

OBE 단말기를 이용한 차량 간 통신시스템

정회원 박 세 준*, 유 승 선**, 양 태 규*

Study on Communication Each Other Cars by OBE Terminal

Se-Jun Park*, Seung-Sun Yoo**, Tae-Kyu Yang* *Regular Members*

요 약

본 연구는 OBE(On Board Equipment) 단말기를 이용하여 특별한 인프라 없이 무선통신이 가능하도록 단거리 무선통신(DSRC:Dedicated Short Range Communication))을 이용하여, 차량 간 직접통신을 통한 교통정보교환방식 서비스 체계를 개발하였다. 본 기술은 이동차량이 교통상태정보를 실시간으로 센터에 전달함으로써 수집정보의 정확도를 개선할 수 있도록 하였으며, 통신 음영지역에서도 고품질의 교통정보 서비스 제공이 가능하게 하였다. 또한 본 기술은 통행료를 지불하는 ETC 기능과 함께 그 다음 통신 음영지역에서도 차량 간 직접통신을 통해 교통정보 지점방송과 GPS 등의 부가 통신서비스를 인프라 없이 제공 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

Key Words : OBE, Traffic Information, DSRC, GPS, Toll Payment

ABSTRAC

In this study, we developed a OBE(On Board Equipment) system in which moving cars communicate directly each other to exchange traffic information. this system achieved by using DSRC(Dedicated Short Range Communication). this technology can improve the fidelity of collected information by transferring current state information from a moving car to center in real time. As a consequence of it, moving cars can be offer information service of high quality even in a shadow zone. and also, in addition to basic ETC function for toll payment, using our newly developed system, delivering traffic information and providing additive service like GPS can be achieved by car-to-car direct communication within shadow areas without additional infra-structure.

I. 서 론

현재 개발된 교통정보제공서비스에는 교통방송서비스, 유무선 전화를 이용한 서비스, VMS(Voice Mail System) 전광판과 같은 도로에 설치된 표지장치를 이용한 서비스, 노변에 설치된 무선기지국과 차량 간 통신을 이용한 서비스 등이 있다. 그러나 이 정보는 현재 운전자가 위치하고 있는 지점의 정보와 무관한 광역정보가 대부분을 차지하고 있어 정보의 효율성이 떨어지며 또한 정보 이용료가 비

싸다는 문제를 갖고 있다. 그러므로 무선통신의 ITS(intelligent transport systems) 인프라 서비스의 활용가치를 높이고 교통상황 등 각종 정보수집의 정밀도를 향상시킬 필요가 있다.

본 연구에서는 단순히 도로 이용 과금만을 담당하는 하이패스 단말기(OBE)를 이용하여 특별한 인프라 없이 차와 차 사이에서 무선통신이 가능하도록 하는 교통정보교환방식 서비스 체계를 개발하였다. 그림 1은 차량간 직접 통신 서비스 운용 예를 보여주고 있다.

* 복원대학교 IT공학과 지능로봇연구실(sjpark@mokwon.ac.kr), ** (주)코아트리 연구소장(yss2590@coretree.co.kr)
논문번호 : KICS2008-03-147, 접수일자 : 2008년 3월 31일, 최종논문접수일자: 2008년 7월 23일

