

차량 간 통신을 이용한 저비용 사고 위험 방지 기술에 관한 연구

이지훈[†], 김대엽^{**}

요 약

차량 간 통신 기술을 적용한 차량의 안전 시스템은 시시각각 변하는 정보를 주변 차량으로 신속히 전파될 수 있기 때문에 사고 발생 위험 최소화 및 추돌 사고의 확산을 방지할 수 있을 것으로 기대된다. 현재 차량 간 통신 지원을 위해 IEEE 802.11 DCF 기반 Flooding 기법을 활용한 정보 전달 기술을 활용하는 방안이 제시되고 있지만, 차량 밀도가 높아짐에 따라 채널 접근 권한 획득 확률이 낮아짐에 따라 전송 효율이 낮아지는 단점을 노출하고 있다. 따라서, 본 논문은 이러한 문제점을 개선하기 위해 각 차량들이 현재 주행상태에 따른 위험도를 감지하고 이에 근거하여 메시지 전송 빈도를 적응적으로 조절하게 하여 메시지 교환 효율을 증대시키는 방안을 제안한다. 또한, 제안 방안의 성능 검증을 위해 시뮬레이션을 통해 기존 Flooding 기반 방안과의 비교 분석을 수행한다.

A Study on Low-Overhead Collision Warning Scheme using Vehicle-to-Vehicle Communications

Ji-Hoon Lee[†], Dae-Youb Kim^{**}

ABSTRACT

It is expected that the vehicle safety systems using vehicle-to-vehicle communication can reduce the possibility of vehicle collision and prevent the chain crash by promptly delivering the status of neighboring vehicles. Many IEEE 802.11 DCF based Flooding schemes have been proposed, but they may generally expose the problems that the transmission efficiency is sharply declined as the vehicle density has increased and then is related to the low possibility of the channel access. Therefore, this paper proposes a collision prevention scheme using adaptively controlling the frequency of the message exchanges based on the current status of neighboring vehicles. Moreover, it is shown from simulation that the proposed scheme provides the performance gains over the existing Flooding based scheme.

Key words: Vehicle-to-Vehicle communication(차량 간 통신), Adaptive transmission control, IEEE 802.11(사고위험 방지)

1. 서 론

최근 첨단 IT 기술을 활용하여 교통과 관련한 다양한 문제를 해결할 수 있는 ITS (Intelligent Transportation System)의 도입이 활발히 추진되고 있다. 이러한 ITS 시스템에서 다양한 정보 및 데이터를 효율적으로 송수신하기 위한 통신 기술의 중요성이 특히 강조되고 있는데, 도로 및 시설물의 지지국과 차량

sport System)의 도입이 활발히 추진되고 있다. 이러한 ITS 시스템에서 다양한 정보 및 데이터를 효율적으로 송수신하기 위한 통신 기술의 중요성이 특히 강조되고 있는데, 도로 및 시설물의 지지국과 차량

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김대엽, 주소 : 경기도 화성시봉담읍 와우리 산2-2 수원대학교 정보보호학과 (445-743), 전화 : 031) 229-8352, FAX : 031)229-8283, E-mail : daeyoub69@suwon.ac.kr

접수일 : 2012년 7월 5일, 수정일 : 2012년 8월 13일

완료일 : 2012년 8월 27일

[†] 정회원, 상명대학교 정보통신공학과
(E-mail : vincent@smu.ac.kr)

^{**} 정회원, 수원대학교 정보보호학과

간의 통신 기술인 '차량-인프라 통신 기술 (V2I, Vehicle-to-Infrastructure communication)' 이외에도 도로측 인프라를 거치지 않고 주행하는 차량끼리 직접 통신할 수 있는 '차량대 차량 통신 기술 (V2V, Vehicle-to-Vehicle communication)'의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이는 사고의 발생, 도로 정보, 차량 주행 상태 등을 인접 차량과 실시간으로 통신함으로써 정보를 주고 받고 함으로써 보다 안전하고 효율적인 주행을 도울 수 있다[1,2].

