

V2X 통신 기술 최근 동향 및 실용화 이슈

오현서

한국전자통신연구원

요약

V2X 통신 기술은 지능형 자동차와 차세대ITS 를 위한 차량과 IT융합 기술이다. 본 논문은V2X 통신의 목적과 기술 개념을 소개하고 미국과 유럽, 일본에서 추진하고 V2X 통신기술의 개발 현황을 소개한다. 아울러 국내에서 추진 되는 V2X 통신 기술개발현황 알아보고 실용화 이슈를 살펴 본다.

I. 서론

자동차는 인간에게 공간적으로 빠른 이동성을 제공하는 수단으로 독일에서 자동차가 최초로 개발된 이후 자동차의 기능과 성능은 눈부시게 발전하였다. 이러한 자동차는 편리하게 이동할 수 있는 혜택을 주었지만 한편으로는 자동차 사고로 인한 사망과 사고, 그리고 환경적인 오염은 인간 에게 어려운 난제를 안겨 주었다. 전세계적으로 자동차 사고로 인한 사망자가 매년 백만 명에 달하며 사고건수는 5천만 건에 달한다고 한다. 또한 자동차의 이동에 따른 교통 혼잡, 매연가스 와 스모그 현상은 대도시를 중심으로 나타난 심각한 문제로 남아 있다.

이러한 자동차로 인한 사고, 교통 혼잡 및 대기 오염을 해결하기 위한 C-ITS연구를 미국과 유럽, 일본과 같은 선진국을 중심으로 추진하여 왔다.

미국과 유럽은 동일한 WAVE 통신기술 표준을 기반으로 C-ITS 서비스를 실현하려는 목표를 가지고 연구를 추진하고 있으며, C-ITS서비스는 교통사고를 줄이고, 목적지에 도착 하는데 소요되는 시간을 최소화함으로써 연료 소모를 줄이는데 목적이 있으며 V2X 통신기술은 C-ITS 서비스를 제공하는 기본적인 수단이 된다.

본 논문에서는 미국과 유럽, 그리고 일본에서 추진되고 있는 V2X 통신 기술 및 C-ITS 서비스를 소개한다. 그리고 국내에서 추진되는 V2X 연구개발 동향과 실용화 이슈에 대하여 알아 본다.

II. V2X 통신 기술 개념

WAVE 통신기술은 IEEE 통신표준으로 V2V (vehicle to vehicle communication)과V2I (vehicle to infrastructure communication)통신을 지원하는 개념을 의미한다. WAVE통신기술은 차량이 고속 으로 이동하는 전파 환경에서 차량간 또는 차량간 인프라간 패킷 프레임은 100msec 이내 짧은 시간 내에 주고 받을 수 있는 기술이다. WAVE 통신 표준은 5.9GHz 전용 주파수 대역을 사용하며, IEEE 802.11p 와 IEEE 1609.x 규격으로 구성 되어 있으며 기본 구조는 <그림 1>과 같다. IEEE 802.11p는 무선 전송을 위한 물리계층과 MAC 계층을 포함하고, IEEE 1609.x 는 IEEE 802.11p 위에 탑재되는 멀티 채널 계층, 네트워킹 계층, 인증 보안 계층, 응용 서비스 계층을 포함하고 있다.

미국과 유럽에서 채택한 WAVE 통신은 200 km/h 고속 이동 환경서 최대 27Mbps 데이터 전송 속도, 전파 통달거리는 최대 1km, 100 msec 이내의 짧은 패킷 Latency와 짧은 무선 링크 접속, 그리고 차량간 통신과 차량과 인프라간 신뢰성있는 통신 이 성능의 기본적인 목표이다. 유럽의 경우 미국의 규격이 대



그림1. WAVE 통신 기술 개념

- 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

부분 동일하지만 주파수 할당이나 전파 출력이 최대 30dBm(1 Watt)인 점에서 차이점이 있다. 이러한 WAVE 통신 기술의 성능 목표는 <표 1>과 같이 요약할 수 있다.