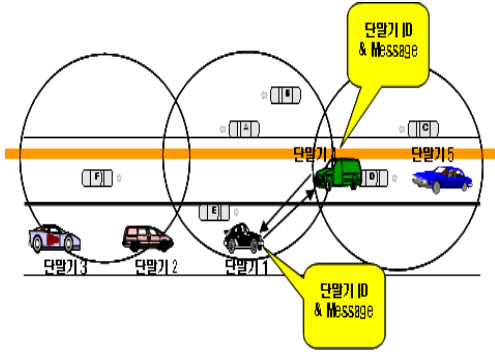


그림 1. 차량 간 직접 통신 서비스 운용 예

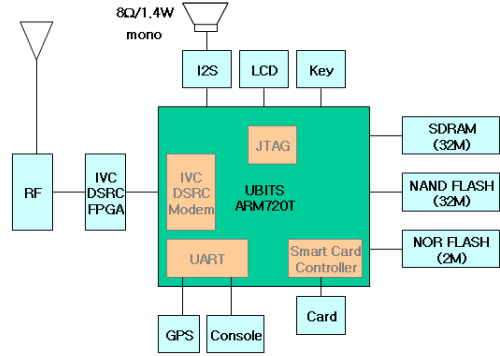


그림 2. 차간 통신용 OBE 단말기 구조

본 기술은 단거리무선통신(DSRC)을 이용하였으며, 차량 간 직접통신을 통한 이동차량의 교통정보를 실시간으로 중앙서버에 전달함으로써 수집정보의 정확도를 개선할 수 있도록 하였다. 또한, 통신 기지국이 없는 음영지역에서도 고품질의 교통정보서비스 제공이 가능하도록 하였다. 그리고 통행료를 지불하는 ETC(Electronic Toll Collection) 기능과 함께 차량 간 직접통신을 통해 교통정보 지점방송과 GPS(Global Positioning System) 등의 부가 통신서비스를 인프라 없이 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러므로 차내 운전자에게 시간과 장소에 구애받지 않고 실시간 교통정보서비스를 제공하여 서비스 품질을 고도화 할 수 있다. 본 논문은 제II장에서 차간 통신을 위한 OBE 하드웨어를 설계하고, 제III장에서 DSRC 시스템의 스택 구조에 대해 살펴보고, 제IV장에서 차간통신 융합 서비스를 위한 코드 규격을 설계하였다. 제V장에서는 차간 통신을 위한 시험 환경 구축 및 실험을 하였으며, 제VI장에서는 실험에 따른 결과를 마지막으로 제VII장에서는 결론을 맺도록 구성하였다.

II. 하드웨어 디자인

본 연구에서 개발한 차간 통신용 OBE 단말기 구조는 그림 2와 같이 설계 하였다.

그림 2에서 보는 바와 같이 근거리 통신을 위한 RF(Radio Frequency)모듈과 중앙처리장치(CPU)부와 메모리부, 위치를 파악할 수 있는 GPS부와 유류도로 통행료 과금에 필요한 ETC로 구분할 수 있다. RF모듈로는 일본 소니사에서 개발한 CXG1132AER를 사용했으며, 중앙처리로는 UBITS ARM720T를 사용하였다. 메모리는 32Mbyte의 SDRAM, 32Mbyte

NAND FLASH 메모리와 2Mbyte NOR FLASH를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 중앙처리장치는 내부에 IVC DSRC MODEM과 GPS 송신용 UART가 있으며, 유류도로 과금을 위한 스마트카드 컨트롤러가 내장되어 있다.

III. DSRC 시스템

DSRC는 텔레매틱스 서비스를 제공하기 위해 도입된 단거리 무선통신 수단으로서 교통정보 및 제어시스템 응용에 필요한 통신 요구 사항들을 충족시킬 수 있다. DSRC는 10m에서 100m의 좁은 서비스 지역에서 차량단말기와 노변기지국 사이에 실시간 서비스가 이루어져야 하기 때문에, OSI의 7계층보다 축소된 형태의 물리계층(Physical Layer), 데이터 링크계층(Data Link Layer) 그리고 응용계층(Application Layer)으로 이루어진 스택 구조를 필요로 하게 된다. 이와 같은 구조는 실시간 환경에서 매우 일반적이라 할 수 있기 때문에 텔레매틱스 서비스를 지원하기 위한 적합한 시스템이라 할 수 있다. DSRC의 물리계층은 텔레매틱스 서비스를 위한 5.8GHz 마이크로파를 이용한 물리 계층 규격을 기술하고 있으며, OSI 물리계층의 요구 조건들로 구성된다. 또한 차량단말기와 노변기지국을 이용한 시스템들에 다중 접속을 위한 상호 호환성을 제공하고 광범위한 통신 영역에서 고속의 데이터 통신을 목적으로 한다. 차량들과의 접속 방식은 시간을 분할하여 대역을 이용하는 시분할 다중접속방식인 TDMA(Time Division Multiple Access)를 사용하며, 전송속도는 1.024Mbps이다. 이 5.8GHz 대역의 물리 계층에서 노변장치에서 차량탐재장치로 정보전송을 위한 통신 요구 조건은 하향 회선(Down

