한국ITS학회논문지
제9권, 제1호 (2010년 2월)
pp. 55~68

IEEE WAVE 기반 안전운전 지원 시스템의 설계

Design of a Safe-driving Assistant System based on the IEEE WAVE

고 재 철* (Jae-Cheol Ko)　　이 혁 준** (Hyukjoon Lee)

요 약

IEEE WAVE는 고속 이동 중인 차량 네트워크에서 운전자 안전 정보 및 상업적 서비스를 제공하기 위한 무선 전송 기술로써 현재 표준화가 활발히 진행 중이다. 본 논문에서는 IEEE WAVE를 기반으로 하는 안전운전 지원 서비스를 위한 응용계층 프로토콜과 이를 기반으로 하는 응용 시스템을 소개한다. 본 논문에서 다루는 안전운전 지원 서비스로는 공사구간 정보 서비스 및 사고차량 신고 서비스, 응급차량 알림 서비스, 프로브 서비스, 딜레마구간 의사결정 지원 서비스를 포함한다. 시스템의 기능 검증을 위하여 에뮬레이터 시스템을 구현하였으며 에뮬레이터는 차량과 도로의 모든 상황을 관리하는 에뮬레이터 서버와 각각의 기능 개체(차량 및 노변, 교통 센터)를 포함하는 클라이언트로 구성된다.

Abstract

IEEE WAVE is going through the final standardization process as the wireless access technology which provides drivers in high-speed vehicles with safety-related information and commercial services This paper presents an application-layer protocol for safe driving assistant service and a service system emulator based on this protocol. The safe driving assistant system includes a construction zone information service and a vehicle crash notification service, an emergency vehicle notification service, a probing service and a dilemma zone decision assistant service. Emulator System design for verifying functions of system, The emulator consists of an emulator server that models the movement of all vehicles and road states and a number of clients that models functional units for OBUs, RSUs, and a traffic control center).

Key words: Safe driving, Protocol, Emulator, WAVE, ITS

Ⅰ. 서 론

국내 교통사고 발생률과 사고로 인한 사망률은 OECD국가 중에서도 최상위를 기록하고 있다. 이처럼 국내의 교통사고가 빈번한 이유는 교통여건이나 여러 환경이 다른 선진국에 비해서 열악하기 때문이다. 국내의 지형은 산악지형이라는 특성상 전국 도로의 상당 부분이 오르막과 내리막으로 구성되어 있고, 과거에 무계획적으로 건설된 도로로 인해 커브구간이 많은데 커브구간은 사고가 많이 발생하는 지역으로 교통사고를 줄이는데 큰 걸림돌이 되고 있다. 이를 해결하기 위해 국내에서도 지능형 교통 시

† 본 논문은 2008년도 광운대학교 교내학술연구비 지원과, 한국과학재단 특정기초연구[R01-2008-000-12233-0] 지원 사업의 일환으로 수행하였음.
* 주저자 : 광운대학교 임베디드SW학과 석사과정
** 공저자 및 교신저자 : 광운대학교 컴퓨터공학과 교수
† 논문접수일 : 2010년 2월 1일
† 논문심사일 : 2010년 2월 23일
† 게재확정일 : 2010년 2월 26일

스템(ITS: Intelligent Transportation System)을 도입하고 많은 연구들이 진행 중이다. ITS의 목적이 정보화 사회에 알맞은 신속, 안전, 쾌적한 차세대 교통체계를 구현하는데 목적을 두고 있기 때문에 이를 통해서 교통문제 중 특히 교통사고를 줄이기 위한 방안으로 이용될 수 있다.

ITS에 적용되는 통신기술로는 IEEE 802.11p와 IEEE 1609로 이루어진 미국 표준인 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)와 ISO TC204에서 논의되고 있는 CALM(Communications Access for Land Mobiles), 그리고 DSRC(Dedicated Short Range Communication)등 이다[1][2][3]. 국내에서는 이미 DSRC를 이용해서 자동 요금 징수 시스템인 하이패스 서비스를 시작했으며, ETRI에서는 WAVE 규격을 기반으로 하는 VMC(Vehicular Multi-hop Communication)를 개발 중이다. 이에 본 논문에서는 WAVE 규격을 기반으로 하는 안전운전 지원 시스템을 설계 하고, 이를 검증하기 위한 에뮬레이터를 설계한다.

본 논문에서 다루는 안전운전 지원 서비스는 아래와 같이 다섯 가지의 서비스로 구분한다.

- 공사구간 정보: 도로상의 공사 정보를 차량에게 알려주어 운전자가 공사구간이 아닌 다른 경로를 선택하거나 공사구간 내에 안전운전을 할 수 있도록 돕는 서비스.
- 사고차량 신고 서비스: 차량에 사고가 발생했을 경우 자동적으로 구조신고를 수행하고 주변차량에게 알리는 서비스.
- 응급차량 알림 서비스: 응급차량이 사고현장으로 출동 시 주변차량들에게 응급차량이 접근한다는 경고와 동시에 신호등의 신호를 응급차량의 주행방향에 맞게 변경해주는 서비스.
- 프로브 서비스: 차량의 위치와 속도 등을 포함하는 프로브 데이터를 노변장치를 거쳐 교통 센터로 전송.
- 딜레마구간 의사결정 지원 서비스: 교통신호의 황색신호에서 운전자가 교차로로 진입 또는 정지할 것인지 판단하기 어려운 구간(딜레마구간)에서 차량의 속도와 교차로간의 거리를 기준으로 교차로를 통과할 수 있는지를 운전자에게 알려 운전자의 의사결정을 돕는 서비스.

위에서 설명한 서비스들을 검증하기 위하여 에뮬레이터를 설계하고, 에뮬레이터의 구성은 아래와 같은 모듈로 구성한다.

- 에뮬레이터 서버: 각각의 서비스에 해당하는 에뮬레이션 시나리오를 가지며, 시나리오에 따른 이벤트 및 도로, 차량 데이터를 관리한다.
- TCC(Traffic Control Centers) 클라이언트: 교통제어센터에 해당하는 모듈로써 에뮬레이터 서버로부터 공사구간정보서비스에 해당하는 이벤트를 받는다.
- RSU(Road Side Unit) 클라이언트: 노변장치에 해당하는 모듈로써 에뮬레이터 서버로부터 교차로통과 의사 결정 서비스에 해당하는 이벤트를 받는다.
- OBU(On Board Unit) 클라이언트: 차량에 해당하는 모듈로써 에뮬레이터 서버로부터 차량의 위치 및 속도, 정보와 사고발생 및 응급상황 이벤트를 받는다.

본 논문의 2장에서는 WAVE 기반 응용서비스 관련 선행연구를 간략히 소개하고, 3장에서는 안전운전을 위한 서비스 및 응용계층 프로토콜을 정의한다. 4장에서는 에뮬레이터 시스템 설계 구조를 설명하고, 5장에서는 에뮬레이터 설계 구조 및 결과를 설명한다. 끝으로 6장에서 결론 맺는다.