표 1. WAVE 성능 목표

항목	성능 목표
차량 이동 속도	최대 200 Km/h
전파 통달 거리	최대 1 km
데이터 전송 속도	기본 6 Mbps, 최대 27Mbps
패킷 전송 오류율	0.1 이내(10%)
패킷 Latency	100 msec 이내
통신 기능	단말간 통신(V2V) 단말과 노변 기지국간 통신(V2I)

유럽은 새로운 WAVE 통신기술을 수용하면서 기존의 모든 무선 통신을 수용하는 확장된 V2X 통신 개념을 의미한다. ETC 서비스를 제공하는 DSRC 통신기술과 텔레매틱스 서비스를 제공하는 셀룰러 통신기술, 그리고 광역의 교통정보를 제공하는 방송기술을 수용하면서도 WAVE 통신기술을 추가적으로 수용할 수 있어야 한다는 것이다. 즉, 무선통신기술은 지속적으로 진화하므로 무선통신 기술에 무관하게 무선망에 접속이 가능한 CALM (Communication Access for Land Mobiles) 플랫폼을 지향하고 있다. 유럽의 CALM 플랫폼은 단말과 기지국, 센터가 통신망 접속과 서비스 제공 측면에서 모두 플랫폼 기능을 제공하고 있다.

V2X 통신은 차량 관점에서 보면 IVN(In-Vehicle Network) 접속과 휴대폰과 노트북과 같은 Nomadic 디바이스와의 접속도 필요하다. 즉, <그림 2>과 같이 차량을 중심으로 IVN과 Nomadic 디바이스 접속까지 확장하는 개념으로 V2X 통신을 해석할 수 있다. 이러한 개념은 첨단 지능형 자동차 서비스와 C-ITS 응용 서비스를 고려할 때 필요한 기능으로 확장된 V2X 통신기술 개념이다.

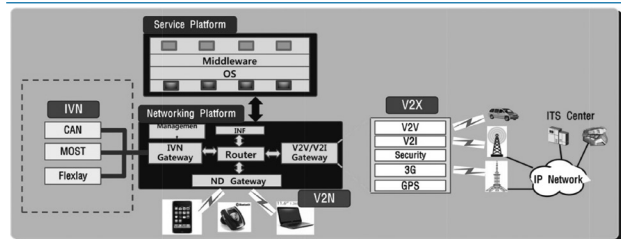


그림2. Advanced ITS 개념(ITU_R 보고서 참고)

Ⅲ. 국외 기술개발 현황

미국과 유럽, 그리고 일본은 C-ITS 서비스를 제공하기 위한 V2X 통신기술과 응용 서비스를 상호 협력 체계를 갖추고 실용화를 추진하고 있다.

미국은 DOT 주관으로 2004년부터 VII(Vehicle Infrastructure Integration), IntelliDrive 프로젝트를 추진하였으며 2011년부터는 Connected Vehicle 프로젝트를 추진하고 있다. 이 프로젝트는 교통사고를 줄이기 위해 V2V 통신 기반의 경고 서비스와 V2I 통신 기반의 차량 정보 수집과 정보 제공 서비스를 대상으로 하고 있다. 2011년 일반 운전자 100명으로 대상으로 V2V 통신 기반의 경고 서비스를 체험하게 하였고 운전자에 대한 반응 조사를 하였는데 74.5% 운전자가 서비스가 필요하다는 긍정적인 응답을 얻었다. 2012년 하반기부터는 미시간 앤아버 지역내 도심지와 국도, 그리고 고속도로구간 75마일에 기지국 54개를 설치하고(12개는 고속도로, 42개는 신호 교차로) 단말기는 3000대를 차량에 설치하여 서비스 시험을 추진하고 있으며 V2V 통신기술 기반의 서비스와 V2I 통신 기술로 그 내용은 <표 2>와 같다.

표 2. Safety Pilot 서비스

구분	응용 서비스
V2V	- 긴급 브레이크 경고 - 전방향 추돌 경고 - 교차로 안전 지원 - 사각 영역 경고 - 차선 변경 경고 - 추월 경고 - 제어 불능 경고
V2I	- 긴급 차량 우선 신호 지원 - 신호 타이밍 정보 제공 - 보행자 경고

V2I 통신 서비스는 교차로에서 신호등과 연계하여 응급 차량이 진입 시에 우선 신호를 제공하거나 신호등 타이밍을 이용하여 교차로를 안전하게 통과하게 함으로써 교차로에서 사고를 줄이는 연구를 하고 있다. 이러한 응용 서비스는 SAE J2735에 제시된 BSM(Basic Safety Message) 메시지 표준에 따라 차량 단말이 안전 메시지를 생성하고 방송 형태로 송출하면 인근 차량과 기지국에서 메시지를 수신함으로써 서비스가 제공된다.

