIN}}{D})^2 & (D > D_{MIN}) \end{cases} \quad (2)$$

그림 6은 한정된 길이의 도로에서 차량이동을 적용하고 긴급메시지 발생 시나리오를 보여준다. 표 2에서 정의된 시뮬레이션시간 60초 내에서 긴급메시지를 발생시키는 임의의 시간에 도로 끝에 있는 노드를 노드 A라 가정하자. 노드 A는 긴급메시지 발생 이벤트를 수행하고 (1)에서 (2)의 위치로 이동할 때에 도로의 초입으로 다시 재진입하여 노드 밀도를 일정하게 유지한다. 동시에 발생하는 긴급메시지 발생 이벤트가 $k(k \geq 1)$ 일 경우 도로의 끝에 가장 가까운 k 개의 노드가 선택되어 각각 하나의 긴급메시지 (RSEMD에서는 보고메시지)를 생성하도록 한다.

시뮬레이션은 LCN Flooding과 비교분석하였으며, RSEMD를 헬로메시지의 긴급메시지 포함여부에 따라 포함한 경우(4.2절에서 RSEMD_H로 표기함), 포함하지 않은 경우(4.2절에서 RSEMD_NH로 표기함)로 나누어서 진행하였다. 이는 헬로메시지의 긴급메시지 포함여부가 긴급메시지 수신율에 미치는 영향을 분석하기 위함이다.

시뮬레이션 파라미터는 표 2에서 정의한 것과 같이 노드의 무선반경은 250m이고 도로 길이는 2km이다. 도로 길이는 그림 6에서 보이는 도로의 길이이며, 앞서 서술한 바와 같이 노드는 도로 길이와 무관하게 시뮬레이션 종료시까지 연속적인 이동을 한다. 차선 수는 4개이며, 가장 좌측 차선을 Fast Lane, 가장 우측의 차선을 Slow Lane, 나머지 두 차선을 Middle Lane으로 적용하였다.

노드 수는 40개이며 60초 동안 최대 36.11m/sec ($V_{MAX} * \text{Maximum RS} = 27.78 * 1.3 = 36.11$)의 속도로 이동을 한다. 노드 간 최소 거리는 10m이며 헬

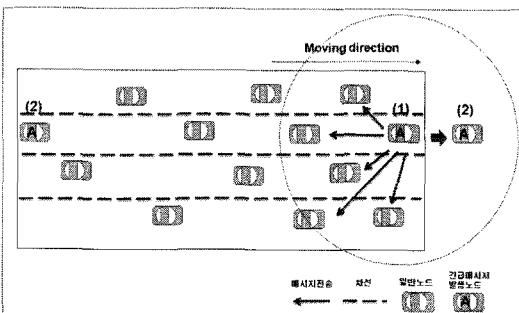


그림 6. 시뮬레이션 시나리오
Fig. 6. Simulation Scenario

표 2. 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
Radio Range	250m
Road Length	2km
Number of Lane	4
Number of Node	40
Hello Message Period	2sec
Simulation Time	60sec
Each Number of Simulation	200
V_{MAX}	27.78m/s (100km/h)
D_{MIN}	10m
Number of Event	1-5
Packet Error Rate (%)	0-50

로메시지 주기는 2초이다. 패킷에러율은 0, 10, 20, 30, 40, 50%로 변화를 주었으며, 동시 발생하는 긴급메시지는 1, 2, 3, 4, 5개로 변화시켰다. 시뮬레이션은 각 변화값에 따라 200회 실시되었으며, 그림 7, 그림 8, 그림 9, 그림 10은 시뮬레이션 결과의 평균값으로 작성되었다.

