DBpia

차량 간 통신 환경에서 효과적인 위험 경고 메시지 전송 방안

학생회원 변 재 욱*, 종신회원 권 성 오*°

Effective Emergency-Warning Message Transmission in the Vehicle-to-Vehicle Communication Environment

Jaeuk Byun* *Student Member,* Sungoh Kwon*° *Lifelong Member*

요 약

차량 사용이 증가함에 따라 교통안전에 관한 문제가 심각해지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 근래에는 차량에 통신 기술을 접목한 ITS (Intelligent Transportation System)기술로 차량의 안전성을 강화하려는 연구가 진행되고 있다. 차량 안전 네트워크 규격인 WAVE는 방송형 멀티홉으로 전송하고 다중접속방법으로 CSMA/CA를 사용하므로 차량 수가 증가하면 빈번한 전송 시도로 인해 성능이 급격히 저하되는 특징이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 메시지 전송차량과 수신차량의 위치관계를 이용하여 불필요한 메시지 전송을 줄이는 양방향 묵시적 수신확인 방안(TWIA: Two-Way Implicit Acknowledgement)을 제안한다. 제안한 TWIA는 전방과 후방의 차량으로부터 같은 메시지를 받으면 메시지 전달이 성공적인 것으로 간주하여 더 이상 재전송하지 않으므로 불필요한 메시지 전송을 줄인다. 실험을 통해 기존의 위험 경고 메시지 전송방안과 성능비교를 하였으며, 100대 차량을 기준으로 맨 뒤 차량까지의 전송 지연은 9%의 성능 개선이 되었고, 일정 구간 내에 모든 차량의 메시지 수신 성능은 0.7초 이내 수신 성공률이 12%가 개선되었다.

Key Words : V2V, WAVE, Cooperative Collision Avoidance, Car Safety, MAC

ABSTRACT

In this paper, we propose an algorithm to improve collision avoidance in Vehicle-to-Vehicle (V2V) networks based on IEEE 802.11p. Since IEEE 802.11p adopts CSMA/CA as a multiple access scheme and an emergency warning message (EWM) is delivered to behind vehicles in a multi-hop manner, due to transmission collision, the more vehicles in the vehicle chain results in a longer delay. The longer delay increases the possibility of a rear-end collision. In order to ensure message reception with low latency, we consider implicit acknowledgement of a broadcasted EWM message and propose an algorithm to reduce redundant message transactions, called Two-Way Implicit Acknowledgement (TWIA). By simulations, we show that our proposed algorithm can reduce the latency until the last car receives the message by 9% and the success rate every car receives the message within 0.7sec by 12% at 100 fixed-number-of-car environment.

Ⅰ. 서 론

차량의 사용이 증가함에 따라 교통사고로 인한 피해가 심각해지고 있다. 2010년 우리나라의 교통사고

※ 이 논문은 2010년 울산대학교 연구비에 의하여 연구되었습니다.
* 울산대학교 전기공학부 (dreamnfancy@naver.com, sungoh@ulsan.ac.kr), (° : 교신저자)
논문번호 : KICS2011-10-478, 접수일자 : 2011년 10월 18일, 최종논문접수일자: 2012년 1월 10일

www.dbpia.co.kr

통계에 따르면 한 해 동안 발생한 전체 교통사고 수는 979,307 건에 이르며 사망자는 5505명, 부상자는 1,533,609명이었다. OECD 평균 차량 1만 대당 사고가 1.6명인데 비해 우리나라는 3.1명으로, 인구 10만 명당 사고는 9.1명인 데 비해 우리나라는 12.7명으로 매우 높다[1][2]. 교통사고는 단 하나의 요인에 의해서도 발생하지만 주로 복합적인 요인에 의해 발생한다. 이러한 교통사고의 요인들은 음주나 졸음운전과 같은 사람에 의한 원인과, 날씨나 도로상태 등의 환경적 요인, 차량 내부의 결함으로 인한 요인 등으로 나뉜다. 이 중 환경적 요인으로 인한 사고는 매우 극소수인데 반해 환경 외적 요인으로 인한 사고가 대부분을 차지하고, 이러한 교통사고의 60%가 운전자에게 0.5초의 반응할 여유가 주어졌다면 피할 수 있었다[3].

도로 위를 주행하는 차량에서 운전자는 근처의 위험 요소를 인지할 수 있는 방법이 매우 제한된다. 대부분의 위급상황에서 운전자는 인접한 차량의 움직임이나 바로 앞 차량의 브레이크 신호등으로만 위험을 인지할 수 있는데, 이러한 경우 운전자는 다른 차량의 결함에 의한 위험 요소를 알 수 없으며, 같은 차선 내에서도 바로 앞 차량으로 시야가 제한되므로 보다 멀리 있는 차량에서 발생한 위험 요소도 알 수 없다. 또한, 각 운전자의 반응속도, 즉, 눈으로 위험 상황을 인식하고 브레이크 동작으로 이어지기까지의 반응 속도는 보통 0.7초에서 1.5초 사이[4]인데, 이러한 제한된 시각 반응만으로 차량 운전자들이 추돌 사고를 피하는 데 한계가 있다. 차량이 비교적 밀집하여 고속으로 달리는 경우에는 한 차량의 추돌이 연쇄추돌의 큰 사고로 이어지기 쉬운데, 이 같은 연쇄추돌의 경우 심각한 사고로 이어질 확률이 보통의 개별적인 사고보다 훨씬 높다.

