

교차로에서의 안전 좌회전을 위한 차량간 통신 기반 알고리즘 설계 및 구현

서현수*, 김효연*, 노동규**, 이상선°

Algorithm Design and Implementation for Safe Left Turn at an Intersection Based on Vehicle-to-Vehicle Communications

Hyun-Soo Seo*, Hyo-Un Kim*, Dong-Gyu Noh**, Sang-Sun Lee°

요 약

차량 통신 프로토콜은 IEEE 802.11 WG과 P1609에서 진행하고 있는 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments)가 대표적이며, 보안 등을 제외한 MAC과 PHY에 대한 부분은 표준으로 제정되었다. 이러한 차량 통신을 이용하여 운전자들의 안전과 전체 교통 흐름의 원활한 통제를 위해 국내외에서 많은 프로젝트가 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 교차로에서 좌회전 시도 시에 위험 상황이 예상되면 운전자에게 알려주기 위한 차량간 통신 기반 안전서비스 알고리즘을 설계하였고, 이를 실제 구현하였다. 제안하는 알고리즘은 자차와 반대편에서의 접근차량에 대한 모델을 구성하고 충돌 위험이 있을 경우 운전자에게 HMI(Human Machine Interface)를 통해 경고를 주게 된다. 본 안전 서비스의 성능 테스트를 위해 테스트 차량을 이용하여 알고리즘을 시스템에 탑재하였으며, 테스트 케이스를 구성하여 성능 시험장에서 검증하였다. 테스트 결과로써, 우수한 성능을 나타냈으며, 앞으로 차량 통신 인프라가 설치된다면 V2I(Vehicle to Infrastructure) 통신을 이용하여 본 알고리즘을 보다 정밀하게 보완해야 할 것이다.

Key Words : V2X communications, WAVE, Safety services, ITS, Left turn in an intersection

ABSTRACT

WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments) is a representative V2V communication protocol and its standards of MAC and PHY parts except for security were published. In order to control traffic flow and ensure driver's safety using V2V communication, various projects are conducting. In particular, safety application has been researched. Therefore, in this paper, we designed the safety application algorithm, which informs a driver of the dangerous status when driver tries to turn left in an intersection and we also implemented the algorithm. Proposed algorithm configures a model for a host vehicle and a vehicle coming in opposite lane and in case that there is collision hazard it provides warning message to driver by using HMI. In order to evaluate the proposed algorithm's performance, we configured the test bed using test vehicles and we tested the algorithm on proving ground with the composed test scenarios. As test results, our system showed excellent performance. If the infrastructures for V2I communications are constructed, we will optimize our system more precisely and stably.

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가 관리원의 산업융합원천기술개발 사업(정보통신)의 지원을 받아 수행되었음.[10040191, 고신뢰성 차량용 1Gbps급 동기식 이더넷 통합통신 기반기술 및 안전제어 시스템 적용기술개발]

• 주저자 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 유비쿼터스통신 연구실, digitalshs@hanyang.ac.kr, 준회원

° 교신저자 : 한양대학교 융합전자공학부 교수, ssnlee@hanyang.ac.kr, 종신회원

* 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과, kasim202@hanyang.ac.kr, 준회원

** 현대자동차 남양연구소, nodongman@hyundai.com

논문번호 : KICS2012-11-519, 접수일자 : 2012년 11월 1일, 최종논문접수일자 : 2013년 1월 18일

I. 서 론

현재 차량 통신에 대한 표준화가 진행되고 있으며, 대표적으로 WAVE가 있다^[1-3]. WAVE는 WLAN(Wireless Local Area Network)인 IEEE std 802.11을 기반으로 차량환경에 적합한 이동성 및 간단한 연결성을 제공하는 무선 통신 프로토콜이며, IEEE 802.11 WG과 P1609에서 추진하고 있다. 현재 보안 등 일부분을 제외하고 MAC과 PHY에 대한 부분에 대해서는 제정되었다. 프로토콜의 핵심 부분에 대한 표준 제정이 완료됨에 따라, 차량간 통신을 이용한 프로젝트를 통해 ITS(Intelligent Transport System) 기술이 개발되고 있으며, VSC-A(Vehicle Safety Communications-Applications) 프로젝트가 대표적이다^[4]. VSC-A 프로젝트에서 전방 충돌방지, 차선 변경시 충돌방지 등 다양한 안전서비스가 제안되었다.