Ⅱ. 선행 연구

1. WAVE 개요

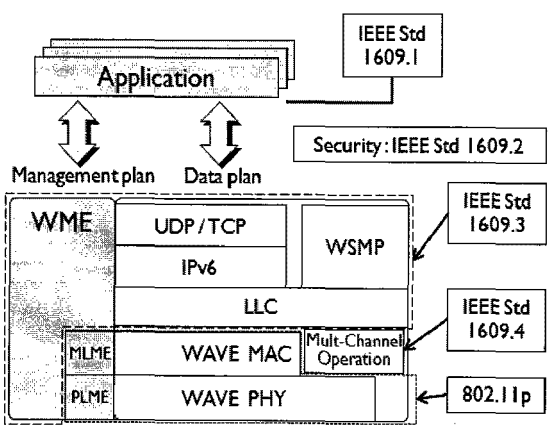
IEEE 802.11p WAVE는 고속 이동 중인 차량 네트워크에서 운전자 안전 정보 및 상업적 서비스를 제공하기 위한 무선 전송 기술로써 현재 표준화가 활발히 진행 중이다. IEEE 802.11p WAVE는 물리와 MAC 계층을 규정한 IEEE 802.11p와 상위 계층을 규정한 IEEE 1609로 구성되어 있으며, 기존 IEEE 802.11 네트워크와는 몇 가지 상이한 기술적 특성을 가진다. 이동성을 거의 충족시키지 못하며 주로 실내에서 준정적인 통신 대역폭을 사용하는 IEEE 802.11a/g와는 달리, WAVE는 높은 이동성을 제공하며 간섭이 잘 발생하는 실외에서의 환경에 적합한

특성을 가진다[4].

WAVE는 <그림 1과>같이 4개의 항목으로 나누어진다. IEEE 1609.1은 애플리케이션과 이 애플리케이션이 주어진 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 자원을 관리하는 RM(Resource Management)에 관하여 정의한다[5]. IEEE 1609.2는 보안이 보장되지 않은 무선 네트워크를 통하여 통신하는 애플리케이션이 안전하게 통신할 수 있도록 보안 서비스를 제공하고, IEEE 1609.3은 네트워크 계층 및 전송 계층 서비스를, IEEE 1609.4는 WAVE MAC 계층의 멀티채널 오퍼레이션을 제공한다[6-8].

2. 교통정보 교환 기술 표준

국내 건설교통부는 고속국도 및 국도, 지방도시 등 교통시설에 대한 지능형 교통체계 구축 및 운영시 필요한 기본적인 교통정보의 교환을 위한 표준을 정의 하고 있다[9]. 이에 대한 기술표준은 교통정보 수집 및 관리, 교통정보센터와 정보연계, 자체 노변설치물의 관리 및 특별수송 지원 등을 위한 기본정보로써 교통소통정보를 비롯하여 교통통제정보, 돌발 상황 발생정보, 도로상태 정보, 기상 정보, 도로관리 정보, 프로브 정보, 차량검지 정보를 포함한다. 본 논문에서 제공하는 공사구간정보서비스 또한 위와 같은 자료들을 기반으로 한다.



<그림 1> WAVE의 프로토콜 스택
<Fig. 1> Protocol Stack of WAVE

3. DSRC를 이용한 교통정보 시스템

DSRC를 활용한 교통정보시스템은 효율적인 이음새 없는(seamless) 교통정보 생성을 위하여 적정 설치간격으로 설치된 노변기지국을 통과 시 차량단말기로부터 차량의 구간속도, 교통량 등의 데이터를 수집, 가공하고 이를 차량단말기를 통해 신속하게 교통소통, 교통통제, 돌발 상황 등의 정보를 제공한다[10]. 이 시스템은 운전자에게 교통정보를 제공하지만 차량안전에 관한 서비스들은 제공하지 않는다.

4. 신호교차로 내 딜레마구간 차내 경고 시스템[11]

도심지역 교통사고의 상당부분을 차지하고 있는 교차로 내 추돌사고를 줄이기 위한 방안으로 운전자가 황색신호의 등화시간동안 교차로의 진입여부를 판단하기 어려운 구간(딜레마구간)에서 운전자가 의사 결정을 안전하게 할 수 있도록 신호변경 경고를 DSRC 체계를 통해 실시간으로 미리 알려주는 시스템이다. 이 시스템은 GPS정보를 사용하지 않는 대신 사전조사에 의해 노변장치의 설치 위치를 정의하며, 차량이 노변장치의 통신범위에 들어 왔을 때의 차량 속도와 녹색신호의 잔여시간을 이용하여 경고 시간을 계산한다. 이 시스템은 차량이 노변장치의 통신영역에 진입했을 때의 정보로만 계산되어지기 때문에, 차량이 계속 교차로에 접근하는 동안 발생할 수 있는 차량변화에 대한 정보는 계산할 수 없다. 이에 본 논문에서 제공하는 딜레마구간 의사 결정 지원 서비스는 차량이 교차로의 정지선 전에 정지하거나 교차로를 통과하는 시점까지 차량의 상태에 따라 교차로 통과여부에 대한 의사결정 정보를 주기적으로 갱신하게 한다.

5. DSRC 시스템을 이용한 교차로 사전경보 알고리즘[12]

DSRC기술을 통해 차량(OBE)과 노변(RSE)간의 데이터를 전송하며, OBE가 차량의 속도정보와 거리정보를 RSE로 전송하면, RSE가 신호제어기로부터 받은 교통신호 정보와 비교하여 교차로 진입여부를 판

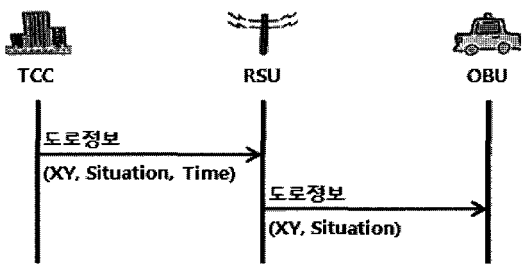
단하여 OBE로 전송하는 시스템이다. 이 시스템은 RSE가 OBE의 진입여부를 판단함으로 교차로에 하나의 RSE가 존재하고 다수의 OBE가 교차로로 진입하는 경우 모든OBE의 교차로 진입여부를 RSE가 계산하기에 많은 오버헤드가 소요된다.

Ⅲ. 안전운전 지원 서비스 및 응용 프로토콜의 정의

본 논문에서 제안하는 안전운전 지원 시스템은 WAVE 통신방식을 기반으로 하는 응용 프로토콜이다. 이 시스템의 기본 통신체계는 OBU와 RSU 사이에 WAVE를 이용한 무선 통신과 RSU와 TCC사이에 이더넷을 사용한 유선 통신이 사용된다. 안전운전 지원 시스템은 다섯 가지의 서비스를 제공하며, 각 응용 서비스에서 사용되는 메시지 구조가 다르기 때문에 이를 구별하기 위해 메시지 헤더를 둔다. <표 1>는 각각의 타입에 따른 메시지의 종류 및 역할을 나타낸다.