주행 중 발생하는 추돌 사고들은 운전자에게 반응할 수 있는 시간을 확보해줄 수 있다면 사전에 예방하거나 그 피해를 줄일 수 있으므로, 정보통신 기술을 이용하여 운전자들이 위험 요소에 미리 대처할 수 있는 방안이 연구되고 있다. WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment)[5]는 이러한 차량 안전 통신 규격 중 하나이며, 미국 ASTM (American Society for Testing and Matrials)의 DSRC (Dedicated Short Range Communication)[6] 표준을 기반 한 무선 통신 프로토콜이다.

WAVE는 이동하는 차량들 간의 무선 통신을 제공하여 차량 사고 발생 시 연쇄 추돌 사고를 방지할 수 있다. 사고 발생 차량은 후방의 차량들에게 사고 위험성을 알리고 이를 수신한 차량들은 다시 후방 차량들에게 알리는 멀티홉 방식으로 위험 경고 메시지(EWM: Emergency Warning Message)를 전달한다. WAVE의 MAC(Medium Access Control) 계층은 IEEE 802.11을 기반으로 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방식을 사용하며, 빠른 전송을 위해 위험 경고 메시지를 수신 확인이 없는 방송형 전송 방식으로 전달하고, 메시지 전달의 신뢰성을 높이기 위해 위험 경고 메시지를 주기적으로 전송한다. 하지만, 이러한 전송 방안은 차량이 증가할수록 메시지 간의 충돌로 인해 지연 시간을 증가시키는데, 이러한 지연 시간의 증가는 자동차 연쇄 사고의 가능성을 높인다. 따라서 미연에 사고 방지를 위해 빠른 위험 경고 메시지를 전달하는 방안에 관한 연구가 필요하다.

효과적인 위험 경고 메시지 전송방안에 관한 여러 연구가 진행되어 왔다[6][7]. 규격 [6]에서는 위험 경고 메시지가 오는 방향을 인식하여 전방에서부터 전달되는 메시지만 주기적으로 위험 경고메시지를 전달하는 방안이 제안되었다. 논문 [7]에서는 전방에서부터 전달되는 메시지를 주기적으로 전달하고, 만일 후방에서 동일 메시지를 수신한 경우, 후방의 차량이 전달받았다는 묵시적인 확인 응답으로 인식하여 주기적인 전달을 멈추어 불필요한 메시지 전송을 줄이는 방안이 제안되었다. 그렇지만 이들 연구 결과들은 차량이 밀집한 환경에서 위험 경고 메시지 간의 충돌이 발생하여 후방차량이 먼저 메시지를 수신하고 이를 다시 전송하는 경우를 무시하므로 시간 지연이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.11p의 방송형으로 반복적인 전송을 하며 CSMA/CA를 사용하는 통신 특성을 고려하여 차량이 밀집한 환경에서도 연쇄 추돌을 효과적으로 방지하기 위한 방안을 제안한다.

본 논문에서는 메시지 간의 충돌로 경고메시지 전달이 지연되는 문제점을 개선하기 위해 묵시적인 수신확인을 이용하여 불필요한 메시지 전송을 줄인다. 기존의 방법과 달리 전방과 후방(양방향)에서부터 전달되는 메시지를 효과적으로 메시지 전송에 이용한다. 본 논문에서 제안하는 방안은 양방향에서 수신한 메시지를 묵시적인 수신확인으로 이용하여 불필요한 메시지 전송에 의해 발생하는 메시지 충돌에 의한 전송 지연을 줄이고, CSMA/CA에 의한 메시지 미 수신 영역이 발생하더라도 위험 경고메시지를 빨리 수신하도록 하여 시스템 전체의 위험 경고 메시지 수신 성능을 향상하도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II절에서는 본 연구에서 고려할 시스템 모델을 설명하고, 현재의 연구

www.dbpia.co.kr

결과의 문제점을 논의한다. 제 III절에서는 제 II절에서 제시된 문제점을 해결하기 위한 방안을 제시한다. 제 VI절에서는 시뮬레이션을 통해 성능을 비교하고, 제 V절에서 본 연구의 결론을 논의한다.

Ⅱ. 시스템 모델과 문제점

2.1. 시스템 모델

WAVE표준은 그림 1과 같이 자원관리를 정의하는 IEEE 1609.1, 보안을 다루는 IEEE 1609.2, 네트워킹 프로토콜을 다루는 IEEE 1609.3, 멀티채널 운영을 다루는 IEEE 1609.4, 그리고 물리계층과 MAC계층은 IEEE 802.11p로 구성된다[8][9].

