

# V2X 통신 기술 및 서비스 동향

한국전자통신연구원 | 오현서 · 송유승 · 조한벽

## 1. 서론

차량은 인간에게 공간적인 빠른 이동성을 제공하는 수단으로 기계장치의 발전에서 전자장치가 결합되는 방향으로 발전되어 왔다. 차량에 탑재되는 전자장치는 초기에는 차량제어 ECU에 사용되었지만 점진적으로 텔레매틱스, 멀티미디어 서비스, 인터넷 서비스를 제공하고 있으며 궁극적으로 지능형 자동차와 자율주행자동차 기술로 발전되고 있다. 이러한 차량의 발전과 함께 도로와 연계된 ITS 기술이 발전되고 있으며 최근에는 차량과 도로 인프라가 융합된 협력형 ITS 기술이 활발하게 연구되고 있다.

차량에 무선통신기술이 결합되어 차량 중심의 네트워크를 형성하고 차량 정보화 환경을 제공하여 운전자에게 편리성과 안전성을 증대시키며 차량의 부가 가치를 높이고 궁극적으로 교통 효율성을 증대시킬 수 있으므로 차량에서의 무선 네트워크 기능은 매우 중요하다고 볼 수 있다. 차량에서의 무선네트워크는 그림 1과 같이 V2I(Vehicle to Infrastructure), V2V(Vehicle to Vehicle), V2N(Vehicle to Nomadic Device), IVN(In-Vehicle Network)으로 구분하여 설명할 수 있다. V2I

네트워크는 차량과 도로 인프라와 접속을 제공하는 기능으로 V2I 네트워크를 이용하여 텔레매틱스 서비스, 자동요금징수 서비스, 교통 정보 수집 및 제공 서비스를 제공한다. V2V 네트워크는 차량간 직접 통신으로 차량 안전 서비스를 제공하며 차량간 실시간 차량 정보를 전달하여 협력 주행서비스를 제공할 수 있다. V2N 네트워크는 휴대 단말과 차량을 직접 접속하여 차량 진단 및 제어 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 V2I, V2V, V2N, IVN을 종합하여 V2X 네트워크이라고 부르며 최근에 연구되는 WAVE 통신기술은 V2I와 V2V를 모두 제공하므로 본 논문에서 WAVE 통신 기술과 응용 서비스를 소개한다. 2장에서는 WAVE 기술개발 현황을 설명하고 3장에서는 스마트 자동차 응용 서비스와 4장에서는 차세대 협력형 ITS 서비스를 소개한다. 그리고 5장에서는 V2X 통신의 실용화 이슈들과 향후 전망에 대해 살펴본다.

## 2. V2X 통신기술 개발 현황

WAVE 기술은 Wireless Access in Vehicular Environments의 약어로 2010년에 확정된 미국 IEEE 통신표

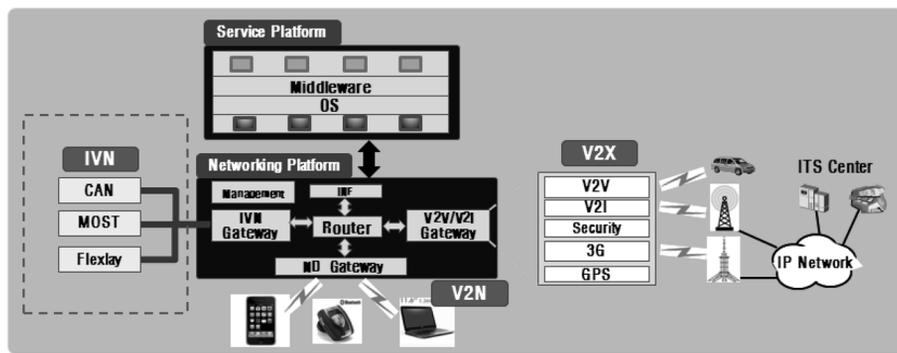


그림 1 V2X 네트워크 기술 개념

† 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행되었음[2012-30-10041686, 자율안전주행을 위한 협력통신/보안기술 및 핵심 코어 칩 개발].