V2V 통신 기술은 차량 주행 및 교통과 관련된 다양한 응용 서비스에 적용될 수 있는데, 인프라를 거치지 않고 실시간으로 빠르게 정보를 주고 받을 수 있기 때문에 특히 충돌 감지 및 전방의 사고 전과 등 주로 안전성을 증가시킬 수 있는 서비스에서 주요하게 사용될 것으로 예상된다. 자동차는 도보와 달리 고속으로 주행하는 것이 특징이고 다양한 원인으로 운전자의 집중도가 저하될 위험이 높으므로 특정 지점의 차량 사고는 연쇄적인 추돌 사고로 이어질 가능성이 크다. 따라서 V2V 통신 기술을 적용한 차량의 안전 시스템은 시시각각 변하는 정보를 주변 차량으로 신속히 전파될 수 있기 때문에 사고 발생 위험 최소화 및 추돌 사고의 확산을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문 이러한 V2V 통신 기반 서비스 가운데 위험 상황에 따른 주행로 변경 및 예상 충돌 방지를 위한 기술에 집중하며, 이를 통해 주변 위치에 차량들이 존재하는지를 판단하여 충돌 위험시 운전자에게 주행로 변경 등 예상 위험 경로를 적절히 제공할 수 있다. 또한 피할 수 없는 충돌에 대해 미리 경고함으로써 에어백, 전방범퍼, 안전벨트를 미리 제어할 수 있도록 준비하여 차량과 운전자의 충격을 최소화하는데 도움을 줄 수 있다.

따라서, 이와 같은 기능을 적절하게 제공하기 위해서는 무엇보다도 각 차량들이 자신의 주변 차량에 자차의 정보를 담은 메시지를 실시간으로 Broadcasting (Flooding)할 수 있어야 한다. 현재 V2V 통신 기반의 Broadcasting을 지원하는 위해서는 다양한 통신 기술이 제안되고 있는데 특히 IEEE 802.11 기반의 무선랜 기술을 다양한 차량들이 공통채널을 공유하는 DCF (Distributed coordination function) 전송 방식을 사용하여 기반 인프라가 없는 차량 간 데이터 교환을 효율적으로 지원할 수 있다[1-3].

DCF 전송 방식은 각 노드의 공통 사용 가능 채널 (공유 채널)에 대한 경쟁을 기반으로 하는 것으로서 두 개 이상의 노드가 동시에 채널을 사용하고자 할 때는 채널이 비었음을 감지한 후 각자의 대기 시간 (Contention window, CW)을 기다린 후에 임의의 시간에 채널에 접근함으로써 사용권한을 획득하게 된다. 이는 구현이 용이하고 일정한 형태의 통신망 구성이 없는 애드혹 기반의 차량 통신 환경에서 높은 효율성을 가져올 수 있다는 장점이 있지만, 각 차량들이 자신의 메시지 전송 빈도를 어떻게 설정하느냐가 중요한 문제가 될 수 있다. 즉, 일정 반경 내 차량들이 메시지를 너무 빈번하게 중계할 경우 인근 노드에 상당한 과부하를 줄 수 있고 또한 동시에 메시지를 전송하려는 과정에서 충돌 현상이 일어날 가능성이 높기에 전송 시간이 지연되고 효율적인 채널 사용이 어려워질 수 있다. 그러나 반대로 메시지 전송 주기가 너무 길다면 각 차량들이 주변 환경을 실시간으로 적절히 인지하기 어려울 수 있기 때문에 이에 대한 개선이 필요하다[4-8].

그러므로, 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선할 수 있는 V2V 통신 기반의 사고방지 기술에 대해 설명하며, 이는 각 차량들이 현재 주행상태에 따른 위험도를 파악하고 이에 근거하여 메시지의 전송 빈도를 적절히 조절하는 기술을 제안한다. 즉, 위험도가 증가하는 경우에는 메시지 교환 빈도를 증가시킴으로써 운전자 및 차량 내부 시스템이 적절한 조치를 취할 수 있도록 유도하며, 반대로 위험도의 상태가 상대적으로 높지 않은 경우에는 이를 적절히 낮춤으로써 필요 이상의 메시지 교환 발생을 방지할 수 있다.