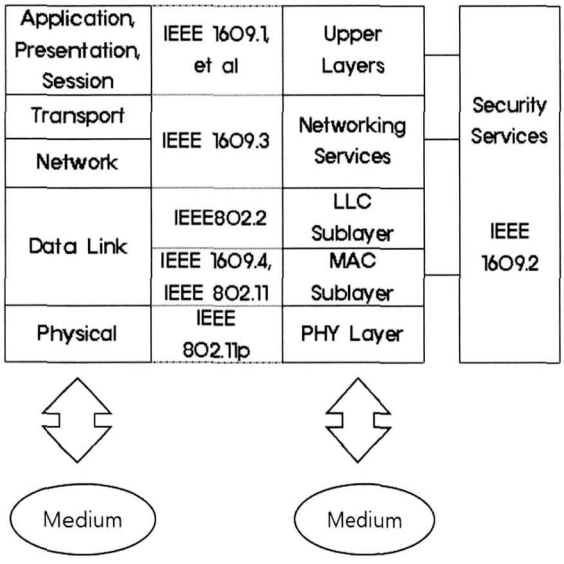

그림 1. WAVE 구성도
Fig. 1. WAVE protocol stack

IEEE 802.11을 기반으로 하는 WAVE는 다중접속 방법으로 CSMA/CA[10]을 사용한다. CSMA/CA는 다수의 차량이 동시에 신호를 전송하여 전송 데이터가 깨지는 것을 피하기 위해 일정 시간 (IFS: Inter Frame Space) 동안 채널 사용 여부를 관찰한(Carrier sensing) 후 그 시간동안 채널 사용이 감지되지 않으면 메시지를 전송하도록 하는 방법이다. 또한, 동시에 여러 차량이 메시지를 전송하는 것을 막기 위해 IFS 이후 난수 발생을 통한 Random Backoff를 실시하여 그림 2와 같이 메시지 충돌확률을 줄이도록 한다[10]. 채널이 비어있는 것을 확인하는 시간 (IFS)과 난수 발생 범위(contention window)는 메시지의 중요도에 따라 달라진다.

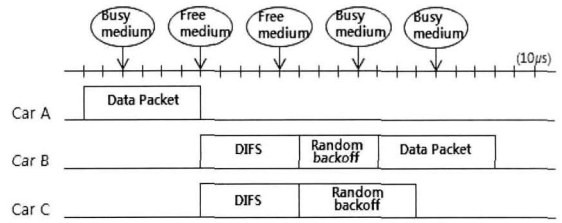

그림 2. CSMA/CA 방식과 random backoff
Fig. 2. Example of CSMA/CA

IEEE 802.11p는 메시지 중요도를 4 단계로 구분하며, 메시지 중요도에 따라 그림 3과 같이 IFS와 난수 발생 범위가 다르다[10]. 메시지의 중요도가 높을수록 IFS와 난수 발생 범위를 작게 설정하여 중요도가 높은 메시지가 우선적으로 전송되도록 한다. 위험 경고 메시지는 높은 우선순위를 가지고 신속히 전달될 필요가 있으므로, IFS는 DIFS (Distributed Inter Frame Space)를 쓰고 난수 발생 범위는 [0-3] 또는 [0-7]의 작은 크기의 범위를 쓴다[10].

차량 간 네트워크 (Vehicle-to-Vehicle Network)에서 메시지를 전송하는 방식은 송수신에 참여하는 노드의 수에 따라 일대일 전송(Unicast), 방송형 전송(Broadcast), 일대다 전송 (Multi-cast)방식으로 나뉜다[11]. 일대일 전송방식이란 보내고자 하는 메시지를 각각 하나의 송, 수신자 간에 전송하는 방식이고, 방송형 전송방식은 하나의 송신자가 전송 반경 안의 모든 수신자들에게 데이터를 전송하는 방식, 일대다 전송방식은 하나의 송신자가 특정한 하나 이상의 수신자들에게 데이터를 전송하는 방식이다.

차량 간 네트워크는 차량들의 이동성으로 네트워크 형상이 시간에 따라 변하므로 이웃 차량들을 알기 어렵고 불특정 다수의 차량들에게 신속하게 전달해야하므로, 차량 사고 위험을 알리는 메시지는 방송형 전송방식을 사용한다. 방송형 전송방식의 경우, 메시지 수신 확인이 불가하므로 주기적으로 전송을 하여 메시지 전달 성공률을 높인다. 또한, 전송 거리가 제한되므로 최초의 사고 차량의 메시지 전송 거리보다 먼 거리에 위치한 차량들에게는 위험 경고 메시지를 받은 차량들이 후방 차량들에게 다시 전달하는 멀티 홉 방식[12]으로 위험 경고 메시지를 전달하여 사고 위험을 미리 대비하도록 한다.