4.2 시뮬레이션 결과 분석

그림 7은 패킷에러율 변화에 따른 긴급메시지 수신율을 나타낸다. 긴급메시지 수신율은 전체 노드에서 긴급메시지를 수신한 노드의 비율을 의미한다. LCN Flooding에서는 패킷에러율이 증가함에 따라 긴급메시지 수신율이 급격히 감소하여 패킷에러율이 50%일 때에 긴급메시지 수신율이 75%까지 감소하는 것을 볼 수 있다. 반면 RSEMD_NH는 LCN Flooding에 비해 감소율이 적으며 RSEMD_H의 경우 패킷에러율에 상관없이 수신율 100%를 유지하고 있다. 이러한 결과는 LCN Flooding의 경우 전송에러에 의해 긴급메시지를 수신하지 못한 노드 수가 증가함에 따라 긴급메시지 후방 전파의 단절 현상이 발생하여 긴급메시지 수신 기회조차 없는 노드의 수가 증가하였기 때문이다. 이에 비해 RSEMD_NH는 긴급메시지 후방 전파에 ACK를 통해 재전송 하는 방법을 사용하므로 단절 현상이 발생하지 않아서 긴급메시지 수신율이 상대적으로 높다. 또한 RSEMD_H의 경우 긴급메시지가 포함된 헬로메시지를 클러스터헤드 노드가 주기적으로 브로드캐스팅하므로 인접노드들은 긴급메시지를 수신할 수 있는 기회가 증가한다. 그러므로 패킷에러율이 높더라도 시간이 지나면 모든 노드들은 긴급메시지를 수신하게 된다.

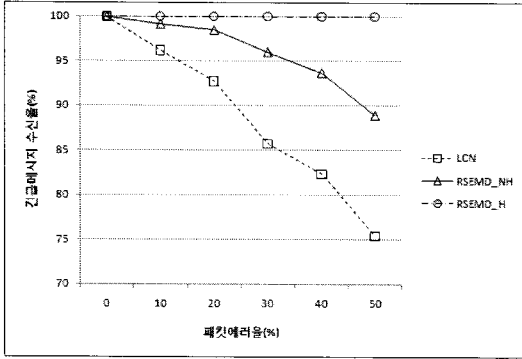


그림 7. 패킷에러율 변화에 따른 긴급메시지 수신율

그림 8은 긴급메시지 발생 후 시간에 따른 긴급메시지 수신율을 보여준다. LCN Flooding은 긴급메시지 발생 후 4초까지 긴급메시지 수신율이 증가하고 이후에는 변동이 없는 것을 볼 수 있다. 이는 긴급메시지 후방전파를 하면서 노드들이 메시지를 수신하므로 시간에 따라 증가를 하는 것이며 변동이 없는 것은 긴급메시지 후방전파가 종료된 것이다. 패킷에러율이 30%인 경우에는 3초, 50%인 경우에는 2초까지만 긴급메시지 수신율이 증가하였다. 이러한 결과는 패킷에러율이 높을수록 긴급메시지의 후방전파 단절 현상이 증가하였다는 것을 보여준다. 한편 RSEMD_H는 긴급메시지 발생 후 4초에 패킷에러율이 10, 30, 50% 일 때에 각각 긴급메시지 수신율이 100%, 99.8% 97.75%까지 올라갔다. 헬로메시지가 한번 더 브로드캐스팅 되는 6초에는 패킷에러율이 50%일 때에도 긴급메시지 수신율이 98.92%까지 올라갔다. 이는 긴급메시지가 발생한 후 헬로메시지를 3번 브로드캐스팅 한다면 대부분의 노드들이 긴급메시지를 수신한다는 것을 보여준다. 이러한 결과로 미루어보아, LCN Flooding에서도 긴급메시지 후방전파가 3번 더 이루어진다면 대부분의 노드가 긴급메시지를 수신할 수 있을 것으로 생각될 수 있다. 하지만, LCN Flooding의 경우 긴급메시지 후방전파는 긴급메시지가 발생할 경우 각각에 대해 후방전파를 수행하므로 앞서 2장에서 언급한 바와 같이 다수의 차량이 동일 위험요소에 대해 반응한다면 동시에 발생하는 긴급메시지의 수가 증가하는 단점이 생긴다.