본 논문에서는 교차로에서의 운전자 안전을 향상시키기 위한 방안을 고려한다. 2008년부터 2010년까지 국내 교통사고 건수는 평균 22만 건에 달하며, 이 중에서 교차로에서의 사고율이 약 45%에 이르고 있다^[5]. 이러한 교차로에서의 사고위험을 경감시킬 필요성이 대두되고 있으며, VSC-A 프로젝트에서도 교차로에서 차량이 좌회전을 시도할 때의 안전 확보를 위해 LTA(Left Turn Assistance)라는 안전서비스가 제안되었다. 그러나 알고리즘 및 이에 대한 분석은 제시되지 않은 상태이다. 교차로 환경에 대한 기존의 연구결과로는, 통신을 이용하지 않은 교차로 상태에서 충돌 모델 및 확률을 매트랩으로 시뮬레이션한 결과를 제시한 것이 있다^[6]. 그리고 도로 표면에 부착된 센서와 노변장치를 이용하여 교차로 상태의 위험을 운전자에게 알려주는 연구도 수행되었다^[7]. 또한, 센서 네트워크를 이용하여 교차로 상에서 차량을 감지하여 운전자에게 알려주는 방법이 연구되었다^[8]. 그러나 이러한 방법들은 기존의 자차 정보만을 이용하거나 차량 간 통신을 이용하여 주변차량 정보를 직접 활용하지 못하는 단점을 가진다. 특히 굵은 날씨에 의해 시야확보가 어려울 경우나 운전자의 반응속도가 느릴 경우에 차량간 통신을 적용하면, 원거리에서의 차량 위치 및 속도를 파악하여 운전자에게 보다 위험한 상황을 알려줌으로써, 사고를 회피할 수 있게 할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 자차가 차량간 통신인 WAVE를 이용하여 비보호 교차로에서 안전한 좌회전을 도와주는 서비스를 제안한다. 본 시스템은

속도와 같은 차량 데이터를 CAN을 통해 수신하며, GPS를 이용하여 차량의 위치정보를 수신한다. 그리고 WAVE 모듈을 이용한 차량간 통신을 통해 차량의 위치, 속도, 방향 등의 정보를 송수신한다. 이러한 정보가 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 사용되며, 충돌위험이 발생할 경우 HMI를 통해 운전자에게 표시된다. 이러한 알고리즘을 시스템으로 구성하여 실제 차량에 구현하였으며, 성능 테스트를 위해 테스트 시나리오를 구성하여 성능 시험장에서 테스트하였다. 테스트 시나리오에 따라 차량 운전자들에게 적절한 안전 HMI가 제공되었으며, 향후 V2I 통신 설비가 구성될 경우 보다 정밀하고 안전한 서비스를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 전체적인 아키텍처 및 인터페이스에 대해 설명하고 3장에서 본 논문에서 제안하는 알고리즘 그리고 수학적 모델링이 제시된다. 4장에서는 실차테스트 및 환경, 테스트 시나리오 및 결과를 나타내고, 5장에서 본 논문에서 제시한 시스템에 대한 결론을 도출한다.

II. 좌회전 안전서비스 시스템

이번 장에서는 본 논문에서 사용된 시스템에 대한 전체 아키텍처 및 인터페이스에 대해 설명하도록 한다.