Link) 파라미터로 설명되며, 차량탑재장치에서 노변 장치로 정보 전송과 관련된 요구조건들은 상향 회선(Up Link) 파라미터로 설명된다. 또한, 데이터 링크계층에서는 DSRC의 데이터 링크 계층에 관한 규격을 기술해 놓고 있으며, 노변기지국이 자신의 통신영역을 통과하는 차량단말기들에게 통신 매체를 할당해 주고 이를 이용하여 노변기지국과 단말기들 간의 원활한 통신을 가능하게 하는 구조를 가지고 있다. DSRC의 최상위 계층인 응용계층에서는 DSRC의 응용계층에서 제공되는 서비스와 구조를 기술하고 있으며, 응용 서비스 요소를 규정한다. 이러한 규정 요소들은 APDU(Application Protocol Data Units : 응용 서비스 프로토콜 데이터 단위), ASDU(Application ServiceData Unit : 응용 서비스 데이터 단위)와 ASDU에 관한 활동들로 이루어져 있다. ASDU의 송수신은 서비스 프리미티브(Service Primitives : SP)의 호출로 실행된다. 응용계층의 구조는 단말장치의 응용기능이 단순한 서비스에서부터 복잡한 서비스까지 또한 다수의 서비스를 동시에 수행하기 위해 적절한 범위 요소 선택을 가능하게

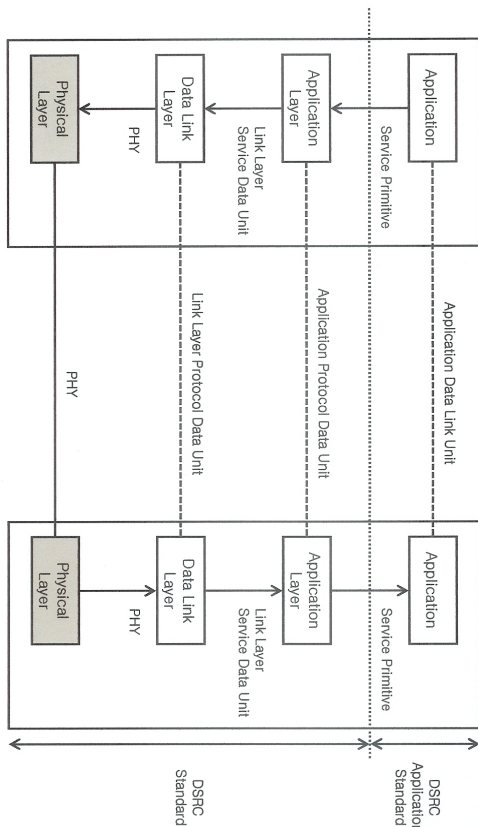


그림 3. 통신시스템과 응용사이의 데이터 흐름

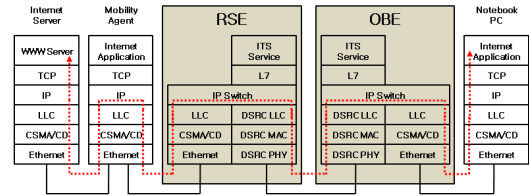


그림 4. DSRC 패킷 통신 시스템의 프로토콜 스택

한다. 그림 3은 OSI의 제 1계층인 물리계층과 2계층인 데이터 링크계층 그리고 최상위 계층인 응용 계층으로 구성된 DSRC 시스템에서 통신의 흐름을 나타내고 그 밑에서 실선으로 나타낸 데이터 통신의 흐름을 통해서 정보가 전달된다.

DSRC 시스템 프로토콜 스택은 그림 4에서와 같이 무선링크를 위한 DSRC 물리계층, DSRC MAC 계층, IP 스위칭 계층, 그리고 DSRC 응용 어플리케이션을 위한 이더넷 계층과 CSMA/CD 계층으로 구성된다. IP Switch 계층에서는 DSRC 계층과 IP 패킷을 분류하여 해당 계층으로 전달하는 기능을 수행한다. 그림 4는 DSRC 패킷 통신 시스템의 프로토콜 스택을 보여준다.