1. 공사구간 정보 서비스

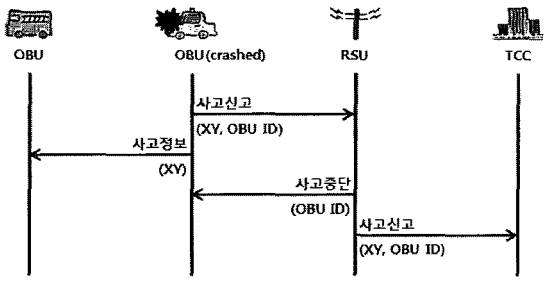
공사구간 정보(Construction Zone Information) 서비스는 운전자에게 도로 주행에 있어서 안전에 필요한 정보를 제공한다. 지원하는 정보는 기상정보와 노변상태, 교통상황 이다. 기상 정보는 기상청과 연계하여 실시간으로 업데이트 되며, 운전자에게 직접적으로 위험을 초래할 수 있는 폭우와 안개, 빙결에 관한 정보가 포함된다. 도로상태 정보는 TCC로 접수된 정보에 한하여 노변의 파손이나 낙석 등의 자연재해, 공사에 의한 차선제한 등의 정보를 제공한다. 교통상황 정보는 사고발생 지점에 대한 정보를 전달하여 추가적인 사고를 방지할 수 있다. 사고발생 지점에 대한 정보는 OBU가 RSU를 통해 TCC에게 알린다. TCC는 수집된 정보를 토대로 각 도로의 상태를 확



<그림 2> 공사구간 정보 서비스 메시지 전송 절차
<Fig. 2> Message transfer sequence diagram of Construction Zone Information Service

<표 1> 응용 프로토콜의 메시지 헤더
<Table 1> Message header of application protocol

서비스	TYPE		from	to	전송주기	통신방법	설명
	Service Type	Unit Type					
공사구간 정보 서비스	0x00	0x00	TCC	RSU	업데이트 필요시	유선	업데이트가 필요한 도로상황 전송
	0x00	0x01	RSU	OBU	주기적	무선	현재 도로상황 전송
사고 차량 신고 서비스	0x01	0x03	OBU	RSU	주기적	무선	사고신고 내용전송
	0x01	0x01	RSU	OBU	1회	무선	사고신고 전송중단 요구
	0x01	0x04	RSU	TCC	1회	유선	사고내용 전송
	0x01	0x07	OBU	OBU	3회 (1초간격)	무선	사고내용 전송
응급차량 신호 서비스	0x02	0x03	OBU	RSU	주기적	무선	신호변경 요청
프로빙	0x03	0x03	OBU	RSU	주기적	무선	OBU정보 전송
	0x03	0x04	RSU	TCC	주기적	유선	OBU정보 전송
딜레마구간 의사결정 지원 서비스	0x04	0x01	RSU	OBU	주기적	무선	교차로 및 교통신호정보 전송



<그림 3> 사고차량 신고 서비스의 메시지 전송 절차
<Fig. 3> Message transfer sequence diagram of Vehicle Crash Notification Service

인 후 해당되는 RSU에 상태정보를 전달하고, RSU은 근처 OBU들에게 정보를 제공한다.

TCC는 해당 되는 도로 구간의 OBU들에게 공사 구간정보를 전달하기 위해서 먼저 RSU들에게 공사 구간정보를 전송하게 된다. 이때 전송되는 정보는 <표 2>와 같은 정보가 전송된다. 서비스의 구분을 위한 Type은 모든 응용 서비스가 공통적으로 가지는 헤더이며 나머지 부분은 각 응용 서비스마다 다른 데이터로 구성되어 있다. RSU는 TCC가 전달한 정보를 메시지 전송 시작 시간부터 종료 시간까지 OBU들에게 전송하게 되고, OBU는 RSU로부터 수신한 정보를 운전자에게 알려준다. TCC로부터 RSU에게 전달되는 메시지와 RSU에서 OBU로 전송하는 메시지 포맷은 서로 다른 점이 있다. RSU에서 OBU로 전송하는 메시지는 TCC에서 RSU로 전송하는 메시지에 있는 시간 필드가 존재하지 않는다. 이는 RSU가 공사정보를 방송하는 시작 시간과 정지 시간이므로 OBU가 이정보를 필요로 하지 않는다. 가변 길이를 가지는 ETC는 운전자에게 특별히 전달하고자 하는 추가적인 메시지가 있다면 사용하게 되는 필드이며, ETC Length가 0이라면 ETC메시지를 사용하지 않는 것으로 ETC Length의 기본 값은 0이다. <그림 2>는 공사구간 정보 서비스의 메시지 전송 절차를 나타낸다.

2. 사고차량 신고 서비스

사고차량 신고(Vehicle Crash Notification) 서비스는 차량사고 발생 시 차량에 장착된 단말기(OBU)가 운

<표 2> 공사구간 정보 메시지 포맷
<Table 2> Message format of Construction Zone Information Service

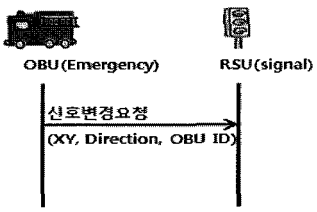
종류	크기 byte	설명
Type	2	각 서비스를 구분하는 Type
X	8	GPS를 이용한 위치정보
Y	8	GPS를 이용한 위치정보
Situation	1	기상정보나 도로 상태, 교통 상황 정보
Start Time	4	메시지 전송의 시작 시간 (TCC-->RSU only)
End Time	4	메시지 전송의 종료 시간 (TCC-->RSU only)
ETC Length	1	ETC의 길이를 명시
ETC	Var.	정보를 문자열 표현

전자의 조작 없이 자동적으로 구조신고를 수행하는 시스템을 말한다. 사고 발생시 OBU는 구조 신호를 브로드캐스팅하고, 이 신호를 RSU가 수신한다면 RSU는 TCC로 구조 신호를 전송하고 TCC는 구조 신고를 함과 동시에 공사구간 정보 서비스와 연계하여 해당되는 도로 구간에 사고정보를 전송한다. 또한 OBU가 전송하는 구조 신호를 다른 OBU가 받게 된다면 수신한 OBU들이 즉시 운전자에게 사고 정보를 알리게 되어 시야 확보가 되지 않은 상황에서도 운전자는 미리 대비를 하고 적합한 행동을 취하게 된다.

사고차량 신고 서비스에서 OBU가 구체적인 사고 내용을 알지 못하기 때문에 단순히 사고가 발생했다는 정보만 전송하게 되고 사고 정보를 수신한 RSU는 신고를 하기 위해 TCC로 메시지를 전송해야 한다. 여기서 사용되는 메시지 구조는 OBU가 전송한 메시지 구조와 차이가 없게 된다. 사고 OBU가 다른 OBU에게 지속적으로 사고 정보 메시지를 전송하게 되며, 여기에 사용되는 메시지 구조 또한 같은 구조를 사용한다. 이 이유는 정보를 수신하는 장치마다 메시지 구조의 차이를 두면서 전송하는 오버헤드를 줄이기 위해서다. <표 3> 에서는 사고차량 신고 서비스에서 사용되는 메시지 포맷을 나타내며, 메시지

<표 3> 사고차량 신고 서비스 메시지 포맷
<Table 3> Message format of Vehicle Crash Notification Service

종류	크기 byte	설명
Type	2	각 서비스를 구분하는 Type
X	8	GPS를 이용한 위치정보
Y	8	GPS를 이용한 위치정보
OBU ID	6	차량의 정보



<그림 4> 응급차량 알림 서비스의 메시지 전송 절차
<Fig. 4> Message transfer sequence diagram of Emergency Vehicle Notification Service

전송 절차는 <그림 3>과 같다.