2.2. 위험 경고메시지 전송 시 기존방법의 문제점

위험 경고 메시지를 전송하는 IEEE 802.11p 규격은 다중 접속 방법으로 CSMA/CA를 기반으로 한 방법을 사용하므로 차량 증가에 따른 전송 지연, 전송률

www.dbpia.co.kr

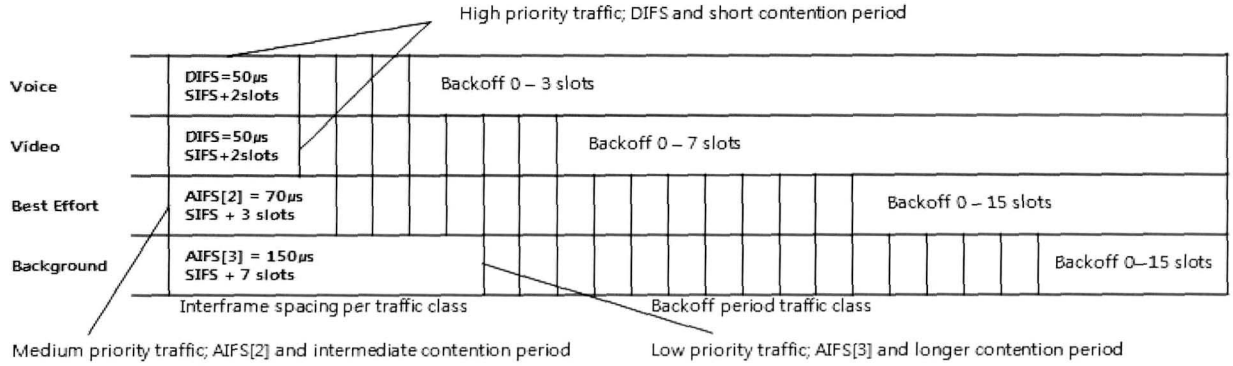

그림 3. 메시지의 중요도에 따른 Slot timing 구성
Fig. 3. Inter frame spaces and contention windows

저하 등의 문제점이 발생될 수 있다[13]. 또한, 위험 경고 메시지는 전송 확인을 하지 않는 방송형 전송방식으로 후방의 차량들에게 전달되므로, 메시지 충돌에 의한 전달실패가 발생할 수 있다. 이러한 실패를 고려하여 메시지 전송 성공률을 높이기 위해 재전송이 실시되지만, 메시지 재전송은 메시지 간의 충돌 확률을 높이므로 위험 경고 메시지의 전송이 지연되거나 전송 확률을 저하시키게 된다.

불필요한 메시지 전송 시도를 줄여 이러한 메시지 간의 충돌을 완화하기 위한 방안으로 묵시적인 메시지 응답을 이용하는 방안이 제안되었다[7]. 기존의 제안된 묵시적인 수신확인 방안은 전방으로부터 위험 경고 메시지를 받은 차량이 후방의 차량으로부터 동일한 메시지를 받을 경우 후방의 차량이 위험 경고 메시지를 성공적으로 수신한 것으로 간주하고 위험 경고 메시지의 반복 전송을 중지하여 불필요한 메시지 전송을 줄인다. 그러나, 만일 전방의 차량보다 먼저 후방의 차량으로부터 위험 경고 메시지를 수신한 경우, 차량은 수신한 메시지를 무시한다. 이와 같이 전방의 차량에서 전송된 위험 경고 메시지만 고려할 경우 차량 수가 적은 경우는 메시지 충돌 문제가 작으나, 차량 수가 증가할 경우 일련의 차량들 중에서 중간에 위치한 차량들은 충돌로 인해 받지 못한 영역이 생기므로 위험 경고 메시지 수신 지연이 추돌 사고 가능성이 크게 증가할 수 있다.

그림 4는 메시지 충돌로 인해 위험 경고메시지를 받지 못한 영역이 생기는 예를 보여준다. 먼저 1번 차량으로부터 메시지를 받은 3번 차량과 4번 차량이 동시 전송을 하게 되면 5, 6번 차량은 메시지를 받지 못하게 되고, 4번 차량의 전송 범위에만 있는 7번 차량이 릴레이가 되어 메시지를 전달하게 된다. 하지만 [7]에서 소개된 방법은 시간 t3에서 7번 차량이 전송했을 때 4번 차량은 메시지 전송을 중단하게 되고, 5번과 6번 차량은 받은 메시지를 무시하게 되므로 5번과 6번 차량으로의 메시지 전달이 지연되는 것을 알 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 다음 절에서 새로운 알고리즘을 제안한다.

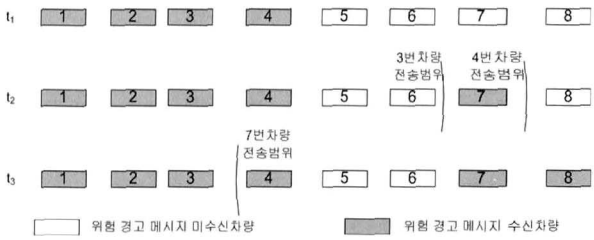

그림 4. 위험 경고 메시지 전송 예
Fig. 4. Example of EWM transmission

Ⅲ. 제안하는 알고리즘

본 절에서는 IEEE 802.11p를 기반으로 하는 차량 간 통신 환경에서 위험 경고 메시지를 전송할 때 발생하는 문제를 완화하여 효율적인 메시지 전송 방안을 제안한다. IEEE 802.11p의 CSMA/CA로 인해 발생되는 메시지 충돌로 메시지를 수신하지 못하는 경우를 고려하여 제안하는 방안은 전방과 후방에서 전달되는 메시지를 모두 메시지 전송과 묵시적 수신확인(TWIA: Two-way Implicit Acknowledgement)으로 이용하고, 수신확인이 된 위험메시지는 재전송을 중지하여 불필요 전송 시도를 줄인다. 이를 위해 각 차량들은 탑재된 GPS등을 이용하여 차량의 위치를 알 수 있다고 가정하고, 새로운 MAC 계층 내의 메시지를 그림 5와 같이 정의한다.