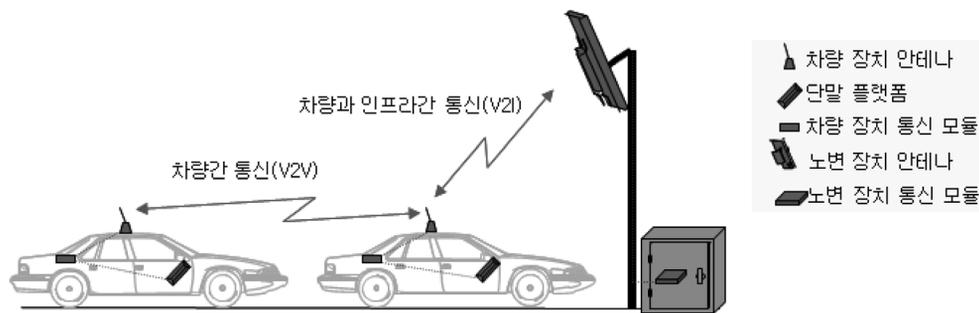


그림 2 WAVE 통신 기술 개념

준이다. WAVE 통신 기술은 차량이 고속으로 이동하는 전파 환경에서 패킷 프레임이 100msec 이내에 주고 받을 수 있는 무선 통신 기술을 만족하도록 제안되었다. WAVE 통신 표준은 5.9GHz 전용 주파수 대역을 사용하며, IEEE 802.11p와 IEEE 1609.x 규격으로 구성되어 있으며 기본 구조는 그림 2와 같다. IEEE 802.11p는 무선 전송을 위한 물리계층과 MAC 계층을 포함하며, IEEE 1609.x는 IEEE 802.11p 위에 탑재되는 상위 멀티 채널 계층, 네트워킹 계층, 인증 보안 계층, 응용 서비스 계층을 포함하고 있다.

- IEEE 802.11p: 물리계층과 MAC 계층
- IEEE 1609.1: ITS 응용 서비스 계층
- IEEE 1609.2: 인증 및 보안 계층
- IEEE 1609.3: 네트워크 계층
- IEEE 1609.4: 멀티 채널 계층

WAVE 통신은 표 1과 같이 200km/h 고속 이동환경서 최대 27Mbps 데이터 전송 속도, 전파 통달거리의 최대 1km, 100msec 이내의 짧은 패킷 Latency와 짧은 무선 링크 접속과 PER = 0.1 통신성능을 목표로 삼고 있다. 또한 RF 주파수 대역은 ISM 밴드 개념이 아니라 ITS 전용 주파수 대역을 사용하여 ITS 시스템이 전파 간섭을 받지 않도록 전파 기술 기준을 가지고 있다. 또한 공공 서비스의 활용을 고려하여 전파 출력을 최대 44.8dBm(약 30Watt)까지 높일 수 있다. 그리고 채널 대

표 1 WAVE 성능 목표

항목	성능 목표
차량 이동 속도	최대 200km/h
전파 통달 거리	최대 1km
데이터 전송 속도	기본 12Mbps, 최대 27Mbps
패킷 전송 오류율	0.1 이내
패킷 Latency	100msec 이내
통신 기능	단말간 통신(V2V) 단말과 노변 기지국간 통신(V2I)

역폭은 20MHz 대역에서 10MHz 대역으로 변경함으로써 전송하는 신호의 심볼 시간을 2배를 늘려서 전파의 지연 스프레드와 타이밍에 더욱 강인한 특성을 갖도록 하였다.