3. 응급차량 알림 서비스

응급차량 알림(Emergency Vehicle Notification) 서비스는 응급차량이 교차로에 진입 시 기존의 신호체계에 혼란을 주지 않으면서 응급차량이 신호에 걸려 정체되지 않고 교차로를 통과할 수 있도록 신호를 변경하고, 주변 차량들에게 응급차가 접근한다는 것을 알리는 서비스 이다. 현재 교통사고 발생률 중에서 응급차량이 관련된 사고율은 일반 차량에 비해 사고율이 7배나 높기 때문에 이런 상황을 감소시키고자 서비스를 설계한다.

응급차량은 지속적으로 자신의 정보를 브로드캐스팅하고, 이를 받은 OBU들은 응급차량이 접근한다는 사실을 인지하고 주행한다. 또한 응급 차량이 RSU에게 차량이 진행 하고자 하는 방향 정보를 포함하여 전송 하며, RSU는 정보를 받아 응급차량이 진행하고자 하는 방향에 맞춰서 신호를 변경하게 된다. <그림 4>는 응급차량 알림 서비스의 메시지 전송 절차를 나타내며, <표 4>에서는 응급차량 알림 서비스의 메시지 포맷을 나타낸다. 메시지에 포함되는 OBU ID는 승인되지 않은 OBU가 신호를 변경하는 것을 막기 위함이고 신호변경 정보는 OBU와 차량과의 연계를 통해서 차량이 진행하는 방향정보를 OBU를 통해 RSU로 전송하여 RSU가 교통신호를 차량의 진행 방향에 맞게 변경하기 위함이다.

<표 4> 응급차량 알림 서비스 메시지 포맷
<Table 4> Message format of Emergency Vehicle Notification Service

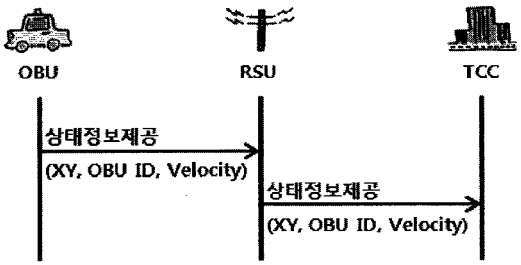
종류	크기 byte	설명
Type	2	각 서비스를 구분하는 Type
X	8	GPS를 이용한 위치정보
Y	8	GPS를 이용한 위치정보
OBU ID	6	차량의 정보
Signal	1	신호변경 정보

<표 5> 프로브 메시지 포맷
<Table 5> Message format of Probe

종류	크기 byte	설명
Type	2	각 서비스를 구분하는 Type
X	8	GPS를 이용한 위치정보
Y	8	GPS를 이용한 위치정보
OBU ID	6	차량의 정보
Velocity	1	차량의 속도정보

4. 프로브 서비스

프로브(Probe) 서비스는 차량이 지속적으로 자신의 속도와 위치를 교통 제어 센터로 전송하고, TCC는 이를 바탕으로 각 도로의 교통 흐름과 사고 정보 등을 파악할 수 있으며, 이 프로브 데이터를 바탕으로 다양한 응용 서비스를 추가할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 프로브 서비스는 각 차량에 설치된 OBU가 TCC로 메시지를 전달해야 하지만, TCC와 직접적으로 통신할 수 없기 때문에 RSU를 경유해서 통신을 한다. 그렇기 때문에 OBU에서 RSU를 거쳐 TCC로 전송하는 메시지의 구조는 다르지 않고 메시지 포맷은 <표 5>에서 나타낸바와 같으며, 메시지



<그림 5> 프로브 메시지 전송 절차
<Fig. 5> Message transfer sequence diagram of Probe Service

전송 절차는 <그림 5>과 같다.

5. 딜레마구간 의사 결정 지원 서비스

딜레마구간 의사 결정 지원 서비스(Dilemma Zone Decision Assistant Service)는 차량이 접근중인 교차로의 교통신호정보와 차량의 속도 및 교차로와 차량의 거리에 따라 차량이 정지하거나 속도를 유지할 경우에 차량의 위치를 예측하여 차량이 안전하게 교차로를 통과할 수 있도록 운전자의 의사 결정을 돕는 서비스이다. 이 서비스는 교차로에 설치된 RSU가 교차로 정보와 신호정보를 주기적으로 브로드캐스트하며, OBU는 RSU로부터 받은 교차로 정보와 신호정보를 이용하여 교차로 통과여부와 차량이 평균 감속도로 정지할 경우의 예상위치 및 현재 속도를 유지하며 계속 주행할 경우 교통신호가 다음 신호로 변경되는 시점에 차량이 위치하게 될 위치를 운전자에게 알린다.

RSU가 브로드캐스트 할 교차로정보로는 GID (Geometry Intersection Description) 표준으로 정하고 있는 정지위치를 이용한다[13]. 신호정보로는 교통현시를 기준으로 교통신호가 다음 신호로 변경되기까지의 잔여 시간과 교통신호의 지시정보(녹색, 황색, 적색)를 포함한다. <그림 6>은 딜레마구간 의사결정 지원 서비스의 메시지 전송 절차를 나타내며, <표 6>은 서비스에 사용되는 메시지 포맷이다. RSU ID는 교차로정보가 중복되어 입력되는 것과 차량이 이동하면서 다른 RSU의 교차로 정보를 받을 수 있으므로 각각을 구분하기 위해 사용 된다. Stop Locations

<표 6> 딜레마구간 의사결정 지원 서비스 메시지 포맷
<Table 6> Message format of Dilemma Zone Decision Assistant Service

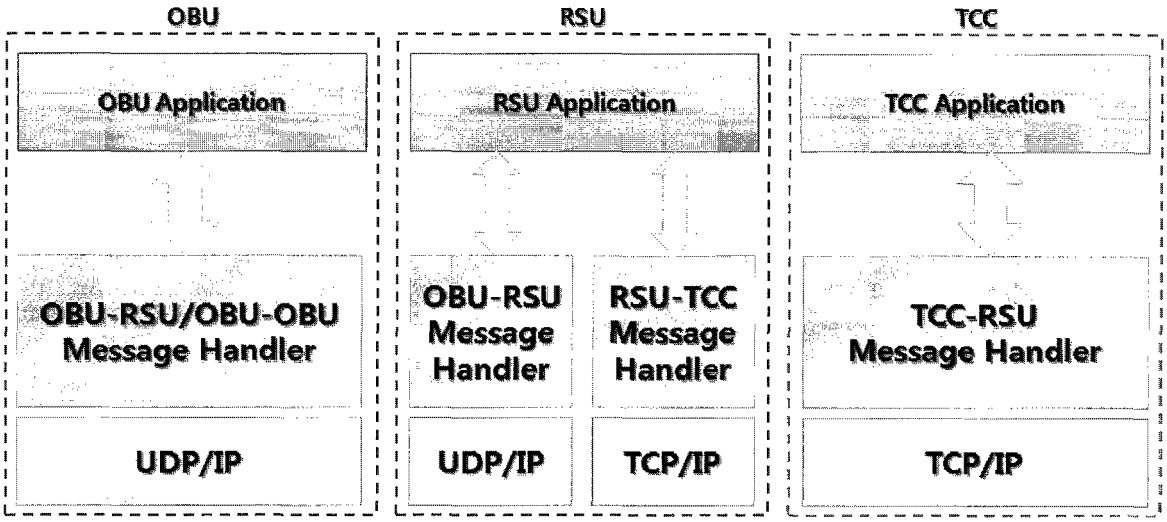
종류	크기 byte	설명
Type	2	각 서비스를 구분하는 Type
Stop Locations	64	정지위치들의 좌표 값
Left Times	12	각 교통신호(Green, Yellow, Red)의 잔여시간
Signal State	1	교통신호의 지시정보
RSU ID	6	RSU의 고유 식별번호