2.1. 시스템 구성

본 시스템은 차량의 위치를 수신하는 GPS 부, 차량데이터를 수신하는 CAN 부, 차량간 통신 및 좌회전 안전 서비스 알고리즘을 수행하는 WAVE 부, 그리고 경고를 표시해주는 HMI 부로 구성되며, 이를 그림1에 나타내었다. 차량간 통신을 이용하였을 때의 장점은 GPS를 통해 자차의 위치를 알 수 있는 것이다. 본 시스템에도 GPS 모듈을 설치하여 ECEF(Earth Centered Earth Fixed) 방식의 GPS

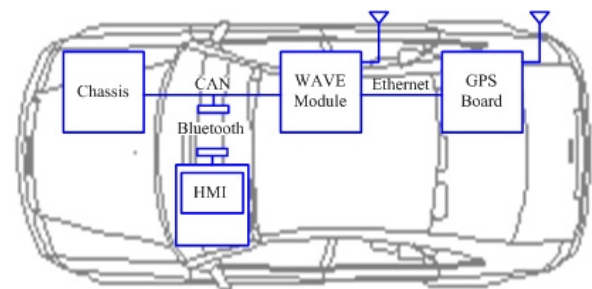


그림 1. 시스템 아키텍처
Fig. 1. System architecture.

raw 데이터를 1초 단위로 수신한다. 이러한 GSP raw 데이터 중 Heading, ECEF X, Y, Z 좌표가 이용되며, 이 프레임은 이더넷 망을 통해 WAVE 모듈로 전달된다. 시스템은 차량 내부 정보 관리를 위해 CAN을 차량 네트워크로 사용한다. 본 시스템에서도 차량 내부의 새시와 관련한 데이터는 CAN을 통해 WAVE 모듈로 송신된다. 알고리즘을 위해 필요한 CAN 데이터는 휠 속도 데이터, 브레이크 작동 신호, 변속기, 좌회전 의사 신호이다. 제안하는 알고리즘이 WAVE 모듈에 탑재되고 다른 인터페이스들을 관리한다. 또한 WAVE 통신을 이용하여 주변 차량과 메시지를 송수신한다. 알고리즘에 의해 자차의 충돌 위험이 감지될 경우에는 경고 메시지를 CAN으로 출력하고, 이 경고 메시지는 블루투스로 연결된 HMI를 통해 운전자에게 표시된다.

2.2. WAVE

차량간 통신의 대표적인 프로토콜인 WAVE가 IEEE P1609와 802.11 WG에서 진행하고 있으며, MAC과 PHY 부분이 완료되었다⁹⁾. WAVE는 IEEE std 802.11 WLAN을 차량환경에 적합한 형태로 만든 것으로, 빠른 이동성과 간소화된 연결성을 나타내며 기본적인 아키텍처는 그림 2와 같다. 그리고 서비스 제공자 및 사용자의 형태로 네트워크에 참여하는 구조를 가진다. WAVE 시스템에서 채널 스위칭을 담당하고 상위 MAC 계층을 포함하는 IEEE 1609.4, 상위 응용 계층을 연결하는 네트워크 서비스를 규정하고 IPv6 기반의 네트워크 계층을 담당하는 IEEE 1609.3, 보안을 정의하는 IEEE 1609.2 및 원격관리를 관련된 IEEE 1609.1과 같이 정의된다. 또한 5.850~5.925 GHz 대역폭을 사용하고 7개의 채널이 사용된다. WAVE는 일반적

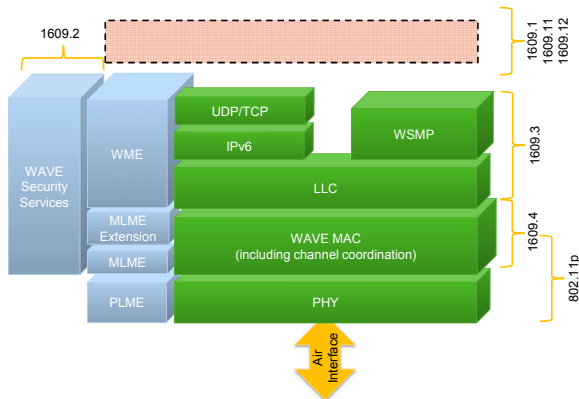


그림 2. WAVE 아키텍처
Fig. 2. WAVE architecture.