2. 802.11 기반 차량 간 통신

차량 통신을 이용한 사고 방지 기능을 제공하기 위해서는 각 차량들이 자신의 주변 차량에 자차의 정보를 담은 메시지를 실시간으로 Broadcasting (Flooding)할 수 있어야 한다. 현재 V2V 통신 기반의 Broadcasting을 지원하는 위해서는 다양한 통신 기술이 제안되고 있는데 특히 IEEE 802.11 기반의 무선랜 기술을 다양한 차량들이 공통채널을 공유하는 DCF (Distributed coordination function) 전송 방식을 사용하여 기반 인프라가 없는 차량 간 데이터 교환을 효율적으로 지원할 수 있다[1,2].

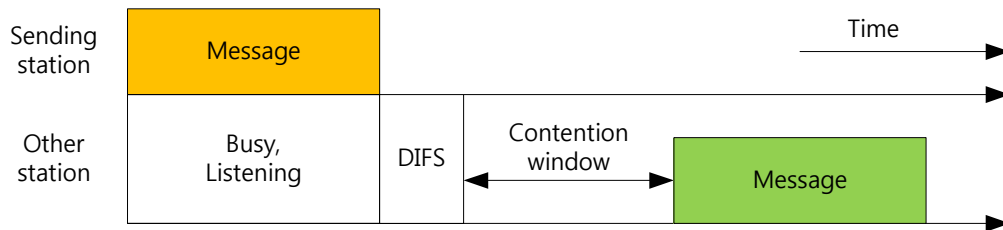


그림 1. IEEE 802.11 DCF 모델에서의 다수 노드간 채널 접근 절차 및 전송 절차

DCF 전송 방식은 그림 1과 같이 각 노드의 공통 사용 가능 채널 (공유 채널)에 대한 경쟁을 기반으로 하는 것으로서 두 개 이상의 노드가 동시에 채널을 사용하고자 할 때는 채널이 비었음을 감지한 후 각자의 대기 시간 (Contention window, CW)을 기다린 후에 임의의 시간에 채널에 접근함으로써 사용권을 획득하게 된다. 이는 구현이 용이하고 일정한 형태의 통신망 구성이 없는 애드혹 기반의 차량 통신 환경에서 높은 효율성을 가져올 수 있다는 장점이 있지만, 본 상황에서는 각 차량들이 자신의 메시지 전송 빈도를 어떻게 설정하느냐가 중요한 문제가 될 수 있다. 즉, 일정 반경 내 차량들이 메시지를 너무 빈번하게 중계할 경우 인근 노드에 상당한 과부하를 줄 수 있고 또한 동시에 메시지를 전송하려는 과정에서 충돌 현상이 일어날 가능성이 높기에 전송 시간이 지연되고 효율적인 채널 사용이 어려워질 수 있다. 그러나 반대로 메시지 전송 주기가 너무 길다면 각 차량들이 주변 환경을 실시간으로 적절히 인지하기 어려울 수 있기 때문에 이에 대한 개선이 필요하다.

3. 제안 방식

본 논문은 차량 간 근거리 통신을 활용하여 주행

차량 간 메시지를 효율적으로 교환하여 각종 사고를 예방할 수 있는 기술을 제시하며 구체적인 동작과정은 다음과 같다.

3.1 환경 설정

본 논문에서는 일반 도로 및 고속도로 등 여러 차량들이 다중 차선으로 나뉘어 같은 방향으로 주행하는 환경을 가정한다. 이 때 도로위의 차량들을 그림 2와 같이 자신을 중심으로 한 일정 반경 내에서 공통 채널에 접근하여 비콘 (Beacon) 메시지를 전송할 수 있다. 이 때 비콘 메시지에는 자차의 식별자 (ID), 위치 및 속도 등을 포함할 수 있으며, 전송 반경보다 더 먼 곳의 차량들로부터는 메시지가 수신될 수 없음을 가정한다.