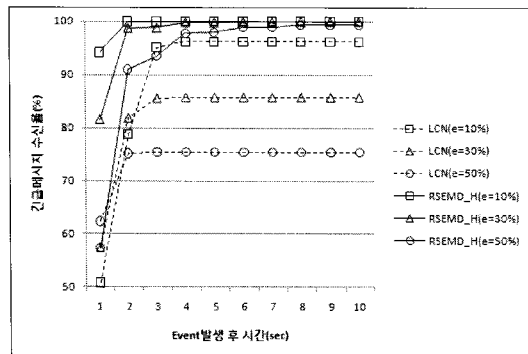


그림 8. 긴급메시지 발생 후 시간에 따른 긴급메시지 수신율 (e : 패킷에러율)

그림 9와 그림 10은 동시발생 긴급메시지 수를 1부터 5까지 1씩 증가시켜서 각각 시뮬레이션을 수행한 결과이다. 그림 9에서 LCN Flooding의 경우 앞서 설명한 것과 같이 동시발생 긴급메시지 수가 증가할수록 긴급메시지 수신율이 높아짐을 확인할 수 있다. 패킷에러율이 50%일 경우에도 동시발생 긴급메시지 수가 4개 이상에서는 99% 이상의 긴급메시지 수신율이 측정되어 대부분의 노드가 긴급메시지를 수신하였다. 반면 RSEMD_NH는 동시발생 긴급메시지 수가 증가하더라도 긴급메시지 수신율이 일정영역에 분포하는 것을 볼 수 있다. 이는 동일한 위험요소에 대한 긴급메시지가 동시에 다수 발생하였을 때 이를 수신한 클

어진다. 이는 동일한 위험요소에 대한 긴급메시지가 동시에 다수 발생하였을 때 이를 수신한 클

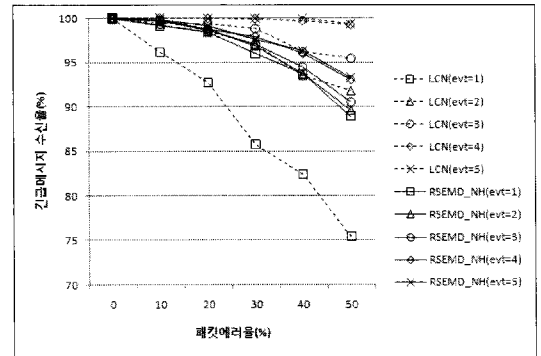


그림 9. 패킷에러율에 따른 긴급메시지 수신율 (evt: 동시 발생한 긴급메시지 수)

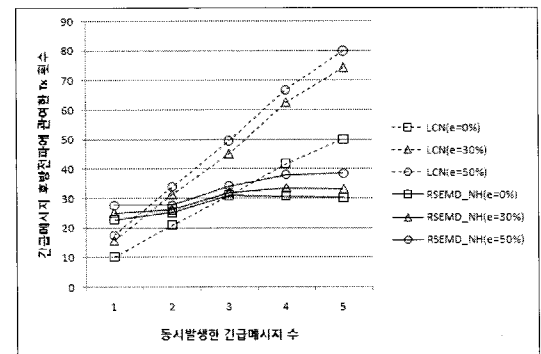


그림 10. 동시 발생한 긴급메시지 수에 따른 긴급메시지 후방전파에 관여한 Tx횟수 (e: 패킷에러율)

러스터헤드 노드가 메시지를 통합 후 후방전파하였으므로 노드들의 긴급메시지 수신기회 증가가 이루어지지 않아서 수신율의 큰 차이가 없이 나타났다.