IEEE 802.11p MAC 계층은 무선랜 계층과 동일한 프로토콜을 사용하지만 안전 메시지 전송시 패킷 Latency를 짧게 하기 위하여 안전 메시지 전송을 위한 제어 채널과 트래픽 메시지 전송을 위한 서비스 채널을 두어 멀티 채널 스위칭 방식을 채택하고 있다. 또한, 무선 링크 접속 시간을 줄이기 위하여 링크 접속을 위한 인증과 보안, 링크 접속을 위한 Association 과정을 없애고 기지국 정보를 수신하면 즉시 링크 접속이 이루어지게 함으로써 링크 접속 시간이 짧게 하였다. 따라서, IEEE 802.11p 물리계층과 MAC계층은 차량의 고속 주행 환경에서 실시간으로 패킷을 전달할 수 있도록 설계되었다.

이러한 WAVE 통신기술을 실용화하기 위한 연구 개발을 자동차와 ITS 산업체를 중심으로 활발하게 추진하고 있다. WAVE 통신시스템은 차량 단말과 기지국으로 구성되며, 차량 단말은 서비스 단말과 WAVE 차량통신 모듈로 구성된다. 차량에 탑재되는 단말은 BM(Before Market)과 AM(After Market) 단말 형태를 갖는다. BM(Before Market) 모델은 차량통신 모듈이 차내 IVN과 연동되고 음성이나 간단한 HMI를 지원하는 기능을 제공하며, AM(After Market) 모델은 Navigation 단말에 통신 모듈이 연동되는 형태로 Navigation 단말에서 서비스와 HMI 기능을 제공한다. 자동차 서비스 산업에서는 BM 제품모델을 지향하고 ITS나 텔레매틱스 서비스 사업에서는 AM 제품모델을 지향하므로 통신 모듈과 기지국이 공통적으로 필요하게 된다. 따라서, 차량용 WAVE 통신 모듈과 기지국 장치가 기본적으로 필요하다.

국내외적으로 WAVE 통신모듈과 기지국장치가 개발되고 있으며 아이티텔레콤, 삼성 SNS, 호주 Codha Wireless, 이스라엘 Auto-talk, 미국 Kapsch, 일본 텐스

등에서 실용시제품을 출시하고 있으며 테스트베드상에서 서비스를 검증하고 있다. 또한 통신모듈 소형화 및 저렴화에 필요한 통신칩 개발을 경쟁적으로 추진하고 있으며 일본 Fujitsu, 유럽 NXP, 미국 Qualcomm, 한국의 라닉스, 에이디칩스 등에서 추진하고 있다.

### 3. 스마트 자동차 서비스 개발 현황

스마트 자동차에 있어서 V2X 통신은 차량 안전 서비스와 자율 주행 서비스에 있어서 필수기술로 인식이 되고 있다. 차량 안전 지원 서비스는 차량의 주행 정보를 주변 차량에 방송함으로써 주변차량의 변화에 대응하여 사고를 획기적으로 줄일 수 있는 서비스이다. 그림 3과 같이 고속도로상에서 차량이 급정거하는 경우 연쇄추돌 사고가 발생할 수 있는데, 차량의 급정거 상황을 차량에서 패킷 정보를 생성하여 주변차량에 알려 주변 운전자는 전방 차량의 급정거를 알고 대처함으로써 연쇄추돌을 방지할 수 있다. 또한 도심지 교차로에서 교차로에 진입하는 차량간에 상황을 알려 줌으로써 교차로 사고를 방지할 수 있게 된다. 이러한 차량간 통신은 차량간 사고를 예방하는 효과를 가져오며, 미국의 NHFSA(National Highway Traffic Safety Association) 자료에 따르면 사고를 현재 대비 80%까지 줄일 수 있다는 자료를 제시하고 있다.