따라서 각 차량들은 주변 차량들로부터 수신받은 비콘 메시지 정보를 토대로 메시지 전송 반경 내의 차량을 인지할 수 있고 이를 근간으로 자차의 예상 위험도 (Expected risk value)를 산출할 수 있다. 여기에서 예상 위험도란 주행환경 (상대 속도, 근접 차량 위치, 차량 밀도 등의 변수)에 따라 정량적으로 산출한 자차의 위험 노출 정도를 말하는데, 임의의 차량 i 의 예상 위험도는 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

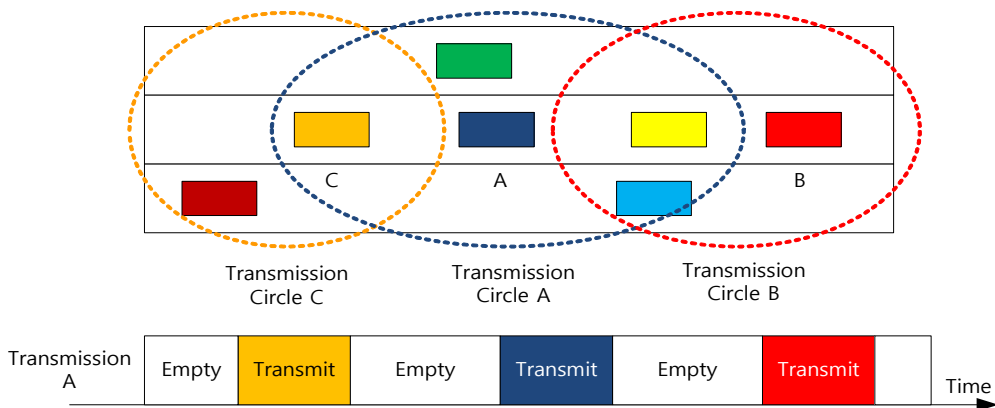


그림 2. 차량 통신 구성 및 채널 접근 설정

$$C(i) = v(i) + \sum_{i \neq j \in R(i)} f(j)v(j) \tag{1}$$

여기에서 $R(i)$ 는 차량 i 의 전송반경, $v(j)$ 는 $R(i)$ 내에 속하는 차량 j 의 주행 속도를 의미하는데 이는 차량 i 가 비콘 메시지를 실시간으로 수신함으로써 얻을 수 있다. 따라서 $R(i)$ 내의 차량 수가 증가할수록 그리고 각 $v(j)$ 가 높을수록 위험도 $C(i)$ 는 증가하게 되는 것이다. 또한 $f(j)$ 는 $v(j)$ 의 계수로 정의할 수 있는데 이는 각 차의 노선 위치에 따라 상이하게 부여됨으로써 차량 i 와 가까울수록 더 높은 값을 가질 수 있도록 설정된다. 따라서 $f(j)$ 는 식 (2)와 같이 표현될 수 있다.

$$f(j) = \frac{1}{\alpha^{d(i,j)}} \tag{2}$$

α 는 $f(j)$ 의 산출을 위한 계수이며, $d(i, j)$ 는 차량 i 와 j 의 이격 노선 수를 나타낸다. 따라서 상기 수식에 의해 현재 차량 i 에서 원거리에 위치할수록 $f(j)$ 가 낮아지면서 $C(i)$ 에서 $v(j)$ 의 중요도를 감소시키게 된다. 따라서 상기 수식들에 의해 해당 차량 밀집도 및 차량들의 상대적 위치 및 속도를 반영하여 예상 위험

도가 적응적으로 설정되며, 각 차량들은 실시간으로 이를 비콘 메시지에 실어 전송하므로 이를 수신한 차량들은 주변 차량의 예상 위험도를 파악할 수 있게 된다.

3.2 차량의 주행 상태에 따른 동작

만일 특정 차량 (예, 차량 A)의 위험도가 그림 3과 같이 상향 한계치를 초과하는 경우, 주위 차량들은 비콘 메시지를 분석하여 이를 인지할 수 있다. 이때 차량 A의 전송 반경 내에 있는 모든 차량들은 메시지 전송 주기를 위험도에 따라 축소하게 되는데, 이에 따라 각 차량들의 메시지 전송이 보다 빈번하게 이루어지면서 각 차량의 정보가 빠르게 업데이트될 수 있다. 따라서 각 차량 시스템은 이러한 정보를 바탕으로 안전을 확보할 수 있는 조치를 취하고 실시간으로 위험 상황에 신속하게 대처할 수 있으므로 사고 위험을 크게 감소시킬 수 있다.