MAC 계층의 메시지는 메시지 생성자 주소(Original Source Address)를 포함한 MAC 메시지 관련 정보를 나타내는 MAC 헤더 (Header), MAC 데이

www.dbpia.co.kr

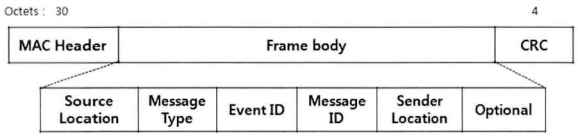

그림 5. 제안하는 시스템에서의 메시지 구성
Fig. 5. Message format of EWM

터를 위한 프레임 본체 (Frame body), 그리고 에러 검사를 위한 CRC (Cyclic Redundancy Check)로 구성되고, 새로운 방안을 위해 프레임 본체에 추가로 5가지 메시지 필드를 정의한다.

새로운 메시지 필드는 위험 경고를 나타내는 메시지 종류 (Message Type), 경고의 식별자 (Event ID), 메시지 식별자 (Message ID), 그리고 메시지를 전송하는 차량의 위치 (Sender Location)로 구성한다. 멀티 홉으로 위험 메시지를 전송할 때 중간에 매개하는 차량들은 위험 경고를 유일하게 식별할 수 있는 정보인 Event ID, 그리고 Message ID를 동일한 값으로 복사하고, Sender Location에는 자신의 위치로 갱신한다.

위험 경고 메시지 수신에 대한 차량들의 메시지 전송 방안은 다음과 같다. 위험 경고 메시지를 수신할 경우, 새로운 메시지 여부를 메시지 생성자 주소, 메시지 종류, 경고의 식별자 그리고 메시지 식별자 필드를 이용하여 확인한다. 새로운 위험 경고 메시지를 수신한 경우, 메시지를 저장 장소에 저장하고 IEEE 802.11p에 따른 전송을 한다. 위험 경고 메시지보다 우선순위가 낮은 메시지가 전송을 위한 버퍼 (Buffer)에 저장된 경우 위험 경고 메시지를 우선하여 전송을 한다.

위험 경고 메시지가 동일 메시지 생성자 주소, 메시지 종류, 경고 식별자, 메시지 식별자를 갖는 경우는 저장된 메시지에 포함된 차량의 위치와 최근 수신한 위험 경고 메시지를 전송한 차량의 위치를 자신의 위치와 비교한다. 자신의 위치가 위험 경고 메시지를 전송한 차량들의 사이에 위치하면 위험 경고 메시지가 정상적으로 전달된 것으로 간주하여 더 이상 해당 메시지를 재전송하지 않는다. 만일 수신한 위험 경고 메시지가 동일 방향에서 수신한 경우, 즉 모두 앞에 위치한 차량들 또는 모두 뒤에 위치한 차량들인 경우, 저장된 메시지 전송 차량과 반대 방향의 차량이 메시지 전송할 때까지 주기적으로 재전송을 한다. 제안하는 방안을 요약하면 Algorithm 1과 같다.

본 논문에서 제안한 방안은 모든 차량이 GPS를 이용하여 정확한 위치를 아는 것을 가정하였으나, 각 차량이 두 개의 지향성 수신기가 있어 메시지 수신 방향을 알 경우에도 수신 데이터의 방향을 알 수 있으므로 확장 가능하다.

```
if (new message from a new originator) {
    Store the message;
    Try message transmission;
}
else { /*duplicate message*/
    Compare the positions of received messages;
    if (between message senders)
        no further periodic message transmission;
    else
        periodic transmission of warning message; }
```

Algorithm 1. 제안하는 알고리즘
Algorithm 1. Proposed algorithm

Ⅳ. 실 험

4.1. 실험 환경

본 절에서는 MATLAB으로 구현한 시뮬레이터를 통해 기존방안인 I-BIA와 제안된 방안의 성능을 비교한다. 논문 [7]에서 제안된 I-BIA (Intelligent Broadcasting Implicit Acknowledgement) 방안과 같이 CSMA/CA를 기반으로 하는 IEEE 802.11 환경에서 위험 경고 메시지를 방송형 전송을 반복하여 전달한다. 비교 성능으로는 정해진 시간동안 위험 경고 메시지가 전해지기까지의 전송성공률과 사고 시점으로부터 각 차량에게 성공적으로 위험 경고 메시지가 전달되는 시간 지연으로 한다. 모든 실험 결과는 200개의 다른 랜덤 초기 값으로 실험한 데이터의 평균을 사용한다.