위의 같이 LCN Flooding은 동시발생 긴급메시지 수가 4개 이상이 되었을 경우 높은 긴급메시지 수신율을 보인다. 하지만 LCN Flooding은 각 긴급메시지에 대해 후방전파를 수행하므로 동시발생 긴급메시지수에 비례한 오버헤드를 가지고 있다. 그림 10은 동시발생한 긴급메시지 수에 따른 긴급메시지 후방전파에 관련한 Tx횟수를 나타낸 것이다. 그림 10에서 Tx횟수란 긴급메시지 전송횟수와 ACK 전송횟수의 합을 의미한다. 동시 발생한 긴급메시지의 수가 1개일 때에는 RSEMD_NH가 LCN Flooding에 비해 패킷에러율에 상관없이 Tx횟수가 높게 나타났지만, 동시발생 긴급메시지 수가 2개 이상이면서 패킷에러율이 30% 이상일 경우 RSEMD_NH가 LCN Flooding에 비해 Tx횟수가 적었다. 또한 동시 발생한 긴급메시지의 수가 4개 이상에서는 RSEMD_NH가 전체적으로 LCN Flooding보다 적은 Tx횟수를 보여주었다. 전체적으로 보았을 때에 RSEMD_NH는 낮은 Tx횟수 증가율을 보이며 일정영역에 분포하는 반면에 LCN Flooding은 높은 Tx횟수 증가율을 보여주었다. 이러한 결과의 이유는 RSEMD_NH의 경우 각 노드가 긴급메시지를 동시에 발생시켜 클러스터 헤드에게 전송하는 것과 그에 따른 ACK 전송 횟수 만큼 증가를 하였지만 LCN Flooding은 각 긴급메시지 발생에 따라 후방전파를 하므로 오버헤드가 크기 때문이다. 따라서 RSEMD_NH가 동시발생 긴급메시지 수가 증가하더라도 LCN Flooding에 비해 오버헤드가 적다는 것을 보여준다.

이상의 결과를 종합하면, LCN Flooding은 패킷에러율이 높아질수록 급격한 긴급메시지 수신율 저하를 보여주었지만, RSEMD는 패킷에러율이 높더라도 긴급메시지 수신율이 100%에 근접하였다. 또한 동시발생 긴급메시지 수가 1개일 경우에는 LCN Flooding보다 오버헤드가 크지만 동시발생 긴급메시지 수가 증가할 경우 LCN Flooding의 오버헤드보다 작아서 오버헤드 측면에서도 안정적임을 확인할 수 있었다.

V. 결론 및 향후 연구 방향

VSC는 차량간 통신을 이용하여 운전자의 안전성 강화를 목적으로 하는 VANET의 응용 중 하나이다. 때문에 VANET의 다른 응용과는 달리 낮은 전송 지연과 높은 메시지 전달 신뢰도를 요구한다. 기존의 VSC

를 위해 제안되었던 기법들은 전송에러가 없는 이상적인 통신환경만을 가정하였기 때문에, 전송에러에 의해 긴급메시지를 수신하지 못할 경우 이를 복구할 기법에 대해 고려하고 있지 않다. 이러한 점은 VSC에서 요구하는 높은 메시지 전달 신뢰도를 충족하지 못한다.

본 논문에서는 위의 문제점의 해결을 위해 RSEMD기법을 제안하였다. RSEMD는 전송에러로 인해 긴급메시지를 수신하지 못한 노드를 위해 헬로 메시지에 긴급메시지를 포함하여 브로드캐스팅하고, 긴급메시지 후방전파 시에 ACK를 사용하여 전파단절을 방지한다. 제안기법의 성능 비교 분석을 위해 기존의 Selective Flooding기법 중 하나인 LCN Flooding과 함께 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 RSEMD는 100%에 근접한 긴급메시지 수신율을 보여주었으며, 오버헤드 측면에서도 기존연구에 비해 안정적인 결과를 보였다.

본 논문에서 제안한 RSEMD는 전송에러가 존재하더라도 VSC의 요구사항인 높은 메시지 전달 신뢰도를 만족할 수 있을 것이라 생각한다. 향후에는 도심과 같은 다양한 도로형태의 시나리오를 바탕으로 하여 성능을 측정하고 제안기법을 개선할 예정이다.