미국과 유럽의 자동차 회사들은 VSC(Vehicle Safety Consortium)을 구성하고 V2X 통신 메시지를 이용한 차량 안전 서비스를 연구해왔다. 미국의 J2735 안전 메시지는 V2V 통신 기반의 BSM(Basic Safety Message)을 포함하고 있으며 이 메시지를 사용하여 긴급 브레이크 경고, 전방 추돌 경고, 교차로 안전 지원, 사각지대 및 차선 변경 경고, 추월 경고, 제어 불능 경고 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 BSM 메시지를 이용한 차량 안전서비스는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 정보: 차량의 주행 상태 및 위치
- 방송 주기: 100msec 단위
- 통신프로토콜: WSMP(WAVE Safety Message Protocol)
- 통달 거리: 100~300m 정도

미국은 Michigan에서 Safety Pilot 연구과제를 통해 차량에서 모든 차량 BSM 메시지를 주기적으로 방송하여 주변 차량의 상황을 인지하는 서비스를 검증하고 있으며 2013년 하반기에는 차량의 의무 장착도 검토하고 있다. 아울러 BSM 메시지는 운전자의 정보를 누출시키므로 인증과 보안기술에 대한 기술개발과 100대 이상의 차량이 동시에 BSM 메시지를 송신할 때 동시 접속에 의한 congestion 문제해결을 위한 연구도 진행하고 있다.

이러한 BSM 메시지는 협력 주행 서비스에도 활용이 되고 있다. 차량이 진행하는 방향과 속도, 핸들의 steering 각도 정보가 뒤따르는 차량에 전달되면 후방 차량은 레이더를 사용하여 안전거리를 유지하면서 전방 차량의 주행 패턴을 따라 주행함으로써 자율주행이 가능할 수 있다. 이러한 서비스는 차량의 실시간 군집주행제어가 필요하므로 BSM 메시지의 주기는 10msec 단위로 빨라져야 하고 통신의 성능도 PER = 0.001 정도로 획기적으로 개선되어야 한다. 유럽의 SARTE 프로젝트에서 볼보 자동차는 트럭과 승용차 2대가 그룹을 형성하고 군집으로 80km/h로 주행하는 기술을 개발하였으며 BSM 전송주기는 25msec를 사용하고 있다.

차량이 고속으로 주행하면서 협력주행을 하기 위해서는 BSM 전송주기는 빨라져야 하지만 BSM 메시지를 처리하는 CPU 성능과 라우팅 처리 시간으로 인해 BSM 전송주기에 제약이 발생한다.

- 정보: 차량의 주행 제어 정보



그림 3 긴급 브레이크 경고 서비스 개념



그림 4 협력주행 서비스 개념

- 방송 주기: 10msec 단위
- 통신프로토콜: WSMP
- 통달 거리: 100m 이내

차량간 통신을 이용한 BSM 메시지는 통신 인프라없이 차량 단말을 탑재하여 차량 안전에 관련된 경고 서비스와 협력 군집 주행을 위한 제어 서비스에 활용이 가능함을 알 수 있다. 또한 V2I 통신과 연계하면 도로 상황을 실시간으로 알 수 있으므로 차량 센서와 융합을 통하여 자동차의 안전과 자율 기능을 확대할 수 있을 것으로 전망이 된다.

#### 4. 협력형 ITS 기술개발동향

WAVE통신 기술은 국내의 경우 국토해양부의 스마트 하이웨이와 경찰청의 UTIS 서비스에 활용이 되고 있다. 스마트하이웨이는 고속도로환경에서 다차로 자동요금징수 서비스, 실시간 교통정보 수집 및 제공, 돌발 상황 경고 등의 서비스를 제공함으로써 도로 주행의 안전성과 편리성을 향상시키고 궁극적으로 차량 연료 사용을 감소시키는 그린 고속도로를 목표로 2007년부터 7년간 기술개발을 추진하고 있다. 2011년부터는 여주 중부내륙고속도로에 체험 도로를 구축하고 V2V/V2I 통신기반 8개 서비스를 구현하여 기술 검증에 하고 있으며 2014년까지 기술개발을 완료할 예정이다. 경찰청 UTIS 시스템은 도심지에서 교통정보를 수집하고 제공하는 교통정보 통합 서비스로서 지자체별로 시스템이 구축되어 운용되지만 궁극적으로 전국을 단일 교통정보시스템을 구축하는 방향으로 추진되고 있다. UTIS 서비스는 2015년까지 시스템의 설치와 서비스보급을 확대하면서 교통정보서비스뿐만 아니라 신호제어 관련 서비스도 확장해 나갈 계획이므로 장기적으로 WAVE 기술을 적용하여 통신망을 고도화할 필요가 있다. 따라서, WAVE 기술을 적용할 수 있도록 UTIS와 WAVE 통합 기지국을 개발하고 단말에서의 WAVE 연동기술을 개발하는 연구개발사업을 추진하고 있으며 향후 UTIS 교통망과 신호제어 망간 연동을 통한 신호제어 서비스를 제공할 수 있을 것으로 전망된다.