표 1. 시뮬레이션 파라메터
Table 1. Simulation Parameters

	Item	Value
Vehicle Related Parameter	Fixed road length	1000m
	Number of cars	20 ~ 100
	Car length	1m
	Number of lane	1
Network Related Parameter	Transmission range	250m
	Message period	50ms
	Data rate	11Mbps
	EWM size	128Byte
	Background Traffic	[80-800] Kbps
	Contention Window	3 (Highest Priority)
	Slot size	20μs

www.dbpia.co.kr

실험을 위해 모든 차량들은 탑재된 GPS 등을 이용하여 각 차량의 위치를 안다고 가정한다. 위험 경고 메시지는 무지향성 안테나에 의해 전송되고, 메시지 충돌이 없을 경우 전송 범위 안의 모든 차량들이 메시지를 성공적으로 수신한다고 가정한다. 위험 메시지 전송과 관련된 통신 및 네트워크 환경은 표 1과 같다.

4.2. 구간 내 메시지 수신 성능

차량 추돌 사고를 방지하기 위해 연속된 차량 열에서 차량들이 위험 경고 메시지를 수신하는 성능이 중요하다. 이러한 성능을 알아보기 위해 1000m로 고정된 구간에서 차량들은 주어진 구간 안에 균일 분포(Uniform distribution)를 갖도록 배치하고, 제안된 방안과 기존의 방안을 차량들 수에 따라 비교한다. 실제의 통신 환경을 반영하기 위해 각 차량이 전송하는 배경 트래픽(Background Traffic)의 크기는 800kbps로 설정하고, 각 차량들이 독립적으로 임의 전송하도록 설정한다.

그림 6은 차량 수의 변화에 따라 일정 시간 (0.5초와 0.7초) 내에 위험 경고 메시지를 수신한 차량의 비율을 나타낸다. 차량의 수가 증가함에 따라 메시지 충돌이 증가하므로 주어진 시간 안에 위험 경고 메시지를 수신한 차량의 비율이 감소한다. 차량이 밀집할수록 기존의 방안과 제안한 방안인 TWIA의 성능 차가 크다. 주어진 구간 내 차량이 60대가 존재할 경우는 0.7초 내에 메시지를 수신한 차량의 비율이 약 2% 개선되지만, 차량이 밀집할수록 성능 개선이 증가하여 100대인 경우는 12%의 성능이 개선되었다. 차량이 밀집할수록 CSMA/CA에 의한 메시지 충돌로 미수신 차량이 증가하므로, 제안된 방안과 같이 메시지 미수신 차량들이 전방차량과 후방차량에서 전달되는 메시지를 수신하는 것이 위험 경고 메시지 전달에 더 효과적이다.

차량의 위치별 전송 지연을 비교하기 위해 1000m 구간에 60대의 차량이 균일 분포한 경우를 비교한다. 그림 7은 최초 사고발생 차량 (첫 번째 차량)으로부터 각 차량들이 위험 경고 메시지를 수신할 때까지의 평균 지연시간을 나타낸다.

CSMA/CA에 의한 메시지 충돌 문제로 인해 중간에 위치한 차량들 중에 후방 차량보다 늦게 위험 경고 메시지를 수신한 경우가 발생하고, 제안된 방안은 이러한 경우를 개선하기 위해 후방의 차량에서 전달되는 메시지도 고려하므로 기존의 방법보다 메시지 미수신 차량들에게 위험 경고 메시지를 빨리 전달한다. 따라서 첫 번째 차량으로부터 수신한 차량 이후의 차

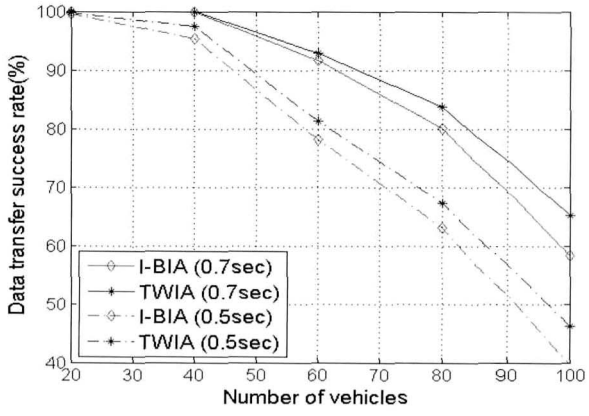

그림 6. 주어진 시간 이내에 메시지 수신 성공률
Fig. 6. Successfull delivery rate versus the number of vehicles

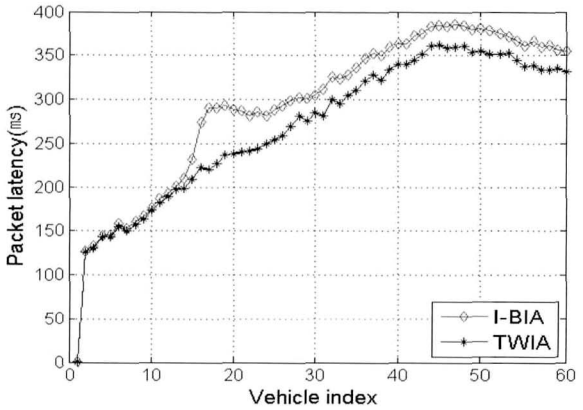

그림 7. 각 차량이 메시지를 수신하기까지 소요된 시간 (BGT=800kbps)
Fig. 7. Packet latency versus vehicles (BGT= 800kbps)