으로 약 750 m의 통신범위를 가질 수 있으므로, 제안하는 안전 서비스가 동작하는 범위를 충분히 포함할 수 있다¹⁰⁾. 본 논문에서는 CH172을 할당하여 WSM(WAVE Short Message) 형태로 주위 차량에 정보를 전송하였다. 그리고 미자동차공학회에서 차량간 통신 기반 안전서비스에서 사용되는 필수 데이터 항목들을 SAE DSRC J2735의 표준 형태로 제정하였으며, 이를 그림 3에 나타내었다¹¹⁾.이 표준은 차량의 위치, 속도, 브레이크 정보, 차량 크기 등 안전 어플리케이션에 필요한 정보를 수록하며, BSM(Basic Safety Message)으로 불린다. 전송 주기는 100 ms을 기본으로 한다. 본 논문에서도 이러한 형식을 사용하여 차량간 필요한 메시지를 송수신하였다.

III. 좌회전 충돌 방지 모델

제안하는 좌회전 충돌 방지 알고리즘은 신호등이 없는 비보호 좌회전이 가능한 도로를 기준으로 한다. 그리고 각 차량은 교차로의 위치정보를 알고 있다고 가정하며, 운전자가 좌회전 신호를 동작시킬 때 본 알고리즘이 작동한다. 알고리즘에 대한 모델링을 그림 4에서 나타낸다. 모델에서, 자차를 Host vehicle이라고 정의한다. 그리고 반대편에서 접근하는 차량을 Oncoming vehicle이라고 정의하며, GPS 오차를 고려하여 자차의 Heading + 150 ~ 210° 사이에 존재하는 차량이다. Oncoming vehicle이 반대편에서 교차로로 접근하기 시작하여 교차로 진입선까지의 거리를 $S_{oncoming}$ 으로 정의하였다.

```

BasicSafetyMessageVerbose ::= SEQUENCE {
    -- Part I, sent at all times
    -- msgID
    msgID          DSRCmsgID, -- App ID value, 1 byte
    msgCnt         MsgCount, -- 1 byte
    id             TemporaryID, -- 4 bytes
    secMark       DSecond, -- 2 bytes

    -- pos PositionLocal3D,
    lat            Latitude, -- 4 bytes
    long           Longitude, -- 4 bytes
    elev           Elevation, -- 2 bytes
    accuracy       PositionalAccuracy, -- 4 bytes

    -- motion Motion,
    speed          TransmissionAndSpeed, -- 2 bytes
    heading        Heading, -- 2 bytes
    angle          SteeringWheelAngle, -- 1 bytes
    accelSet       AccelerationSet4Way, -- 7 bytes

    -- control Control,
    -brakes        BrakeSystemStatus, -- 2 bytes

    -- basic VehicleBasic,
    size           VehicleSize, -- 3 bytes

    -- Part II, sent as required
    -- Part II,
    safetyExt      VehicleSafetyExtension OPTIONAL,
    status         VehicleStatus OPTIONAL,
    ... -- LOCAL_CONTENT
}
    
```

그림 3. SAE J2735의 메시지 구조
Fig. 3. Message structure of SAE J2735.

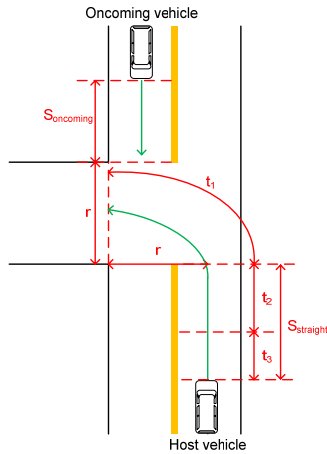


그림 4. 좌회전 모델링
Fig. 4. A left turn modeling.

Host vehicle이 교차로 정지선까지의 직선 거리를 $S_{straight}$ 로 정의하였다. 그리고 Host vehicle이 정속으로 진행하는 시간을 t_3 , 좌회전을 위해 감속하는 시간을 t_2 , 그리고 저속으로 좌회전하는 시간을 t_1 로 표기하였다.