미국은 정부주도로 2004년부터 VII 프로젝트, Intelli-Drive 프로젝트, 그리고 2011년부터는 Connected Vehicle 프로젝트를 추진하고 있으며 WAVE 통신 기술과 응용 서비스개발하고 테스트 베드에 적용하여 서비스 모델을 시험하고 있다. 미국 미시건 테스트 베드는 디트로이트 지역 도심지와 국도, 그리고 고속도로구간 75마일에 기지국 54개를 설치하고(12개는 고속도로, 42

개는 신호 교차로) 단말기는 3,000대를 설치하여 서비스 시험을 진행하고 있다. 기지국은 GPS 안테나와 신호등과 연동이 되며, 단말 장치는 차내망과 연동이 되고 정확한 위치 정보를 얻기 위해 별도 GPS 모듈을 장착하고 있다. 현재까지 테스트 베드상에서 검증하고 있는 서비스는 다음과 같다.

- 자동요금징수서비스
- 실시간 교통정보 수집
- 교통정보 제공
- Signal phase and Timing(SPat) 신호등 상태 및 잔여 시간 정보 제공

이러한 서비스도 BSM 메시지를 사용하고 있으며 도로상에 설치된 신호제어기와 도로 센서에서 인지된 도로상황 정보를 제공하고 경고로 알려주는 서비스이다. 아래 표 2는 미국 SAE J2735에 제시된 차량 안전 메시지이다.

유럽에서도 미국과 협력하여 테스트베드 사업을 추진하고 있다. 유럽은 2011년부터 C2X(Car to X) 테스트베드를 7개 국가에서 구축하여 추진하고 있다. 유럽은 BSM과 매우 유사한 CAM 메시지를 사용하여 서비스를 검증하고 있다. 최근 ISO TC204 WG17에서는 BSM과 CAM 메시지의 포함된 파라미터 의미와 상호 차이점을 분석하고 메시지 포맷을 통일하는 활동이 진행되고 있다. 이러한 V2I 기반 서비스는 도로 상황을 인지하고 차량에 정보 또는 경고 형태로 알려주는 서

표 2 J2735 차량 안전 메시지

ID	메시지 정의	용도
0	Reserved	N/A
1	MSG_A_la_Carte	V2X
2	MSG_BasicSafetyMessage (BSM)	V2V 안전
3	MSG_CommonSafetyRequest	V2X 안전
4	MSG_EmergencyVehicleAlert	V2V 안전
5	MSG_IntersectionCollisionAvoidance	V2X 안전
6	MSG_MapData	I2V 정보제공
7	MSG_NMEA_Corrections	I2V 정보제공
8	MSG_ProbeDataManagement	I2V 정보수집
9	MSG_ProbeVehicleData	V2I 정보수집
10	MSG_RoadSideAlert	
11	MSG_RTCM_Corrections	I2V 정보제공
12	MSG_SignalPhaseAndTiming	I2V 신호정보
13	MSG_SignalRequestMessage	V2I 신호정보
14	MSG_SignalStatusMessage	I2V 신호정보
15	MSG_TravelerInformation Message	I2V 텔레매틱스

비스이며, V2I 기반 차량 제어 서비스도 연구가 진행되고 있다. 차량이 학교 주변도로나 사고 지역, 그리고 충돌 가능성이 매우 큰 상황에서는 차량의 제어를 통해 감속 또는 정지를 하게 함으로써 사고를 예방할 수 있다. 인프라 기반의 차량 제어 서비스에 대한 연구도 진행되고 있다. Intelligent Speed Adaptation(ISA), Contextual Speed 는 도로상황에 따라 안전한 주행속도를 알려주는 서비스이다. 이러한 서비스도 협력주행 서비스와 같이 Packet Latency가 10msec 급이 되어야 하고 아울러 통신의 성능도 개선되어야 한다.