량들(두 홉 이상의 거리에 위치한 차량들)부터 평균 수신 지연 시간의 성능차이가 발생한다. 첫 번째 차량이 위험 경고 메시지를 전송할 때 후방의 차량들의 배경 트래픽과 메시지 충돌이 발생하여 전송이 실패하기 때문에 첫 번째 차량과 두 번째의 차량의 수신 지연이 큰 차이를 보인다.

4.3. 배경 트래픽의 영향

배경 트래픽의 변화에 따른 각 차량의 수신지연에 미치는 영향을 알아보기 위해 그림 7과 같은 실험 환경에서 배경 트래픽을 80kbps으로 설정하였다. 그림 8에서 보듯이 800kbps의 배경 트래픽인 경우(그림 7)와 비교하여 전반적인 전송 지연은 줄어든다. 그러나 기존의 방안은 메시지 충돌로 인해 메시지를 받지 못하는 영역이 상대적으로 더 두드러지게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은

www.dbpia.co.kr

배경 트래픽에 의한 메시지 충돌은 줄어들지만 위험 경고 메시지 간의 충돌은 동일하기 때문이다.

TWIA는 후방 차량으로부터의 수신 메시지를 이용하므로 I-BIA방안보다 중간의 위험 경고 메시지 미 수신 차량들이 적게 발생한다. 이러한 중간의 위험 경고 메시지 미 수신 차량들은 배경 트래픽을 발생시키므로 그림 8의 I-BIA 경우에서 보듯이 다른 차량들의 위험 경고 메시지 전달이 방해를 받게 된다. 따라서 TWIA방안의 경우 I-BIA방안보다 중간의 미 수신 차량들이 적으므로 배경 트래픽의 영향은 줄이는 한편, 위험 경고메시지를 뒤의 차량들로 효과적으로 메시지 전달한다.

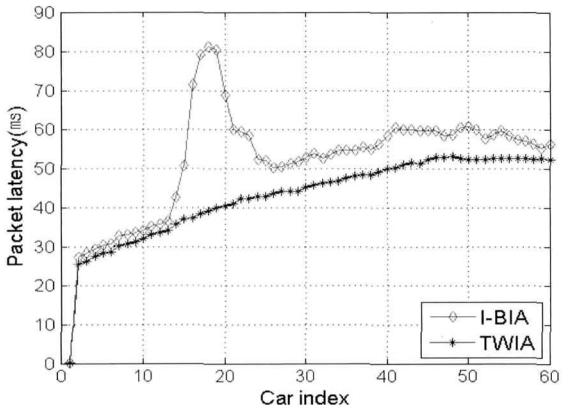

그림 8. 각 차량이 메시지를 수신하기까지 소요된 시간 (BGT=80kbps)
Fig. 8. Packet latency versus vehicles (BGT=80kbps)

4.4. 구간 맨 뒤 차량 받기까지의 성능

그림 9는 IV-2절과 같은 실험 환경에서 맨 끝에 위치한 차량이 메시지를 받기까지 걸린 시간 지연을 나타낸다. 본 논문에서 제안한 방안인 TWIA과 기존의 방안 모두 묵시적 수신 확인으로 재전송을 중단하여 메시지 충돌 확률을 줄인다. 그렇지만, TWIA는 전방과 후방의 메시지를 모두 전송에 사용하므로 CSMA/CA의 메시지 충돌로 인해 미 수신 차량 (예, 그림 4의 5번과 6번 차량)이 발생하더라도 후방의 차량으로부터 메시지를 수신하고 이를 다시 후방의 차량으로 전달하므로 기존의 방안인 I-BIA보다 빨리 전달한다. 그림 7과 8에서 보듯이 I-BIA는 충돌이 많은 구간에서 미 수신 차량들(그림 7과 8의 차량 15~25번)로 인해 TWIA보다 시간 지연이 길어지고 이러한 영향으로 뒷 차량에게 메시지를 전달할 때 시간지연이 길어진다. 실험 결과 본 논문에서 제안한 방안이 기존의 방안인 I-BIA보다 주어진 구간 내 차량 수가 60대인 경우 6%, 100대인 경우 9%의 위험 경고 메시지 전송 지연 시간이 개선되었다.