이러한 서비스를 제공하기 위해 C-ITS 시스템은 차량 단말과 기지국 장치, 센터로 구성된다. 차량 단말과 기지국장치는 인증 과정을 거쳐 통신 기능과 성능을 검증하고 현장에 설치하여 시험을 추진하고 있다. safety Pilot에서 제시한 차량 단말과 기지

국 장치는 기본적으로 WAVE 통신 표준을 만족해야 하며 사용자 정보를 보호하기 위한 보안 기능과 차량 단말의 수가 증가함에 따른 Congestion 제어 기능, 그리고 BSM 메시지 규격에 부합해야 하는 요구사항을 제시하고 있다. 기지국 장치도 기능과 성능에 대한 규격이 제시되고 있으며 주요 내용은 <표 3>과 같다.

표 3. 통신 장치 규격

구분	통신 규격
차량 단말	- WAVE 통신 규격 만족 (IEEE 802.11p, 1609.2/3/4) - 채널 데이터 속도: 6, 12Mbps - 데이터 보안 - GPS 위치 및 시간 정보 - Congestion 제어 - BSM 메시지 처리
기지국	- WSA 메시지 - IPv6 기능 - 메시지 Log 정보 관리 - WAVE 메시지 Relay - 멀티 채널 지원

차량 단말과 기지국 장치의 기능과 함께 무선 통신의 성능에 대한 요구사항도 제시되고 있다. 패킷 전송시 BSM 형식으로 메시지와 위치 정보를 전달할 수 있어야 하며 그 요구사항은 다음과 같다.

- 무선통달거리: 350m(20MPH 주행 조건)
- 위치 정보 제공(20/45/60 MPH주행 조건)
- BSM 메시지(100msec 주기)

현재 진행 중에 Safety Pilot 의 시험결과는 공개 되지 않았으나 NHTSA에서는 차량이 V2X 통신 단말을 부착함으로써 차량의 안전 등급을 부여 하는 방안을 연구하고 있으므로, 이러한 결정은 따라 V2X 통신 기반의 차량 안전 서비스를 형성하는데 크게 기여 할 것으로 전망하고 있다.

유럽도 V2X 통신시스템을 구축하고 차량 안전 및 이동성, 환경개선을 위한 서비스를 선택하기 위하여 V2X 통신망을 구축하고 서비스를 검증 하는 사업을 국가별로 추진하고 있다. SimTD는 독일의 자동차업체, 통신 및 SW업체, 교통기관이 컨소시엄을 구성하여 2008년부터 2013년까지 5년간 테스트베드를 구축하고 서비스를 검증하는 프로젝트이다. 테스트베드는 프랑크푸르트 지역의 도심지, 국도, 고속도로를 대상으로 구축하였으며 차량 시뮬레이션과 교통 시뮬레이션 및 테스트 베드 시험 과정을 통해 서비스의 필요성과 효과를 분석하였다.

SimTD에 적용된 서비스 기능은 <표 4>에 나타난 것처럼 모

두 22가지인데 그 중에 중요한 서비스는 고속도로상에 도로전방 상황을 알려 주는 경고 서비스와 도심지 교차로 에서 신호등 정보 제공 서비스가 있다. 유럽도 BSM메시지와 유사한CAM (Contextual Awareness Message)를 사용한다. 이 메시지는 도로의 전방 상황을 무선으로 운전자 에게 알려 주어 교통사고를 예방하는데, 가령 전방에 도로 공사나 사고가 있어서 소통이 막히는 경우에 그 상황 정보를 알려 주는 것이다. 또한 도심지 교차로에서 신호등의 정보를 차량에 알려 주어 운전자가 교차로의 상황을 알고 대비함으로써 사고를 예방할 수 있다. 이러한 CAM 메시지의 주요 특징은 다음과 같다.