<그림 6> 딜레마구간 의사결정 지원 서비스의 메시지 전송 절차
<Fig. 6> Message transfer sequence diagram of Dilemma Zone Decision Assistant Service

는 교차로로 진입하는 각 방향의 정지 위치로 x, y좌표 값들을 나타낸다.

Ⅳ. 서비스 구현

3장에서 설명한 서비스들은 각각의 기능 개체(TCC, RSU, OBU)들마다 서비스에 따른 행동이 다르므로 TCC 모듈, RSU 모듈, OBU 모듈의 세 모듈로 <그림 7>과 같이 구성 하였다. RSU는 근처 OBU들에게 메시지를 전달하기 위해 UDP 방식으로 TCC로는 신뢰성을 고려한 TCP 방식을 사용한다. TCC는 OBU들에게 직접적으로 메시지를 전달하지 않으므로 RSU에게 TCP 방식으로 전송 한다. 각 메시지 핸들러 모듈(TCC, RSU, OBU)은 전달 받은 메시지를



<그림 7> 시스템 구성
<Fig. 7> System Architecture

자신에게 필요한 데이터 타입으로 변환하거나 재생성을 한다. Application 모듈은 Message handler로부터 변환된 데이터를 제공 받으면 시스템에서 정해진 일을 수행하고 경우에 따라 수행된 결과를 상위 프로세스(GUI 및 에뮬레이터)로 전달한다. 상위 프로세스는 서비스 모듈과는 별도로 사용자와의 인터페이스를 위한 모듈로써 서비스 모듈로부터 서비스 처리 결과 및 과정을 사용자가 편히 확인할 수 있도록 한다. 상위 프로세스에 대한 내용은 5장에서 자세히 다루도록 한다.

OBU 응용의 수행과정은 다른 모듈로부터 서비스를 제공받는 경우와 자신이 다른 모듈들에게 서비스를 제공하는 경우로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째 경우는 공사구간정보 메시지를 수신했을 때와 다른 차량의 사고로 인해 차량 충돌 알림정보 메시지를 수신했을 때, 교차로에 근접하여 교차로정보 메시지를 수신했을 때에 대한 처리과정으로 서비스 결과를 GUI로 전달한다. 두 번째 경우는 자신이 다른 차량과 충돌하였을 때와 응급 차량으로서 교차로의 교통신호를 변경하고자할 때에 대한 처리 과정으로 이벤트 발생 시 처리과정이 시작 되며, 다른 모듈들로 메시지를 전송 한다.

RSU 응용의 수행과정은 TCC로부터 공사구간 정보 메시지를 수신했을 때와 OBU로부터 차량 충돌 알림 정보 메시지를 수신했을 때, OBU로부터 응급차량 알림 정보를 수신 했을 때, OBU로부터 프로브 정보를 수신했을 때, 그리고 근처 OBU들에게 교차로 정보를 송신할 때의 처리과정이 있다. TCC로부터 공사구간 정보를 수신 받은 경우 RSU는 공사시간 동안 공사구간 정보를 OBU들에게 주기적으로 송신한다. RSU가 OBU로부터 응급차량 알림 정보 및 차량 충돌 정보, 프로브 정보를 수신했을 경우 먼저 TCC로 전달하고, 차량 충돌 알림 정보인 경우 다른 OBU가 사고정보를 알 수 있도록 차량 충돌 알림 정보를 재송신 하며, 응급차량 알림 정보인 경우 응급차량이 교차로를 정체 없이 통과 하도록 교통신호를 변경한다.

TCC 응용의 수행과정은 RSU로부터 차량 충돌 알림 정보 메시지를 수신했을 때와 RSU로부터 프로브 정보 메시지를 수신했을 때, 그리고 공사 구간정보 메시지를 송신할 때의 처리과정이 있다. RSU로부터 차량 충돌 알림 정보나 프로브 정보 메시지를 수신하였을 경우 TCC는 교통상황 정보 데이터베이스에 통계자료로 저장해 둔다. TCC는 공사구간 정보를 발생시간과 종료시간을 포함하여 RSU로 전송한다.

공사구간 정보 서비스와 차량 충돌 알림 서비스,

응급차량 알림 서비스, 프로브는 메시지의 정보 자체만으로 사용자에게 필요한 서비스를 제공해줄 수 있다. 그러나 딜레마구간 의사결정 지원 서비스 같은 경우 전달되어지는 메시지 정보는 교차로와 교통신호에 대한 정보로 이루어져 있으며, 이 정보만으로 운전자가 차량이 교차로를 통과할 수 있는지의 여부를 알 수가 없다. 이에 운전자가 참고할 수 있도록 통과여부를 판단해주는 알고리즘이 필요하며, 본 연구에서는 녹색통과거리, 황색 통과거리, 정지거리, 제동거리, 그리고 정지선으로부터의 차량까지의 거리의 관계를 통하여 신호교차로 통과여부를 판단한다. 이는 참고문헌 [11]의 식을 참고 하였으며, 연구결과를 요약하면 각각을 구하는 식은 아래와 같다.

• 녹색통과거리(Clearance Distance Green, X_{cg}): 차량이 녹색신호에서 황색신호로 변경되기 전까지 차량이 이동한 거리로 차량으로부터 정지선까지의 거리와 비교하여 차량이 완전히 교차로에 진입함을 계산하기 위해 차량의 길이를 포함하며, 다음과 같이 표현된다.

$$X_{cg} = v \times T_{RA} - L \tag{1}$$

L : 차량의 길이(m)
v : 차량의 속도
T_{RA} : 녹색등 잔류시간(sec)

• 황색통과거리(Clearance Distance Yellow, X_{cy}): 차량이 적색신호로 변경되기 전까지 차량이 이동한 거리로 차량이 완전히 교차로를 빠져나감을 계산하기위해 교차로의 폭(정지선부터 교차로종단까지의 거리)과 차량의 길이를 포함하며, 다음식과 같다.

$$W_I = distance(L_{stop}, L_{terminal}) \tag{2}$$

$$X_{cy} = v \times (T_{RA} + y) - (W_I + L) \tag{3}$$

W_I : 교차로의 폭(m)
L_{stop} : 정지선의 위치
$L_{terminal}$: 교차로종단의 위치
y : 황색등 잔류시간(sec)