그림 4와 같이 DSRC 서비스 절차는 먼저 단말기와 연결되어 있는 단말 PC에서 인터넷 접속을 위한 이더넷 패킷을 발생한다. OBE는 인터페이스 카드에서 패킷을 캡처하여 이더넷 프레임을 식별하여 DSRC 프로토콜 스택으로 넘겨준다. 이때 프레임 크기가 DSRC MTU 크기인 900 바이트가 넘을 경우에는 단편화(Fragmentation)를 하여 상대 RSE로 전달한다. RSE는 받은 패킷을 구별하여 ITS(Intelligence Traffic System) 응용프로그램 패킷일 경우에는 상위 L7(Layer 7) 계층으로 전달하고 TCP/IP 응용서비스 패킷일 경우에는 인접한 게이트웨이로 패킷을 전달하며 패킷이 단편화 되어 있을 경우에는 융합화(Defragmentation) 한다. 이에 대한 Web 서버에서 오는 응답 패킷은 똑같은 방법으로 OBE를 거쳐 단말 노트북 PC에게 전달된다.

IV. 차간통신 융합서비스 코드 규격 설계

본 연구에서 개발한 OBE 단말기 융합서비스는 ETC(Electric toll collection) 서비스를 포함하여 교통 정보의 수집과 분배, 지점방송서비스, 비상관제서비스, GPS 안내서비스 등 다양한 서비스가 가능하다. 이러한 서비스들의 융합과 관리를 위하여 차간통신 네트워크 관리서비스, 일반 Ad-hoc 서비스, 단말기

자원관리 서비스 등이 필요하다. 따라서 본 연구에서 이러한 서비스를 제공하기 위하여 다음과 같이 서비스들을 분류하여 서비스코드를 설계 하였다.

4.1 네트워크 관리 메시지

0x00

- obe-management cmd(mdt to obe)
- packet structure

rsvd1	HI	rsvd2	dest_id	src_id	00	mLen	Op code	Ctl data..
-------	----	-------	---------	--------	----	------	---------	------------

0x01

- DMR control cmd(AP<>DMR)
- DMR control command from AP to DMR
- packet structure

rsvd1	HI	rsvd2	dmr_id	ap_id	01	mLen	Op code	Ctl data..
-------	----	-------	--------	-------	----	------	---------	------------

0x02

- Beacon svc(dmr>>obe)
- packet structure

rsvd1	40	rsvd2	dmr_id	FFFF	02	mLen1
-------	----	-------	--------	------	----	-------

DMR형식	도로구분	도로번호	방향	기점	기점거리	제한속도	차선정보
-------	------	------	----	----	------	------	------

현재시간정보	현재평균속도	날씨정보	안전운행정보	기타
--------	--------	------	--------	----

- DMR 형식(1byte)
 - . AP로 부터 떨어진 hop거리를 나타낸다.
 - . 이 값이 00 이면 AP 자신을 나타낸다.
- 도로구분(1byte)
 - . 0(고속도로), 1(국도), 2(지방도), 3(기타)
- 도로번호(2bytes)
- 방향(1byte)
 - . 0(하행 - 향남, 향서), 1(상행 - 향북, 향동)
- 기점(1byte)
 - . 도로공사 기준에 따름
- 기점거리(2bytes)
 - . 기점으로부터의 거리(km)
- 제한속도(1byte)
 - . 시속(km/h)
- 차선정보(1byte)
 - . 왕복 2차선, 4차선, 8차선 등등
- 현재시간정보(4bytes)
 - . 초 단위의 누적시간
- 현재평균속도(1byte)
 - . 서버로부터 setting된 속도정보
- 날씨정보(1byte)
 - . 날씨정보 코드를 정하여 사용

- 안전운행정보(0~255)
 - . 안전운행정보 코드를 정하여 사용
 - . 예) 123(안개로 인한 전방추돌 조심), 126(사고로 도로정체) 등
- 기타
 - . 향후 추가하여 확장 사용가능하도록 설계