반대로, 그림 4와 같이 차량 A의 전송 반경 내 차량의 위험도가 하향 한계치 이하로 낮아지면 이에 따라 메시지 전송 주기를 일정 수준으로 증가시킬

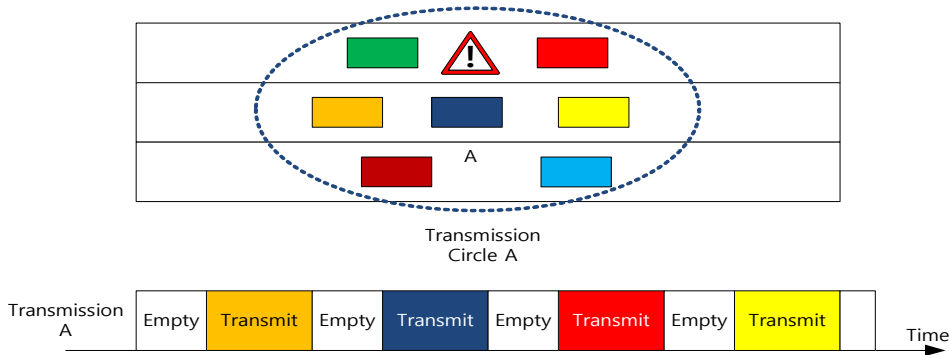


그림 3. 차량 위험도 증가 환경 및 이에 따른 채널 접근 설정

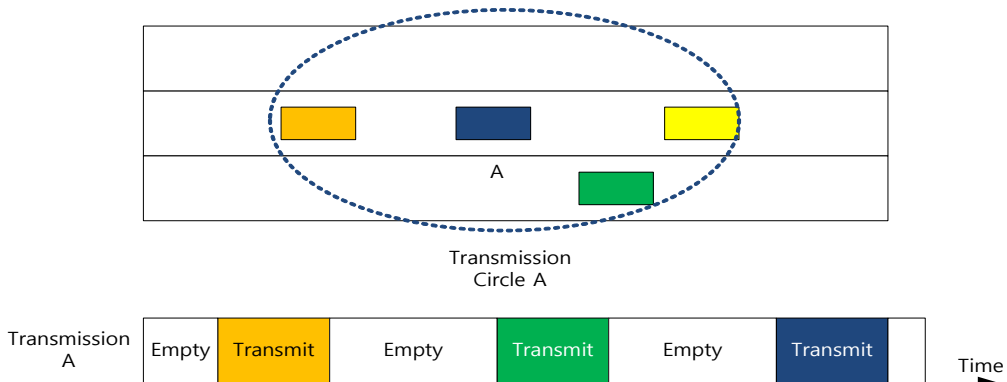


그림 4. 차량 위험도 감소 환경 및 이에 따른 채널 접근 설정

수 있다. 이와 같은 상황에서는 메시지의 송수신 빈도를 줄여도 각 차량의 위치 파악 및 위험에 미치는 영향이 미미할 것으로 판단되므로 긴 전송 주기를 유지할 수 있는 것이다. 그러므로 전송 전력 절약 및 각 차량의 메시지 송수신에 따른 시스템의 과부하를 절감할 수 있는 효과가 있다. 이와 같이 위험도에 따른 전송 주기 조절 방안에 대해서는 그림 5와 같이 표현할 수 있다.

한편, 각 차량은 그림 2의 주행 환경과 같이 주변 차량의 여러 영역에 걸칠 수 있는데, 이때 각 영역의 위험도가 서로 상이할 경우, 메시지 전송 주기를 어떻게 결정하는지의 여부가 문제될 수 있다. 이런 경우에는 차량 사고의 위험을 방지하고자 메시지 전송 주기 감소 입력을 최우선적으로 처리하고 주기 증가 입력을 가장 낮은 우선순위로 처리하게 된다.