• 정지거리(Stopping Distance, X_s): 차량이 교차로를 진입한 속도와 ITE에서 제시한 정지감속도 3.05m/s2와 운전자의 인지반응시간을 고려하여 차량이 안전하게 정지할 때까지 진행한 거리 계산식으로 다음과 같다.

$$X_s = t_{PRT} \times v + \frac{v^2}{2(d + G \cdot g)} \tag{4}$$

t_{PRT} : 인지반응시간(sec)
d : 정지감속도(3.05m/s2)
G : 종단구배(0) *평탄지
g : 중력가속도

• 제동거리(X_b): 운전자가 급히 제동을 가하고 차량이 완전히 정지할 때까지의 진행한 거리계산 식으로 다음과 같다.

$$X_b = t_{PRT} \times v + \frac{v^2}{2\mu g} \tag{5}$$

여기서 μ 는 건조한 도로 상태에서 평균적인 값 0.8을 사용한다.

• 정지선과 차량사이의 거리(X): 교차로 정지선으로부터 차량까지의 거리로 RSU로부터 받은 교차로정보 중 교차로의 정지선(Stop Location)정보를 사용하며, 다음과 같이 표현한다.

$$X = \text{distance}(L_{car}, L_{stop}) \tag{6}$$

L_{car} : 차량의 위치

위의 식을 통해 신호교차로의 통과 여부를 판단하기 위해서는 먼저, 정지선과 차량사이의 거리가 녹색통과거리보다 작다면 즉, $X_{cg} > X$는 녹색잔여시간 동안에 차량이 교차로를 통과할 수 있다는 것임으로 통과판정을 하고, 그렇지 않은 경우, 정지선과 차량사이의 거리가 정지거리보다 클 경우 즉, $X_s < X$는 녹색잔여시간 동안 교차로를 통과할 수 없지만, 평균 감속도로 정지선 내에 정지할 수 있는 것임으로

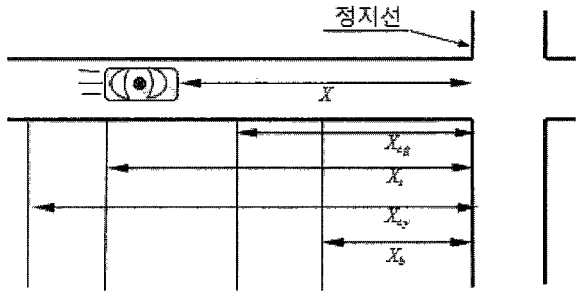
```
if  X_cg > X then
        Go.
else if   X_s > X then
        if X_cy > X then
                Go.
        else if X_b < X then
                Stop.
            else
                Accelerate

    else
        Stop.
```

<그림 8> 교차로통과여부 판단 알고리즘
<Fig. 8> Intersection pass through decision algorithm

정지 판정을 한다. 정지선과 차량과의 거리가 녹색 통과거리보다 크면서, 정지거리보다 작은 경우 즉, $X_{cg} < X < X_s$는 정지선과 차량사이의 거리가 황색 통과거리보다 작을 때 즉, $X_{cy} > X$ 에 교차로신호가 적색신호로 변경되기 전에 차량이 교차로를 빠져나갈 수 있다는 것임으로 통과 판정하고, 그렇지 않다면, 정지선과 차량사이의 거리와 제동거리를 비교하여 정지선과 차량사이의 거리가 제동거리보다 큰 경우 즉, $X_b < X$는 평균 감속도로 정지선 내에 정지할 수 없지만, 제동을 가할 경우 정지선 내에 정지할 수 있음으로 정지를 판정하고, 정지선과 차량사이의 거리가 제동거리보다도 작다면 즉, $X_b > X$는 운전자가 제동을 가하여도 교차로 내에 남게 됨으로 교차로를 통과할 수 있도록 가속 판정을 한다. <그림 8>은 이에 대한 알고리즘을 나타낸다.

정지거리와 제동거리는 차량의 속도변화에 따라 그 거리 값이 동일한 비율로 변경되며, 녹색 통과거리는 차량의 속도와 녹색잔여시간에 따라 그 거리 값이 변경되고, 황색 통과거리는 차량의 속도와 황색잔여시간에 따라 그 거리 값이 변경된다. 녹색 통과거리와 황색 통과거리 또한 녹색잔여시간이 0보다 클 때 동일한 비율로 변경된다. 차량은 RSU로부터 신호정보를 받기 시작한 시점부터 위에서 제시한 알고리즘을 적용하며 차량이 교차로를 통과할 때까지 계속 갱신한다. <그림 9>는 교차로통과 판단을 위한 개념도이다.



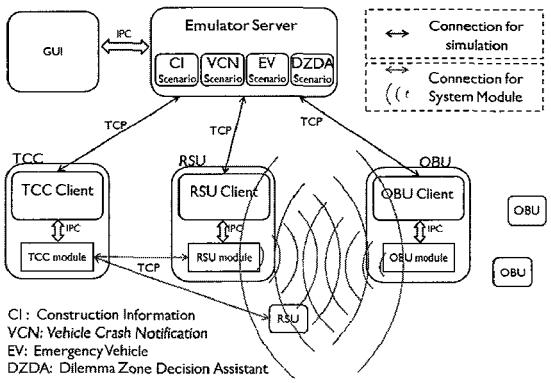
<그림 9> 교차로통과 판단 개념도
<Fig. 9> concept of Intersection pass through decision

V. 에뮬레이터 구현 및 결과

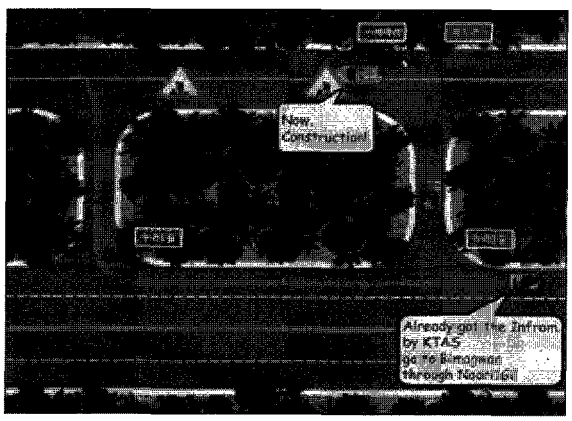
본 논문에서 제시하고 설계한 응용 프로토콜이 적용되어 차량에 영향을 주는 모습을 보기 위해 현실과 같은 상황을 대변해주기 위한 에뮬레이터가 필요하다. 에뮬레이터는 본 논문에서 제시하는 다섯 가지 서비스들을 실험할 수 있도록 구성된다. 에뮬레이터의 역할로는 차량이 지속적으로 이동하는 에뮬레이션과 차량의 이동에 따른 위치와 속도 등의 정보를 갱신 하며, 차량이 발생할 수 있는 돌발 및 요구 사항을 이벤트로 관리할 수 있어야한다. <그림 10>과 같이 에뮬레이터는 각각의 서비스에 해당하는 시나리오 및 차량정보를 관리하는 에뮬레이터 서버와 에뮬레이터로부터 이벤트를 전달받는 TCC 클라이언트와 RSU 클라이언트, OBU 클라이언트로 구성된다.