0x03

- Roaming data(obe>>svr)
- packet structure

rsvd1	HI	rsvd2	ap_id	obe_id	03	mLen	obe_App_id_6	DMR1_id	...	DMRk_id
-------	----	-------	-------	--------	----	------	--------------	---------	-----	---------

- 이 message type은 OBE application에서는 필요 없고 다만 AP또는 SVR에서 수신 및 해석 방법에 대해서만 규정한다.
- mLen = 6 + (2 x k) bytes
- obe_application_id(6bytes)
 - . obe 고유 어플리케이션 id로서 어플리케이션에서 사용하며, 서버의 Location Register에 관련되는 AP주소와 DMR주소와 함께 DB로 관리되어야 진다.
- DMRk_id
 - . obe와 AP와의 한 개의 Route 상에 있으며 obe와 i-hop 거리에 있는 DMR_id를 나타낸다.

4.2 교통정보 분류

- 0x10 : 교통정보 서비스, 0x11 : 구간속도,
- 0x12 : 교통안내, 0x13 : 노면상태,
- 0x16 : 재단정보, 0x17 : 날씨정보,
- 0x14 : 공사정보, 0x15 : 사고정보,
- 0x18 : 지역안내, 0x19 : 생활정보,
- 0x1A : 서비스목적, 0x1B : 광고정보,
- 0x1C : TTS 서비스

4.3 교통정보 수집

- 0x20 : GPS data transfer,
- 0x21 : sensor data collection

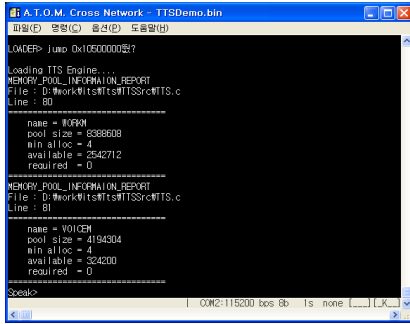
4.4 교통이외의서비스

- 0x31 : telecommand,
- 0x32 : telemetry, 0x34 : image download

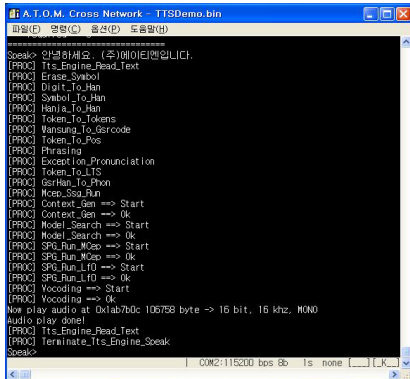
4.5 일반적인 Ad-hoc 서비스(0xA0)

4.6 OBE 자원관리 서비스

- 0xF0 : command(SVR >> OBE),
- 0xF1 : response(OBE >> SVR)



(a) TTS 구현



(b) TTS 실행

그림 5. TTS 구현 및 실행

본 논문에서 이와 같이 설계된 차량 간 통신 코드를 이용하여 차량 간 정보를 주고받을 수 있도록 하였으며, 운전자는 운전 중에 단말기에서 정보를 확인 할 수 없는 특성을 고려하여 본 연구에서는 문자 정보를 음성정보로 변환하여 주는 TTS(text to Speech) 서비스를 이용하였다. 따라서 텍스트로 전송 받은 정보를 운전자에게 음성으로 변환하여 정보를 제공함으로써 안전 운전과 정확한 정보전달을 할 수 있다. 그림 5는 TTS(Text To Speech)의 구현 및 실행을 보여주고 있다.

V. 차간통신을 위한 시험 환경 구축 및 정보교환 실험

5.1 ETC 서비스를 위한 시험용 겐트리

그림 6은 OBE 단말기의 통행료를 처리하기 위한 겐트리를 보여주고 있다. OBE스 융합단말기를 장착한 차량이 하이패스 지역을 통과할 때 이중모드 접속기능이 작동하여 ETC 기능 외의 모든 기능이 정지되어 과금을 처리하게 된다.