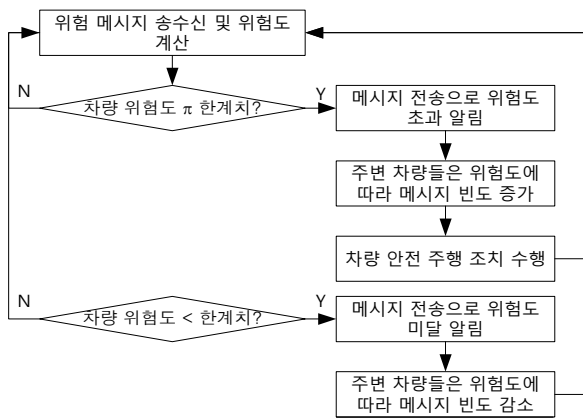


그림 5. 위험도에 따른 전송 주기 조절 방안

4. 성능 분석

본 절에서는 제안한 방식과 Flooding 기반의 기존 시스템을 시뮬레이션을 사용하여 비교 분석하여 평가한다. 무선 채널 특성은 802.11b 규격을 따르며, 11Mbps의 채널 비트율을 갖는다. 무선 전송 범위는 DSRC [1]에서 제안한 것처럼 300 미터로 규정하였으며, 기본 비콘 메시지 주기는 100ms로 하였다. MAC 프로토콜은 IEEE 802.11 DCF를 근간으로 하였으며 그 위에 제안 방안을 추가하였다. 제안 방안의 효율성을 검증하기 위해 차량 수의 변화에 따른 제어 메시지 오버헤드를 평가하였다. 또한, 특정 차선에서의 사고 알람에 의해 해당 차선에 있는 차량에서 사고를 감지하여 차량 속도를 감소시키는데 걸리

는 시간을 측정하기 위해 사고 알람 메시지 전송이 완료되는 시간을 측정하여 제안 방안의 전송 효율을 검증하였다.

그림 6에서는 총 3개의 차선으로 이루어진 임의의 도로에서 랜덤하게 차량 사고를 발생시키고 이에 따라 발생하는 제어 메시지의 발생량을 측정하였다. 그림에서 보이는 바와 같이 제안 방안은 기존 Flooding 기반의 방안 대비 비콘 메시지 전송을 효율적으로 제어할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이는 제안 방안을 적용함으로써 차량 사고가 발생하는 차선에 위치한 차량에서만 비콘 메시지 발생을 증가하며 타 차선 내의 차량들은 상대적으로 비콘 메시지 전송 주기를 증가시킴으로써 전송 오버헤드 증가를 상쇄시킬 수 있다는 것과 전송 메시지 증가를 최소화함을 보여준다.

그림 7은 비콘 메시지 전송 주기 조절을 통한 전송 효율을 검증하기 위해 사고 알람 메시지 전송 지연값을 측정한 결과를 보여준다. 그림 7에서 보이는 것처럼, 기존 Flooding 기반 방안은 차량 사고 유무에 상관없이 주기에 따라 모든 차량들이 비콘 메시지를 지속적으로 발생함에 따라 차량 사고 발생시 주변의