참고 문헌

- [1] J. J. Blum, A. Eskandarian, L.J. Hoffman, "Challenges of inter-vehicle ad hoc networks," *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, Vol.5, issue4, pp.347-351, Dec. 2004
- [2] M. Torrent-Moreno, M. Killat, and H. Hartenstein, "The challenges of robust inter-vehicle communications," *2005 IEEE 62nd Vehicular Technology Conference, VTC-2005-Fall*, Vol.1, pp.319-323, Sep. 2005.
- [3] 백송남, 광동용, 정재일, "차량 안전 서비스를 위한 차량간 통신 프로토콜 연구," *한국통신학회지*, 제26권 제4호, pp.46-54, 2009.3
- [4] Q. Xu et al., "Layer-2 Protocol Design for Vehicle Safety Communications in Dedicated Short Range Communications Spectrum," *Proc. of IEEE ITS 2004*, pp. 1092-1097, Oct. 2004.
- [5] T. Hasegawa et al., "A Concept Reference Model for Inter-Vehicle Communication (Report2)," *Proc. Of IEEE ITS 2004*, pp.810-815, Oct. 2004.

- [6] W. Chen and S. Cai, "Ad hoc Peer-to-Peer Network Architecture for Vehicle Safety Communications," *IEEE Communications Magazine*, Vol.43 No.4, pp.100-107, 2005.
- [7] ASTM, "Standard Specification for Telecommunications and Information Exchange Between Roadside and Vehicle Systems - 5GHz Band Dedicated Short Range Communications (DSRC) Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," *ASTM E2213-03*, Sep. 2003.
- [8] T. Fukuhara, T. Warabino, "Broadcast Methods for Inter-Vehicle Communications System," *Proc. Of IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp.2252-2257, New Orleans, L.A., USA, Mar. 2005.
- [9] Heissenbuttel. M, Braun. T, Walchli. M, and Bernoulli. T, "Optimized Stateless Broadcasting in Wireless Multi-Hop Networks," *Proc. IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM)*, pp.1-12, Apr. 2006.
- [10] N. Wisitpongphan AND O.K.Tonguz, J.S. Parikh, P.Mudalige, F.Bai, AND V.Sadekar, "Broadcast storm mitigation techniques in vehicular ad hoc networks," *IEEE Wireless Communications*, Vol.14, Issue6, pp.84-94, Dec. 2007.
- [11] Sukdea Yu, Gihwan Cho, "A Selective Flooding Method for Propagating Emergency Messages in Vehicle Safety Communications," *2006 International Conference on Hybrid Information Technology*, Nov. 2007.
- [12] Baker, D.J., Ephremides, A., "The Architectural Organisation of a Mobile Radio Network Via a Distributed Algorithm," *IEEE Trans. Communications*, Vol.29, Issue11, pp.1694-1701, Nov. 1981.
- [13] Network Simulator Version 2.34, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [14] Nakanishi, K., Umedu, T., Higashino, T., Kitaoka, H., Mori, H., "Synthesizing Realistic Vehicular Mobility for More Precise Simulation of Inter-vehicle Communication," *IEEE Globecom Workshops 2007*, Nov. 2007.

박 정 서 (JeongSeo Park)

준회원



2009년 2월 단국대학교 멀티미디어학과 졸업
 2009년 3월~현재 단국대학교 컴퓨터학과 석사과정
 <관심분야> 차량 네트워크, 이동 통신

박 태 근 (Taekeun Park)

종신회원



1991년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 학사
 1994년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 석사
 2004년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 박사
 1996년~2000년 SK Telecom 중앙연구원 선임 연구원
 2000년~2001년 3Com Korea 과장
 2001년~2002년 Ericsson Korea 차장
 2004년~현재 단국대학교 멀티미디어공학과 부교수
 <관심분야> 이동 통신, QoS, 센서 네트워크, 멀티미디어 통신망