Host vehicle과 Oncoming vehicle의 속도를 각각 V_H 와 V_O 로 정의하며, 차량의 일반적인 감속도를 본 논문에서는 3.6 m/s^2 로 설정하였다^[12]. 그리고 차량의 좌회전시의 속도는 $23.5 \text{ km/h} = 6.53 \text{ m/s}$ 로 정의하여 계산에 이용한다^[12]. 따라서, Oncoming vehicle의 교차로 도착시간을 $T_{oncoming}$ 으로 정의하고, 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{oncoming} = \frac{S_{oncoming}}{V_O} \quad (1)$$

Host vehicle의 교차로 통과 예상시간인 T_{total} 을 식 (2)와 같이 정의한다.

$$T_{total} = t_1 + t_2 + t_3 \quad (2)$$

t_1 에서 t_3 는 각각 다음의 식 (3)에서 (5)와 같이 나타내며, r 은 일반 도로 폭의 2배 정도인 7 m로 정의하였다.

$$t_1 = \frac{\pi r}{2 \times 6.53} \quad (3)$$

$$t_2 = \frac{V_H - 6.53}{3.6} \quad (4)$$

$$t_3 = \frac{S_{straight} - S_2}{V_H} \quad (5)$$

따라서, $T_{oncoming}$ 과 T_{total} 의 시간차가 기준 값 T_{gap} 보다 작으면, 운전자에게 경고를 함으로써, 운전자가 사고 위험을 감지하게 된다. 본 논문에서는 T_{gap} 을 2초로 설정하였으며, 이는 일반적인 운전자 반응 시간을 고려한 것이다^[13].

그리고 모델링을 기반으로 알고리즘의 흐름도를 구성하였으며, 그림 5와 같다. 시동이 켜지면 본 시스템은 동작하게 된다. 그리고 운전자가 좌회전 신호를 동작시키면, 본 시스템은 Host vehicle이 좌회전 의사가 있는 것으로 인지하고 알고리즘이 동작한다. 이후, 반대편 차선에서 Oncoming vehicle의 존재유무를 판단하고, 존재할 경우에는 $T_{oncoming}$ 과 T_{total} 의 차를 계산한다. 그리고 이 값이 일정한 T_{gap} 보다 클 경우, Host vehicle과 Oncoming vehicle의 충돌 위험이 작다고 판단하여 경고를 하지 않으며, T_{gap} 보다 작을 경우 충돌 위험으로 판단하여 HMI를 통해 경고를 출력한다. 그리고 Oncoming vehicle이 교차로를 통과할 경우에는 본 시스템에서의 경고는 멈추게 된다.

IV. 실차 테스트 및 결과

4.1. 시험 환경

테스트를 위해 국내 차량 제조사의 테스트 도로를 이용하였으며, 주위 환경은 건물로 인해 발생하는 전파의 방해가 없는 장소에서 시행하였다. 알고리즘의 검증을 위해 아래의 그림 6과 같이 테스트 차량 두 대가 사용되었으며, 교차로의 폭은 7 m로

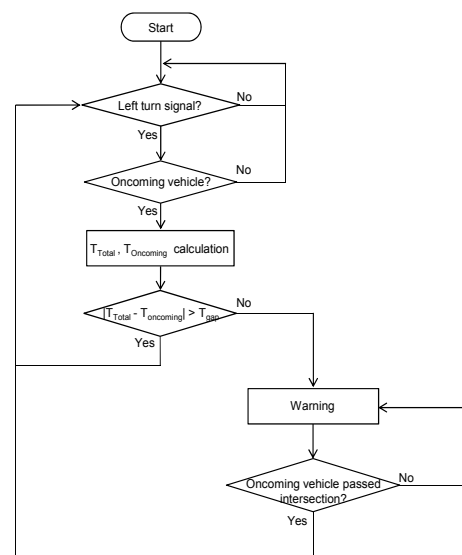


그림 5. 좌회전 안전서비스 순서도
Fig. 5. Flow chart of left turn safety service.