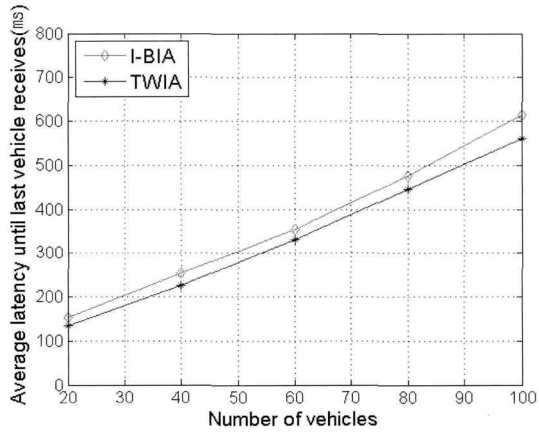

그림 9. 구간 맨 끝의 차량이 메시지를 수신하기까지 걸린 시간
Fig. 9. Average delay until the last vehicle receives an EWM

V. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11p를 기반으로 하는 차량 간 무선통신에서 효과적인 위험 경고 메시지를 전송하기 위한 방안을 제안하였다. IEEE 802.11p는 다중 접속방식으로 CSMA/CA를 사용하고, 위험 경고 메시지 전송 시 방송형 방식과 멀티 홉 방식으로 후방의 차량들에게 전송을 한다. 따라서 위험 메시지 전송에 참여하는 차량 수가 많아질수록 메시지 충돌에 의한 전송 지연 시간이 증가한다. 이러한 전송 지연 문제를 줄이기 위해 묵시적인 수신확인 방안을 고려하여 불필요한 메시지 전송을 줄임으로 메시지 전송 성능을 향상시키는 TWIA방안을 제안하였다. 본 논문에서 제안된 방안은 기존의 방안과 달리 CSMA/CA의 특성상 뒤에 위치한 차량이 먼저 메시지를 수신하고, 앞으로 메시지를 전달하는 경우도 고려하였다. 제안된 위험 경고 메시지 전송 방안은 실험을 통해 기존의 방안에 비해 위험 메시지 전송 성능이 개선되는 것을 보였다. 특히, 1000m 내에 100대 차량이 위험 경고 메시지 전송에 참여한 경우 기존의 방안보다 0.7초 내에 위험 경고 메시지를 수신한 차량 비율이 I-BIA에 의한 메시지 수신 차량 비율 대비 12% 개선되었으며, 차량이 밀집할수록 이러한 성능이 더 향상되었다.

참 고 문 헌

[1] 보건복지부, "교통사고(일반) : 개요 및 주요 손상기전," 2011.

www.dbpia.co.kr

[2] 도로교통공단, "지역별 교통사고통계 보고서", 2011.

[3] C. D. Wang, and J. P. Thompson. "Apparatus and method for motion detection and tracking of objects in a region for collision avoidance utilizing a real-time adaptive probabilistic neural network,", *US.Patent No. 5,613,039*, 1997.

[4] M. Green, "How Long Does It Take To Stop? Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times", *Transportation Human Factors*, 2(3):195-216, 2000.

[[5] 곽동용, 이소연, 윤현정, "V2X 네트워킹 기술 표준화 동향", *TTA Journal,* No.124, pp.70-74, 8월, 2009.

[6] ASTM E2213-03, "Standard Specification for Telecommunications and Information Exchange Between Roadside and Vehicle Systems - 5 GHz Band Dedicated Short Range Communications (DSRC) Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", *ASTM International*, 7월, 2003.

[7] S.Biswas, R, Tachikou, F. Dion, "Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication protocols for Enhancing Highway Traffic Safety", *IEEE Communication Magazine*, pp.74-82, Jan., 2006.

[8] 이성렬, 유준, 정지웅, 정승은, 김종권, "VANET에서의 무선 전송 기술 : IEEE 802.11p WAVE Standar 중심으로", 정보통신기술, Vol.22, No.1, 5월, 2008.

[9] TechnoCom, "The WAVE Communications Stack: IEEE 802.11p, 1609.4 and 1609.3", *IEEE VTC'07*, 9월, 2007.

[10] S. Rackley, "Wireless networking technology: from principles to successful ", *Elsevier*, 2007.

[11] F. Bay, H. Krishnan, V. Sadekar, G. Holland, T. Elbatt, "Towards Characterizing and Classifying Communication-based Automotive Applications from a Wireless Networking Perspective", *IEEE workshop on Automotive Networking and Applications*, 2006.

[12] P. Brenner, "A Technical Tutorial on the IEEE 802.11 Protocol", *Breezecom Wireless Communication*, pp.1-24, 1996.

[13] X. Yang, J. Liu, F. Zhao, N. H. Vaidya, "A Vehicle-to-Vehicle Communication protocol for Cooperative Collision Warning", *MobiQuitous'04*, pp.114~123, 2004.

변 재 욱 (Jaeuk Byun) 학생회원

2007년 3월~현재 울산대학교 전기공학부 학사과정

<관심분야> 통신공학, 차세대 통신 네트워크

권 성 오 (Sungoh Kwon) 종신회원

1994년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 학사

1996년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사

1996년 3월~2001년 1월 신세기통신 기술연구소

2007년 8월 Purdue University ECE 박사

2007년 8월~2010년 2월 삼성전자 DMC연구소 수석연구원

2010년 3월~현재 울산대학교 전기공학부 조교수

<관심분야> 이동통신 네트워크, MAC 설계, 간섭제어, 최적화

www.dbpia.co.kr