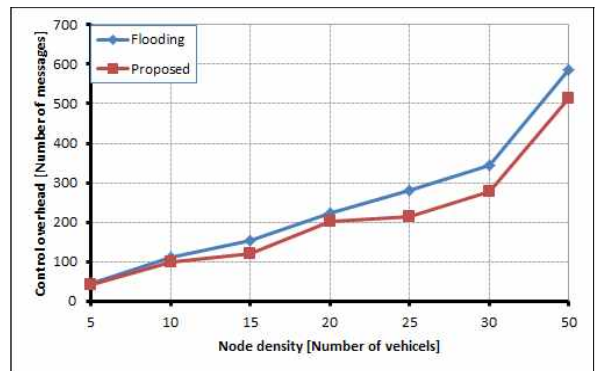


그림 6. 메시지 오버헤드 비율

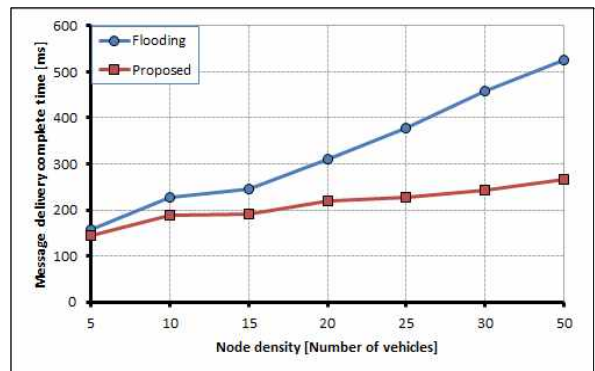


그림 7. 메시지 전송 완료 시간

차량들이 차량 사고를 감지하는데 차량 사고 정보를 전달하는 역할을 수행하는 relay 차량들의 전송 주기에 따라 사고 감지 시간이 좌우된다. 따라서, 차량의 밀도가 높아짐에 따라 차량 감지 지연 시간도 함께 증가하게 된다. 이와 달리, 제안 방안은 차량 사고가 발생한 차선에 위치한 차량들만 전송 주기를 증가시켜 비콘 메시지의 충돌 확률을 낮춤과 동시에 차량 사고 감지 시간을 감소시킬 수 있었다. 이는 제안 방안이 차량 수의 증가와는 무관하게 차량 사고 정보를 빠르게 전달함에 따라 후속 사고의 재발 가능성을 낮출 수 있음을 의미한다.

5. 결 론

본 논문은 각 차량들이 주행 환경에 따른 예상 위험도의 산정을 통해 비콘 메시지의 전송 주기를 효율적으로 조절하는 기술을 제안하며, 제안 방안이 갖는 특징은 다음과 같다. 각 차량 간 신속하고 원활하게 메시지를 교환하고 불필요한 전송 전력의 낭비를 최소화할 수 있으며, 메시지의 중복 송수신을 효과적으로 방지하여 차량 시스템의 과부하를 경감할 수 있다. 마지막으로, WAVE, Wi-Fi 등 IEEE 802.11 계열의 프로토콜에 적절히 호환하여 쉽게 구현될 수 있다.

참 고 문 헌

[1] W. Fisher, *Development of DSRC/WAVE Standards, IEEE 802.11-07/2045r0*, 2007.
 [2] IEEE, *Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE) in Standard 802.11 Information Technology Telecommunications and Infor-*

mation Exchange Between Systems, Local and Metropolitan Area Networks, Specific Requirements, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 802.11p/ D1.0, 2006.

- [3] IEEE, *Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*, IEEE 802.11 WG, 1999.
 [4] T. Elbatt, S.K. Goel, G. Holland, H. Krishnan, and J. Parikh, "Cooperative Collision Warning using Dedicated Short Range Wireless Communications," *ACM Workshop on Vehicular Ad hoc Networks*, pp. 1-9, 2006.
 [5] T. Kosch, I. Kulp, M. Bechler, M. Strassberger, B. Weyl, and R. Lasowski, "Communication Architecture for Cooperative Systems in Europe," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 47, No. 5, pp. 116-125, 2009.
 [6] R. Uzcategui and G. Acosta-Marum, "Wave: a Tutorial," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 47, No. 5, pp. 106-133, 2009.
 [7] K. Padmavathi and R. Maneendhar, "A Surveying on Road Safety using Vehicular Communication Networks," *Journal of Computer Applications*, Vol. 5, No. EICA2012-4, pp. 460-465, 2012.
 [8] 박정화, 강문수, "차량 네트워크를 위한 긴급 메시지 브로드캐스트 기법," *한국멀티미디어 학회 논문지*, 제15권, 제3호, pp. 372-379, 2012.



이 지 훈

1998년 3월~2001년 8월 고려대
학교 대학원 전자공학과
공학박사

2001년 9월~2002년 3월 고려대
학교 차세대인터넷 센터
Research fellow

2002년 4월~2012년 2월 삼성전자 종합기술원 전문연구원
2012년 3월~현재 상명대 정보통신공학과 조교수
관심분야: 미래인터넷, CCN, 이동통신, M2M, 네트워크
보안



김 대 엽

1997년 3월~2000년 2월 고려대
학교 대학원 수학과 이학
박사

1997년 9월~2000년 3월 (주)텔리
맨 CAS팀 연구원

2000년 4월~2002년 8월 시큐아
이닷컴 정보보호연구소
차장

2002년 9월~2012년 2월 삼성전자 종합기술원 전문연구원
2012년 3월~현재 수원대 정보보호학과 전임강사
관심분야: 보안프로토콜, 네트워크 보안, 콘텐츠 보안,
미래 인터넷 보안, S/W 보안