## 5. 실용화 이슈 및 전망

국내외에서 활발하게 추진되고 있는 WAVE 기술이 국내에서 상용화되기 위해서는 주파수 할당, 서비스 모델 발굴, 인프라 구축 및 단말 보급과 같은 현안들이 해결해야 한다.

### 2.1 WAVE 주파수 할당

WAVE 통신 주파수는 TU\_R에서 5.9GHz 대역(200 MHz) 권고함에 따라, 미국이 5.850~5.925GHz(75 MHz)를 WAVE 대역으로 1999년 주파수를 할당하고 2004년 형식 규정을 확정하였으며 한 개의 제어 채널과 6개의 서비스 채널을 사용할 수 있도록 하였다. 유럽은 미국과 동일하게 5.855~5.925 GHz(70 MHz)를 ITS 대역으로 2006년 할당하였으며 5.855~5.875GHz (20MHz)는 ITS용, 5.875~5.905GHz(30MHz)는 차량 안전용, 5.905~5.925GHz는 미래 ITS용으로 예비하였으며 차량 안전 주파수 대역은 미국과 동일 대역으로 상호 연동이 가능하도록 할당했다는 것은 주목할 점이다. 한국은 5.9 GHz 대역이 방송중계용으로 할당되어 있고 DSRC

통신 서비스를 위해 5.795~5.815GHz, 5.835~5.855 GHz 대역을 2000년에 할당하여 한국도로공사 하이패스와 지방자치단체의 ITS사업에 사용하고 있다. 2009년부터는 방송통신위원회에서 WAVE 주파수 실무반이 구성되어 신규 주파수 대역 할당을 연구하고 있으며 방송중계 주파수와 공용하는 방안을 검토하고 있다.

### 2.2 인프라 구축 및 단말기 보급

국내에서도 WAVE 통신 주파수가 할당되고 차량 안전과 미래 교통에 꼭 필요한 서비스 모델이 발굴되어 인프라 구축과 단말기 보급을 확산하여 서비스 상용화를 추진하게 될 것이다. 인프라 구축과 단말기 보급이 확산되기 위해서는 많은 예산이 투입이 되어야 하는데 예산 투입에 대한 경제적 및 사회적 효과도 고려해야 하므로, 인프라 구축과 단말기 보급은 신중하게 추진할 필요가 있다. 미국과 유럽에서도 인프라와 단말에 관련된 정부, 자동차 업체, 통신업체 등 이해 관련 기관이 참여한 컨소시엄이 구성되어 도시를 기준 모델로 삼아 WAVE 통신 테스트베드를 구축하고 서비스를 검증하고 있다. 이러한 테스트베드를 통해 다양한 서비스 시나리오를 시험하고 현장 시험 데이터를 분석하고 기대효과를 평가함으로써 통신 인프라와 단말 보급 방안을 모색하고 있다. 국내에서도 국토부와 경찰청, 그리고 민간 사업자 및 산업체가 참여한 비즈니스 모델 발굴과 테스트베드 추진이 필요하며 점진적으로 인프라를 구축하고 단말을 보급하여 서비스를 활성화하는 계획 수립이 필요하다.