그림 6. ETC 서비스를 위한 시험용 겐트리



그림 7. 시험용 중계기지국

5.2 중계기지국

그림 7은 시험용 중계기지국으로서 본 연구에서는 직선도로에서는 지향성을 가지는 기지국(AP : Access Point)을 설치함으로써 기지국과 통과 차량의 통신을 원활하게 하였다. 또한, 교차로 부근에서는 무지향성 기지국을 설치하여 여러 방향에 있는 차량에 최신 교통 정보를 줄 수 있도록 하였다. 각각의 기지국은 특정 IP를 부여할 수 있으며 중앙 서버에서 특정 IP를 통해 보내온 데이터를 단말기가 수신하여 음성으로 변환하여 운전자에게 알려주는 역할을 한다.

5.3 차량간 교통정보 교환 실험

본 연구에서는 OBE 단말기를 이용한 차량간 정보교환서비스를 실험하기 위하여 약 6km의 도로에 시험중계용 기지국을 2km 간격으로 도로 양쪽으로 설치하였다. 본 실험은 서버에서 기지국을 거쳐 시험용 차량 안에 설치된 OBE단말기에 얼마나 정확하게 전달되어지는가와 기지국이 없는 음영지역에서 서로 교차하는 OBE 단말기 간에 정보전달을 시험하였다. 본 실험에서 지향성을 가지는 기지국(AP)를 사용했으며 수신범위는 기지국을 중심으로 약 150m~200m이다. 기지국에서는 매 500msec마다 정

보를 송신하였다. 임의의 교통정보를 기지국에서 송출한 후 OBE 단말기를 탑재한 차량을 통과 하거나 후 차량에 탑재한 OBE 간 교통정보교환 시험을 하였다.

5.4 중앙서버 데이터

그림 8은 중앙서버 데이터 입력화면을 보여준다. 센터서버 데이터는 유선 네트워크를 통해 기지국(AP)으로 데이터가 전달된다.

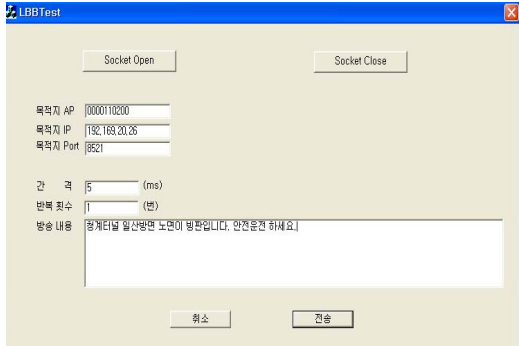


그림 8. 센터서버 데이터

5.5 기지국 데이터

그림 9는 기지국 데이터를 보여준다. 중앙서버로부터 전달받은 데이터를 DSRC를 이용하여 중계기 및 단말기로 데이터를 전송한다.

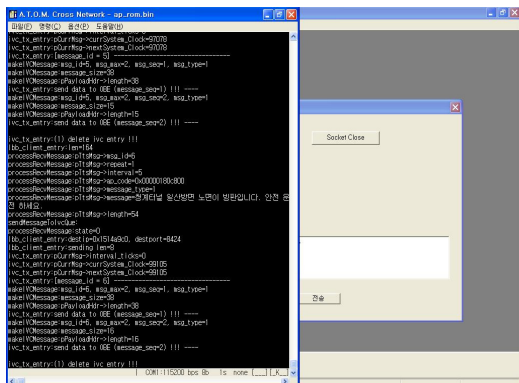


그림 9. 기지국(AP) 데이터

5.6 단말기 데이터

그림 10은 단말기 데이터를 보여준다. 단말기는 멀티홉 Ad-hoc 통신 테스트를 위한 장치이며 기지국 및 중계기로부터 전달받은 데이터를 TTS를 이용하여 재생한다.



그림 10. 단말기 데이터

VI. 실험 결과

본 연구에서 OBE를 이용한 차량 간 통신 실험은 시험 환경이 설치된 6km의 실험용도로구간에서 실시하였다. 본 실험은 기지국(AP: access point) 주변과 기지국이 없는 음영지역에서 차량이 서로 교차하며 정보를 전달하는 과정을 시험을 통하여 정보 전달의 정확성을 평가 하였다. 정보 전달의 정확성을 평가하기 위하여 기지국 안테나 각도, 높이의 변화와 기지국과 OBE의 거리변화 그리고 차량의 속도 변화를 주어 실험하였다. 그림 11은 AP 안테나 각도를 차량진행 방향에 따라 그림과 같이 조절하여 데이터를 전송한 후 차량 안에 설치된 OBE에 수신된 결과를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 AP의 각도는 차량 진행 방향에서 30도 이내 각도로 설치되었을 때 수신율이 좋았다.