설정하였다. 각 차량에는 운전자 1명과 소프트웨어 동작의 실시간 확인을 위해 시험관리자 1명이 동승하였다. 차량 위쪽에는 GPS와 WAVE 안테나가 부착되었다. 테스트 차량의 실내에는 GPS 수신보드와 WAVE 보드, 그리고 실시간 로그 확인을 위한 컴퓨터 1대가 설치되었으며, 그림 7에 나타내었다. 본 논문에서 제시한 알고리즘은 WAVE 보드에 탑재되어 수행되며, 다른 보드 및 인터페이스를 관리한다.

4.2. 테스트 케이스

본 알고리즘의 성능을 검증하기 위해서 표 1과 같이 테스트 케이스를 3가지로 구성하였다. 테스트 케이스 1은 교차로에 도착하는 차량들 간의 시간차를 크게 설정하여, 경고가 발생하지 않는 경우를 검증하기 위해서이다. 그리고 테스트 케이스 2는 Host vehicle과 Oncoming vehicle이 교차로에 도착하는 시간차를 작게 설정하여 충돌 위험이 발생하도록 구성하였으며, Host vehicle에서 경고가 발생해야 하는 경우이다. 테스트 케이스 3은 Host Vehicle이 교차로 시작점에서 정지해 있고 Oncoming vehicle이 교차로를 지나가는 시점에서 시간차가 T_{gap} 내에 들어올 때, Host vehicle에서 경고가 발생해야 하는

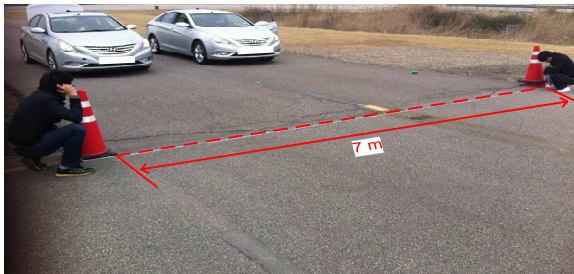


그림 6. 테스트 장소에서의 교차로 설정
Fig. 6. Intersection setup in a proving ground.

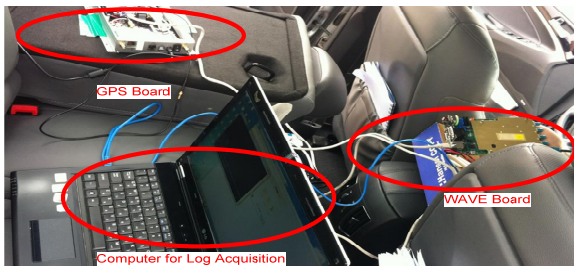


그림 7. 좌회전 안전서비스 순서도
Fig. 7. Indoor setup in a test vehicle.

경우를 위한 시나리오이다. 그리고 각 테스트는 5회씩 진행하였다.

4.3. 테스트 결과

앞에서 설정한 테스트 케이스에 따라 운전자가 해당 속도 및 동작으로 테스트를 시행하였으며, 그 결과는 표 2와 같다. ○는 성공한 경우이며, ×는 실패한 경우를 표시한 것이다. 테스트 케이스 1은 계산식과 마찬가지로 시간차가 크게 나서 Host Vehicle의 운전자에게 경고가 예상대로 발생하지 않았으며, 5회 모두 성공하였다. 테스트 케이스 2의 경우에는 성공하지 못한 경우가 1회 발생하였으며, 4회에 걸쳐 성공하였다. 성공하지 못한 경우는 Host vehicle과 Oncoming vehicle이 교차로에 도착한 시간차가 T_{gap} 보다 커서 운전자에게 경고 메시지를