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

표 4. SimTD 서비스

구분	응용 서비스
V2V	- 긴급 브레이크 경고 - 돌발 상황 경고 - 긴급 차량 경고
V2I	- 도로 공사 경고 - 도로 막힘 경고 - 신호등 정보 및 경고 - 도로 날씨 경고 - 인터넷 기반 교통 정보 - 실시간 Navigation

유럽은 C-ITS 서비스를 제공하기 위해 CALM 표준을 수용한V2X통신시스템을 개발하고 있다. SimTD에서 개발한 V2X 시스템은 차량에 탑재 되는ITS Vehicle Station(IVS), 노변에 설치 되는 ITS Roadside Station(IRS), 그리고 센터에 구축되는 ITS Center Station(ICS)로 구성이 된다. 각각의 시스템은 복수의 서비스를 제공하면서도 서비스를 확장할 수 있는 OSGI플랫폼을 채택하고 있다. 유럽의 OSGI 플랫폼은 가정에서 사용하는 서비스 플랫폼으로 가정과 차량은 사용자 측면에서 볼 때 동일한 서비스 환경을 제공해야 한다는 개념을 반영한 것으로 볼 수 있다. 단말은 AU(Application Unit)와 CCU(Communication & Control Unit)로 구성되어 있다. AU 기능은 차량용 PC로 OSGI서비스 플랫폼을 지원하며 사용자 인증과 보안을 제공한다. CCU는 다수 서비스에 필요한 무선랜, 3G UMTS, WAVE, 일본의 868MHz 차량간 통신기술을 모두 지원하는 통신 플랫폼이다. SimTD에서 사용한 CCU, AU의 규격은 <표 5>와 같다.

표 5. SimTD 통신 플랫폼 규격

구분	규격
CCU	- 통신지원: 무선랜, UMTS 모듈, 802.11p모듈, GPS 모듈 - 802.11p 모듈: 2채널 지원 - 채널 데이터 속도: 6, 12Mbps - 멀티채널, Geo Networking, IPv4/v6 - CAN 정합, 인증 및 보안
AU	- Java VM, OSGI platform - 시스템 관리 및 시험 - HMI

일본은 기존의 DSRC 통신망을 전국적으로 구축을완료하고 ITS Spot 서비스를 제공하고 있다. ITS Spot 서비스는 V2I 통신 기반 서비스로서 고속도로에서 Tolling 서비스, 교통정보를 이용한 네비게이션 서비스 및 물류 서비스를 포함하고 있다. 그리고 V2V 통신 기반 차량 안전 서비스를 위하여 700MHz 대역을 사용하여 통신기술을 개발하여 실용화를 추진하고 있다. 따라서 일본은 기존의 DSRC 통신을 이용한 V2I 통신과 차량 안전을 위한 700MHz 대역의 V2V 통신으로 구성되어 있으며 700MHz 대역의 V2V 통신은 5.9GHz WAVE 통신기술과 주파수 대역만 다르고 물리계층과 MAC 계층은 동일한 규격으로 개발되었다.

IV. 국내 기술개발 현황

국내에서도 V2X 통신기술개발과 응용서비스 연구가 추진되었다. ETRI는 2007년부터 4년간 차량 안전과 ITS 서비스를 위한 VMC(Vehicle Multi-hop Communication)통신기술을 연구하여 WAVE 통신 기반 차량 단말과 기지국 장치를 개발하였다. 그리고 스마트 하이웨이 서비스 적합성 시험을 통하여 WAVE 통신기술이 스마트 하이웨이 사업에 적합하다는 것을 입증하는데 기여하였다. 국토교통부가 추진하는 스마트 하이웨이 사업은 미래의 친환경 고속도로를 지향하며, 도로와 통신, 그리고 자동차 기술이 융합되어 개발되고 있으며 2011년에는 여주 중부내륙고속 도로상에 체협도로를 구축하여 9가지 서비스를 검증하고 있으며 그 내용은 <표 6>과 같다.