## 6. 결론

V2X 네트워킹 기술은 차량 안전과 자율주행 차량

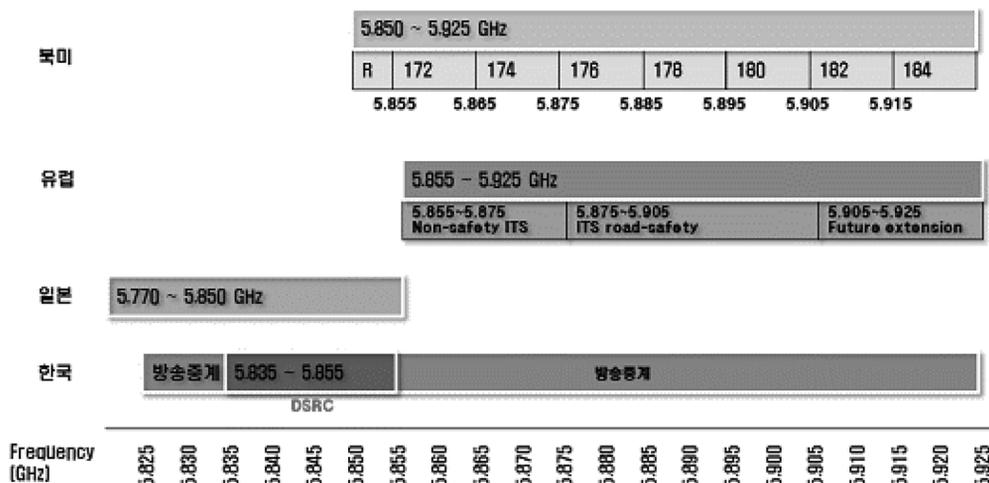


그림 5 5.9 GHz ITS 주파수 대역

서비스와 차세대 ITS 서비스에 필수 기술이며, 세계적으로 활발하게 연구 중인 WAVE 통신기술과 응용 서비스를 소개하였다. 미국과 유럽을 중심으로 WAVE 통신기술이 수년내 상용화될 것으로 예상되며 차량의 의무 장착시에 시장의 파급효과가 매우 클 것으로 전망이 된다. 이러한 흐름에 대비하여 국내에서도 실용화되기 위한 주파수 할당과 인증 기술, 그리고 WAVE 칩셋 기술 개발이 시급하게 진행되어야 하며 서비스 검증을 위한 테스트 베드 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- [ 1 ] “IEEE 802.11p, Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments”, 2010.
- [ 2 ] “IEEE 1609.2/D4, Draft Standard for Wireless Access in Vehicular Environments-Security Services for Applications and Management Messages”, 2010.
- [ 3 ] “IEEE 1609.3/D6.0, Draft Standard for Wireless Access in Vehicular Environments-Networking Services”, 2010.
- [ 4 ] “IEEE 1609.4/D4.0, Draft Standard for Wireless Access in Vehicular Environments-Multi-channel Operation”, 2010.
- [ 5 ] Hyun Seo Oh, Woong Cho, Sang Woo Lee, Han Berg Cho, “WAVE Communication Technology”, ISAP2011, October, 2011
- [ 6 ] Hyun Seo Oh, “Cooperative ITS Service for Smart Car in Korea”, ISO WG18 Plenary Meeting, June 28. 2012

### 약 력



#### 오 현 서

1982 숭실대학교 학사  
 1985 연세대학교 석사  
 1998 연세대학교 박사  
 1982~현재 한국전자통신연구원 근무  
 관심분야: 이동통신, ITS, 텔레매틱스, 차량 통신  
 E-mail : hsoh5@etri.re.kr



#### 송 유 승

1996 국립창원대학교 학사  
 2001 미국 Wichita State UNIV 석박사  
 2001~2005 삼성전자 통신연구소 책임연구원  
 2005~현재 한국전자통신연구원 선임 연구원,  
 2011~현재 UST(과학기술연합대학원대학교)  
 겸임교수

관심분야 : Mobile WiMAX, WLAN, Mesh Network  
 E-mail : yssong00@etri.re.kr,



#### 조 한 벽

1981 아주대학교 학사  
 1983 한양대학교 석사  
 1992 한양대학교 박사  
 1984~현재 한국전자통신연구원 근무  
 관심분야: ITS, 텔레매틱스, 차량통신, 표준화  
 E-mail : hbcho@etri.re.kr