표 1. 테스트 케이스
Table 1. Test cases

Test case 1
1. Oncoming vehicle is located in 150 m from the intersection starting point 2. Host vehicle is located in 30m from the intersection starting point 3. Oncoming vehicle moves with 50km/h and host vehicle completes left turn with 25km/h in the intersection 4. We confirm no a warning message in host vehicle
Test case 2
1. Oncoming vehicle is located in 80m from the intersection starting point 2. Host vehicle is located in 30m from the intersection starting point 3. Oncoming vehicle moves with 50km/h and host vehicle completes left turn with 25km/h in the intersection 4. We confirm a warning message in host vehicle
Test case 3
1. Oncoming vehicle is located in 150m from the intersection starting point 2. Host vehicle is located in the intersection starting point 3. Oncoming vehicle passes intersection with 30km/h and host vehicle continues stopping 4. We confirm a warning message in host vehicle

표 2. 테스트 결과
Table 2. Test results

Test case \ Number of test	1	2	3	4	5
Test case 1	○	○	○	○	○
Test case 2	○	○	×	○	○
Test case 3	○	○	○	○	○



그림 8. 경고 메시지
Fig. 8. A warning message.

제공하지 못하였기 때문이다. 그리고 시간차가 컸던 이유는 GPS 오차와 운전자가 일정한 속도를 유지하지 못해서이다. 이러한 부분의 개선을 위해서는 GPS의 절대위치 정확도의 개선 및 노변장치와 같은 인프라 활용을 통한 측위 알고리즘의 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다. 테스트 케이스 3에서는 Host vehicle이 정지한 상태에서 Oncoming vehicle이 지나갈 때, T_{gap} 이 작은 경우에 경고가 발생하였으며, 알고리즘이 안정적으로 동작하였다. 테스트 동안 데이터의 손실율은 약 10% 정도가 발생하였으며, 이를 보정하기 위한 재전송 메커니즘에 대한 연구 및 전송 횟수에 대한 조정이 필요할 것이다. 그리고 본 시스템을 통해 발생한 경고메시지의 형태는 그림 8과 같다.

V. 결 론

본 논문에서는 차량간 통신 표준인 WAVE를 이용하여 비보호 교차로에서 운전자에게 안전한 좌회전을 보조하는 알고리즘을 설계하였고 이를 실제 구현하였다. 그리고 본 시스템을 실차에 탑재하여 테스트하였다. 지금까지 WAVE 표준을 이용한 프로젝트를 통해 안전 서비스가 제안되었으나, 실제 테스트한 결과는 제시되지 않았다. 따라서 본 논문에서는 일반 감속도 및 운전자 반응시간 등 교통과

관련한 실험값을 이용하여 실제적인 알고리즘을 설계하였으며, 미자동차공학회에서 제시한 차량간 안전서비스에 사용되는 메시지 표준인 SAE J2735에 의거하여 안전 어플리케이션을 구성하였다. 그리고 CAN, GPS 등 여러 인터페이스와 연계하여 시스템을 구성하였다. 제시된 알고리즘의 테스트를 위해 테스트 케이스를 구성하였으며, 우수한 결과를 나타내었다. 향후 과제로는 본 알고리즘이 안정적으로 동작할 수 있도록 많은 테스트를 진행해야 할 것으로 보이며, WAVE를 적용한 인프라가 구축된다면 RSE(Roadside Equipment)나 지도 데이터를 활용하여 보다 정확한 성능을 가지고 범용으로 사용될 수 있는 서비스를 개발해야 할 것으로 사료된다.

References

- [1] IEEE Computer Society, *IEEE Standard for Information technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks- Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments*, IEEE, 2010.
- [2] IEEE Vehicular Technology Society, *IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)-Multi-channel Operation*, IEEE, 2010.
- [3] IEEE Vehicular Technology Society, *IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)-Networking Services*, IEEE, 2010.
- [4] NHTSA in USDOT, *Vehicle Safety Communications - Applications(VSC-A) First Annual Report*, DOT HS 811 466, 2011.
- [5] National Statistical Office, *International statistical yearbook: Road traffic accident(2010)*, 2010 from http://kosis.kr/metadata/main.jsp?surv_id=13202&curYear=2010.
- [6] J. Shahi, B. N. Araghi and A. Mehdizadeh, "Estimating the accuracy of opposing left-turn potential conflict model via programming in MATLAB", in *Proc. 3rd IET Int. Conf.*, pp.