• 에뮬레이터 서버는 위에서 정의한 다섯 가지 서비스 중 별도의 시나리오가 필요하지 않는 프로브를 제외한 네 개의 서비스에 해당하는 시나리오를 정의하고 각 시나리오가 수행될 때 OBU 클라이언트와 RSU 클라이언트, TCC 클라이언트의 접속을 확인하면 정해진 시나리오의 시간에 따라 이벤트 명령을 보낸다. 시나리오는 Windows Presentation Foundation(WPF)를 이용하여 XML형식으로 작성되며, 사용자는 GUI를 통해서 시나리오에 따라 OBU와 RSU, 또는 OBU와 OBU가 통신하는 모습을 볼 수 있다. 에뮬레이터 서버에서 전게 되는 시나리오에 차량의 정보와 이벤

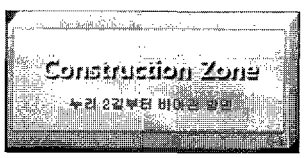
트 타이밍이 정해져있기 때문에 에뮬레이터 서버는 각각의 클라이언트들에게 차량 정보 및 이벤트를 전달한다. 이는 OBU 클라이언트 및 RSU 클라이언트, TCC 클라이언트가 차량의 정보 및 교차로정보 등을 수집하는 인터페이스만 가지고 있으므로 에뮬레이션 상황에서 모든 데이터를 가지고 있는 서버로부터 차량정보 및 각종 이벤트들을 제공 받아야한다. 차후에 에뮬레이션이 아닌 현실에서 실험할 경우에는 각



<그림 10> 에뮬레이터 구성도
<Fig. 10> Emulator Architecture

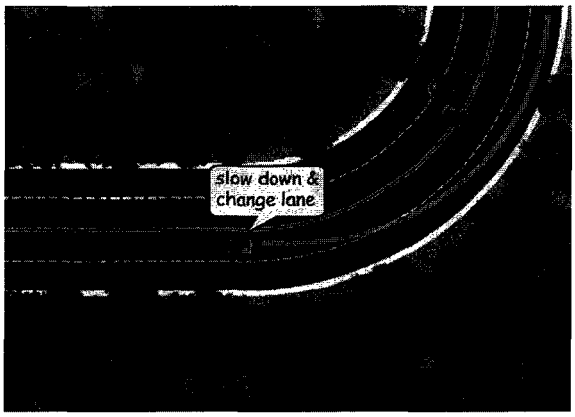


(a) Display of Emulator Server



(b) Display of Vehicle

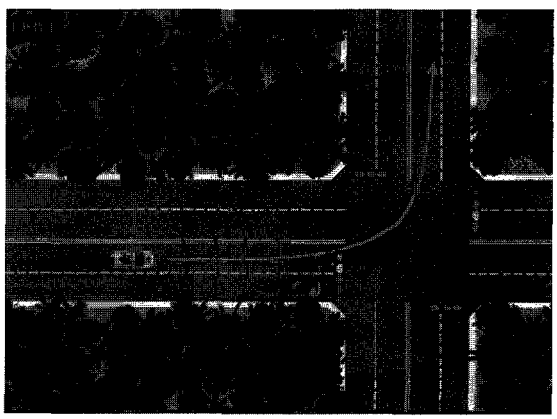
<그림 11> 공사구간 정보 서비스 실행 화면
<Fig. 11> Construction Zone Information Service practice



(a) Display of Emulator Server

(b) Display of Vehicle

<그림 12> 차량충돌 신고 서비스 실행 화면
<Fig. 12> Vehicle Crash Notification Service practice



(a) Display of Emulator Server

(b) Display of Vehicle

<그림 13> 응급차량 알림 서비스 실행 화면
<Fig. 13> Emergency Vehicle Notification Service practice

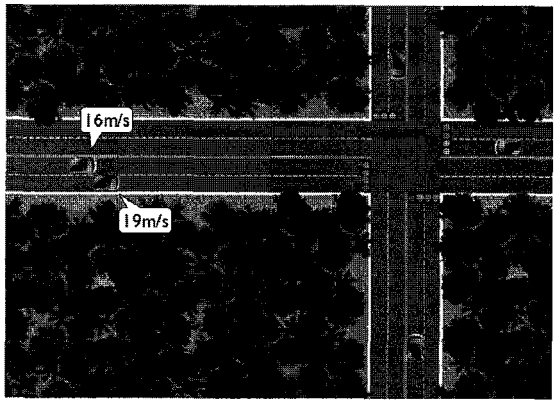
각의 모듈들로부터 클라이언트의 인터페이스를 통해 데이터를 제공받을 수 있다.

OBU 클라이언트는 OBU 장치를 말하며 내부 프로세싱을 위해서 안전운전 지원 시스템의 OBU모듈을 포함하고 있다. 각 장치는 데이터를 전송하는 대상과 수행하는 일이 다르기 때문에 각각의 모듈은 각 장치마다 차이가 있다. OBU 클라이언트와 에뮬레이터 서버는 TCP로 연결되며, OBU 클라이언트와 안전운전 지원 시스템의 OBU모듈은 같은 장치에 존재하므로 내부 프로세싱을 위한 IPC로 통신을 한다. OBU는 기본적으로 무선 통신환경이고, 별도의 라우팅 과정 없이 다른 OBU와 RSU들과 통신을 하기 때문에 라우팅 과정에서 손실되는 패킷이 없다. 그렇기 때문에 TCP가 아닌 UDP만으로도 신뢰성이 보장되고, TCP로 인한 오버헤드를 줄이기 위해서 무선 통신 구간은 UDP로 통신을 한다.

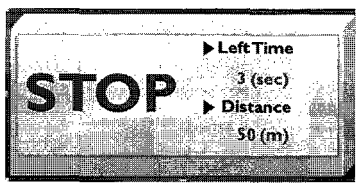
• RSU 클라이언트는 RSU 장치를 말하며 OBU와 마찬가지로 내부 프로세싱을 위한 안전운전 지원 시스템의 RSU 모듈을 가진다. RSU는 2가지 전송타입이 존재하는데 하나는 OBU와의 통신을 위한 무선 통신과 다른 RSU들이나 TCC와의 통신을 위한 유선 통신이 존재한다. 무선 통신은 위에서 설명한 대로 UDP를 사용해서 통신하고, 유선 통신은 라우팅 과정을 거치기 때문에 라우터에서 손실되는 패킷에 대한 신뢰성을 보장받기 위해 TCP를 사용한다. RSU 역시 안전운전 지원 시스템의 RSU 모듈과는 같은 장치에 존재하기 때문에 역시 IPC를 사용한다.

• TCC 클라이언트는 TCC로 OBU와는 직접적으로 통신을 하지 않고 RSU를 경유해서 통신을 한다. 그렇기 때문에 TCC는 무선 통신이 존재하지 않고 유선 통신만을 사용하고, 위에서 설명한 대로 유선 통신은 TCP를 사용하므로 TCC 클라이언트는 TCP를 사용한다. 또한 안전운전 지원 시스템의 TCC모듈도 같은 장치에 존재하기 때문에 내부 통신을 위한 IPC를 사용한다.