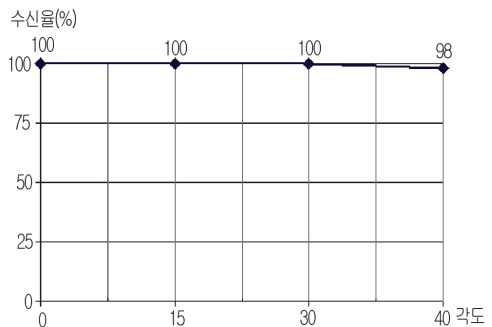


그림 11. AP 각도에 따른 데이터 수신율

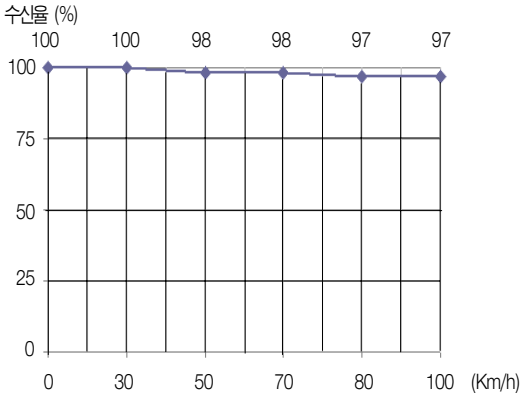


그림 12. 차량 속도에 따른 데이터 수신율

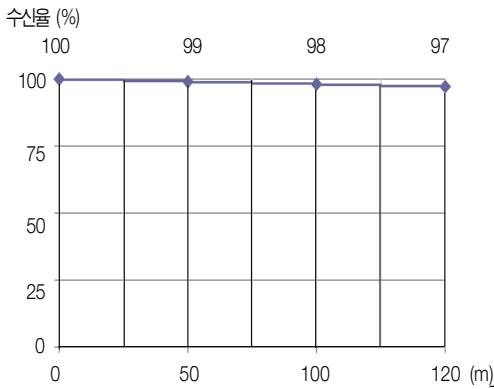


그림 13. AP 수신 범위에 따른 데이터 수신율

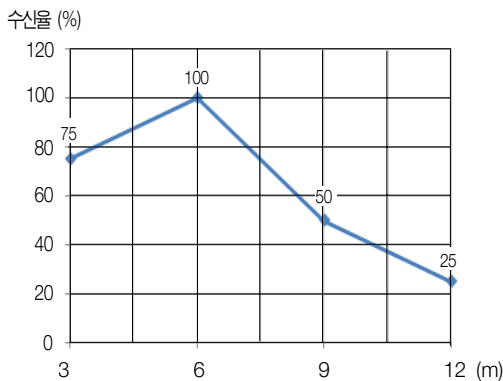


그림 14. AP높이에 따른 데이터 수신율

그림 12에서는 그림과 같이 OBE를 탑재한 차량의 속도를 변화 시켜 차량 안에 설치된 OBE에 수신된 수신결과를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 차량의 속도가 빠르더라도 수신율이 변화는 거의 발생하지 않았다.

그림 13에서는 본 연구를 위해서 설치된 지향성 AP는 수신 가능 지역이 반경 120m이다. 따라서 차량이 수신가능 지역에 진입할 때 수신가능 지역 안에서 거리에 따른 수신율을 나타낸다. 그림과 같이 AP의 바로 아래인 0m 지점에서 수신율이 가장 좋았으며, 전반적으로 수신지역에서는 비교적 수신율이 좋았음을 보여준다.

그림 14에서는 그림과 같이 도로 양옆에 위치한 AP를 수신율이 가장 양호한 높이를 알아내기 위하여 3m에서 12m에 이르기 까지 매 3m마다 높이를 조절하고 수신율을 측정한 결과 AP의 높이가 6m일 때 수신율이 가장 좋았음을 알 수 있었다.