- 1-5, Birmingham, U.K., Oct, 2008.
- [7] F. Basma, Y. Tachwali and H. H. Refai, "Intersection collision avoidance system using infrastructure communication", in *Proc. 14th Intelligent Transportation Syst.*, pp. 422-427, Washington, USA, Oct, 2011.
- [8] F. Chraim, T. Watteyne, A. Ganji and K. Pister, "A wireless sensor network approach to signalized left turn assist at intersections", in *Proc. IEEE 73rd Vehicular Technology Conference(VTC spring)*, pp. 1-5, Yokohama, Japan, May, 2011.
- [9] C. J. Lee, H. U. Kim, H. S. Seo and S. S. Lee, "A testbed implementation for services based on V2V communication", in *Proc. KICS Summer 2012 Conf.*, pp. 723-724, Jeju, Korea, Jun, 2012.
- [10] A. Paier, R. Tresch, A. Alonso, D. Smely, P. Meckel, Y. Zhou and N. Czink, "Average downstream performance of measured IEEE 802.11p infrastructure-to-vehicle links", in *Proc. IEEE Int. Conf. Commun. Workshops(ICC)*, pp. 1-5, Capetown, Republic of South Africa, May, 2010.
- [11] SAE, *Dedicated Short Range Message set (DSRC) Dictionary*, SAE International, 2009.
- [12] G. A. Davis and N. Aul, *Safety Effects of Left-Turn Phasing Schemes at High-Speed Intersection*, MNDOT, 2007.
- [13] ISO 15623, *Transport information and control systems- Forward Vehicle Collision Warning Systems- Performance requirements and test procedures*, ISO, 2002.

서 현 수 (Hyun-Soo Seo)

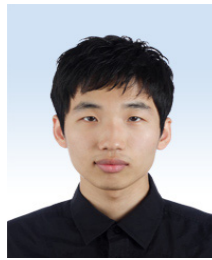
2005년 2월 부경대학교 제어계측공학과 공학사
 2007년 2월 부경대학교 제어계측공학과 공학석사



2007년 12월~2010년 8월
 S&T 대우 기술연구소
 2010년 9월~현재 한양대학교
 전자컴퓨터통신공학과 박사
 과정
 <관심분야> 차량 통신 및 네
 트워크, 커넥티드 카, 차량

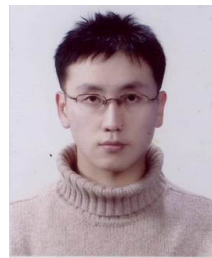
인포테인먼트 시스템, 차량 안전시스템

김 호 언 (Hyo-Un Kim)



2010년 8월 선문대학교 컴퓨터
 공학과 공학사
 2011년 3월~현재 한양대학교
 전자컴퓨터통신공학과 석사
 과정
 <관심분야> 차량통신 및 네트워
 크, 차량 임베디드 시스템

노 동 규 (Dong-Gyu Noh)



2009년 8월 고려대학교 전기
 전자전파공학부 공학사
 2009년 7월~현재 현대자동차
 연구원
 <관심분야> V2X 통신시스템,
 ITS

이 상 선 (Sang-Sun Lee)



1978년 2월 한양대학교 전자
 공학과 공학사
 1983년 2월 한양대학교 전자
 공학과 공학석사
 1990년 8월 University of
 Florida 전기공학과 박사
 1991년 4월~1991년 11월 생
 산기술연구원 선임연구원 겸 조교수
 1991년 11월~1993년 2월 전자부품종합기술연구소
 선임연구원
 1993년 3월~현재 한양대학교 융합전자공학부 정교수
 <관심분야> ITS 및 텔레매틱스, 통신망 통합 및 연
 동, 통신 네트워크, 위치추위 기술