본 연구에서 구현한 에뮬레이터는 각각의 서비스에 해당하는 시나리오가 실행될 때 에뮬레이터 서버와 차량 내에 존재하는 디스플레이 장치를 통해 에뮬레이션 과정과 운전자에게 제공되는 공공 안전정



(a) Display of Emulator Server



(b) Display of Vehicle

<그림 14> 딜레마구간 의사결정 지원 서비스 실행 화면
<Fig. 14> Dilemma Zone Decision Assistant Service practice

보를 확인 할 수 있다. 먼저 공사구간 정보 서비스에서 <그림 11>의 (a)는 차량이 노변으로부터 공사 구간에 대한 정보를 전달 받아 차량이 공사구간을 경유하지 않는 경로를 선택하게 하는 과정을 나타내며 <그림 11>의 (b)는 차량이 공사구간에 해당하는 노변장치로부터 공사정보를 받았을 때 표시되는 정보이다. 두 번째 사고차량 신고 서비스에서 <그림 12>의 (a)는 시야가 확보되지 않은 구간에서 사고가 발생했을 때 사고 정보를 전달 받은 노변장치가 근접하는 차량들에게 사고 정보를 전송하여 운전자가 안전운행을 할 수 있도록 하는 과정을 나타내며. <그림 12>의 (b)는 사고 구간에 접근하는 차량이 노변장치나 사고차량으로부터 사고정보를 전달 받았을 때 표시되는 정보이다. 세 번째 응급차량 알림 서비스에서 <그림 13>의 (a)는 응급차량이 자신의 진행방향 정보를 다른 차량과 노변장치로 전송 한다. 이 정보를 받은 다른 차량들은 응급차량에게 길을 양보하고, 노변장치는 응급차량이 교차로를 막힘없이 지나

갈 수 있도록 신호를 변경한다. <그림 13>의 (b)는 응급차량이 전달한 정보를 다른 일반 차량이 받았을 때 응급차량이 접근하고 있다는 것과 응급차량의 진행방향 정보를 나타낸다. 마지막으로 딜레마구간 의사결정 지원 서비스에서 <그림 14>의 (a)는 교차로에 위치한 노변장치와 차량 간의 통신으로 차량이 노변장치로부터 교차로정보 및 교통신호정보를 받기 시작한 시점에서 교차로에 접근하는 시점까지 4장에서 설명한 알고리즘을 이용하여 운전자에게 교차로 진입 결정여부를 제공한다. <그림 14>의 (b)는 교차로에 진입하는 차량 내 디스플레이 장치에 표시되는 정보이며, 교차로 진입 판단여부 및 현재신호의 잔여시간, 교차로까지의 거리를 포함 한다. (a)에서 16 m/s로 달리는 차량은 알고리즘에 의하여 운전자에게 정지할 것을 경고하며, 19 m/s로 달리는 차량에게는 교차로를 통과할 것을 운전자에게 알린다.

Ⅵ. 결 론

본 논문에서는 차량과 노변, 교통 센터의 연계체계를 통해 차량안전을 위한 다양한 서비스들을 제공하는데 목적이 있다. 이를 위해 WAVE를 기반으로 하여 응용프로토콜을 설계하고, 차량과 노변, 교통센터 간에 차량정보와 교차로 정보, 도로상황 정보 등을 교환하는 작업을 통해 각 기능 개체(OBU, RSU, TCC)들이 정보를 가공하여 각각의 서비스들을 제공하도록 한다. 본 연구에서는 다섯 종류의 서비스들로 공사구간 정보 서비스와 사고 차량 알림서비스, 응급차량 알림서비스, 프로브 서비스, 딜레마구간 의사결정 지원서비스를 제공하였고, 향후 제시한 응용프로토콜을 이용하여 더 많은 서비스들을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

그에 더하여 본 연구에서 서비스를 검증하기 위해 설계한 에뮬레이터는 응용프로토콜을 별도의 모듈로 관리 하고 있기에 다양한 응용프로토콜과 서비스들을 실험할 수 있다. 이로 인해 ITS서비스를 개발하고, 실험하는 데에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] D. Jiang, L. Delgrossi, "IEEE 802.11p: Towards an International Standard for Wireless Access in Vehicular Environments," *Proc. IEEE VTC-Spring*, May 2008.

[2] ISO TC204 Working Group 16 "Continuous Air interfaces-Long and Medium Range (CALM)", *http://www.isotc204wg16.org.*

[3] 이순호, 변우섭, "ITS용 DSRC 시스템 표준화 동향", *대한전자공학회지*, 제28권, 제5호, pp. 34~39, 2001, 5.

[4] H. Menouar, F. Filali, M. Lenardi, "A Survey and Qualitative Analysis of MAC Protocols for Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Wireless Communications*, vol.13, no. 5, pp. 30-35, October 2006.

[5] IEEE 1609.1, "IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Resource Manager" *IEEE Standard*, October 2006.

[6] IEEE 1609.2, "IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments – Security Services for Applications and Management Messages", *IEEE Standard*, July 2006.

[7] IEEE 1609.3, "IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Networking Services", *IEEE Standard*, April 2007.

[8] IEEE 1609.4, "IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Multi-channel Operation", *IEEE Standard*, November 2006.

[9] 건설교통부 "기본교통정보 교환 기술기준" *건설교통부고시* 제2004-513호.

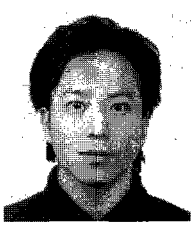
[10] 권한준, 이재준, 이승환, 이진권, 김용득 "DSRC를 이용한 교통정보시스템 개발 연구" *한국ITS학회논문지*, 제8권, 제6호, pp. 13~22, 2009. 12.

[11] 문영준, 이주일, "신호교차로 내 딜레마구간 차내경고 시스템 개발", *ITS학회논문지*, 제2권, 제1호, pp. 54~62, 2003. 6.

[12] 최경원, 윤동원, 박상규, 김동현, 최광주, "DSRC 시스템을 응용한 교차로 사전경보 알고리즘", *ITS학술대회논문집*, pp. 110~113, 2005. 11.

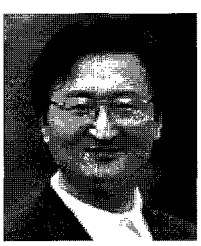
[13] Michael Maile, "Cooperative Systems for Intersection Crash Avoidance", *MBRD*, January 2008.

저자소개



고 재 철 (Ko, Jae-Cheol)

2008년 : 경운대학교 컴퓨터공학과(학사)
2010년 : 광운대학교 대학원 임베디드S/W학과(석사과정)



이 혁 준 (Lee, Hyukjoon)

1987년 : University of Michigan, Computer Science(학사)
1989년 : Syracuse University, Computer Science(석사)
1993년 : Syracuse University, Computer Science(박사)
1994년 ~ 1996년 : 삼성전자(주) 멀티미디어 연구소 선임연구원
1996년 ~ 현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 교수