VII. 결 론

본 연구에서는 단순히 도로이용 과금 만을 담당하는 하이패스(OBE) 단말기를 이용하여 특별한 인프라 없이 차와 차 사이에서 무선통신이 가능하도록 하는 교통정보교환방식 서비스 체계를 개발하였다. 본 기술은 단거리무선통신(DSRC)를 이용하였으며 차량 간 직접통신을 통한 이동차량의 교통정보를 실시간으로 중앙서버에 전달함으로써 수집정보의 정확도를 개선할 수 있도록 하였다. 또한, 통신 기지국이 없는 음영지역에서도 고품질의 교통정보서비스 제공이 가능하도록 하였다. 그리고 통행료를 지불하는 ETC 기능과 함께 차량 간 직접통신을 통해 교통정보 지점방송과 GPS 등의 부가 통신서비스를 인프라 없이 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러므로 차내 운전자에게 시간과 장소에 구애받지 않고 실시간 맞춤 교통정보서비스를 제공하여 서비스 품질을 고도화 할 수 있다. 따라서 양질의 교통정보서비스를 운전자에게 제공할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 이현, 안동현, 신창섭, 임춘식, 박세호, 조경록, "모바일 오피스 서비스 지원을 위한 ADSRC 패킷 통신 시스템" 한국통신학회지, 제19권, 제9호, pp.77-85, 2002.
- [2] 최광주, 최경원, 조경국, 윤동원, 박상규, "DSRC 시스템에서 릴레이 프로토콜", 대한전자공학회 논문지/TC, 제43권, 제9호, pp.32-39, 2006
- [3] M.Ikawa, Y.Goto, Y.Igarashi, H.Kumazawa, K.Koizumi, and K.Oka, "DSRC local communication platform and its application to in-

formation push service”, *Intelligent Vehicles Symposium*, IEEE, pp.105-110, 2004.

- [4] Abdulhamid, H., Tepe, K.E., Abdel-Raheem, E., “Performance of DSRC systems using conventional channel estimation at high velocities”, *International journal of electronics and communications(Archiv fur Elektronik und Ubertragungstechnik : AEU)*, Vol.61, No.8, pp.556-561, 2007.
- [5] Fujii, Haruki, Katsuki, Shinichi, “Activities Toward the Diffusion of DSRC-based Services(Topic : Intelligent Transport Systems)”, *Journal of the society of automotive engineers of Japan*, Vol.60, No.2, pp.42-47, 2006.
- [6] Bera, R., Bera, J., Sil, S., Dogra, S., Sinha, N.B., Mondal, D., “Dedicated Short Range Communications (DSRC) For Intelligent Transport System”, *Wireless and Optical Communications Networks, 2006 IFIP International Conference on*, pp.1-5, 2006.

박 세 준 (Se-Jun Park)

정회원



1992년 2월 목원대학교 전자공학과 졸업
 1997년 8월 목원대학교 전자 및 컴퓨터공학과 석사
 2000년 3월~현재 목원대학교 IT공학과 박사과정
 <관심분야> 지능제어, 지능로봇, 로봇무선통신

유 승 선 (Seung-Sun Yoo)

정회원



1988년 2월 한남대학교 전자계산공학과 졸업
 1994년 2월 한남대학교 컴퓨터공학과석사
 2003년 8월 전북대학교 영상공학과 박사
 1988-2001년 5월 국에너지기술연구원 연구원

2001년 6월 비맥(주) 기술이사
 2008년 3월 (주)코아트리 연구소장/부사장
 <관심분야> 지능제어, 로봇통신, 인터넷통신교환

양 태 규 (Tae-Kyu Yang)

정회원



1982년 광운대학교 전자공학과 졸업
 1984년 광운대학교 전자공학과 석사
 1989년 광운대학교 전자공학과 박사
 1991년 3월~현재 목원대학교 전자공학과 교수

2007년 5월~현재 목원대학교 지능로봇공학과 교수
 <관심분야> 지능제어, 로봇비전, 지능로봇, 센서네트워크