표 6. 스마트 하이웨이 서비스

구분	응용 서비스
V2V	- 차량 충돌 경고 - 긴급차 경고
V2I	- 돌발 상황 경고 - 차선 이탈 경고 - VMS 메시지 - CCTV 비디오 스트리밍 - Web Browsing - 다차로 스마트 톨링 - SMAT-1 돌발 상황 경고

이러한 스마트 하이웨이 서비스는 WAVE 통신 규격을 기본적으로 만족하면서 끊김이 없는 IP 패킷 서비스를 제공하기 위해 링크 레벨에서의 핸드오버 기술이 개발되었다. 이 핸드오버 기술은 기지국간 핸드오버 기술로 차량 단말과 센터간에 끊김이 없는 정보 환경을 제공할 수 있다. 또한 핸드 오버와 기지국 설치에 따른 인프라 비용을 고려하여 기지국의 간격은 1km마다 설치되도록 설계되었다. <표 7>은 스마트 하이웨이의 통신 장치를 제시하고 있다.

표 7. 통신 장치 규격

구분	규격
차량 단말	- WAVE 통신 규격 만족 (IEEE 802.11p, 1609.2/3/4) - GPS 위치 및 시간 정보 - 멀티채널, IPv4/v6 - 인증 및 보안, L2 핸드오버 - OBD 정합, HMI
기지국	- 통신지원: 802.11p모듈, DSRC, WLAN - 멀티채널 - IPv4/v6

여주체협도로에서는 통신의 성능과 서비스 시험을 통해 기동과 성능을 지속적으로 개선하고 있다. 무선통신에 있어서는 12Mbps 전송시험이 이루어 졌고 Throughput 은 5Mbps 이상으로 나타났으며 기지국간 핸드오버가 100msec 이내에 성공이 되는지를 확인하였고 핸드 오버 과정에서 기지국 간 Ping Pong 현상이 최소화되도록 설계 파라 미터를 최적화 연구를 하고 있다.

V. 실용화 이슈

V2X 통신기술은 미국과 유럽에서 주도적으로 추진하고 있으며 최근에 오스트리아 비엔나에서 독일의 고속도로를 경유하여 네덜란드 로테르담 까지 C-ITS 통신망을 구축하고 서비스 시험을 추진하고 있어 2015년경부터는 상용화가 구체화 될 것으로 전망된다. 이러한 흐름에 따라 국내 에서도 기술적인 측면과 법 제도 측면에서 적극적인 대응이 요구 된다.

우선 기술적인 측면에서는 V2V 통신 기반 차량 안전 서비스를 고려하여 통신 링크의 성능 개선과 보안기술의 개발이 반드시 필요하다. V2V 통신의 전파환경은 LOS 환경과 NLOS 환경을 모두 고려 해야 하며, NLOS 환경에서도 통신이 가능해야 하므로 무선 채널 추정 기술과 다이버시티 기술도 연구되어야 한다. 또한 개인의 ID 또는 위치 정보를 보호하기 위해 인증 및 보안 기술이 실시간 으로 처리될 수 있어야 하므로 하드웨어 전

용칩의 개발도 진행되어야 할 것이다.

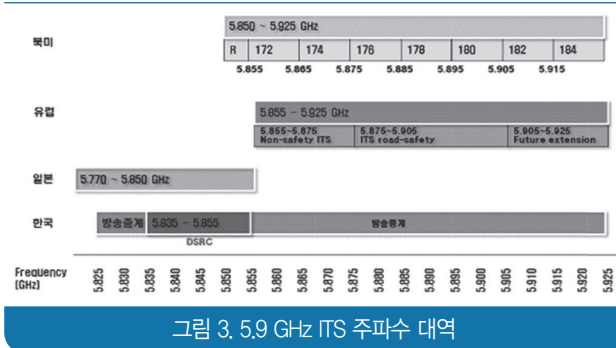
이러한 기술의 연구와 더불어 주파수 배정, 서비스 모델 발굴, 인프라 구축 및 단말 보급과 같은 이슈들에 대해서도 대책이 필요한 상황이다.

1. WAVE 주파수 배정

WAVE 통신 주파수는 미국과 유럽이 동일하게 5,855~5,925 GHz(70 MHz)를 ITS 대역으로 이용하고 있다. 국내의 경우 한국은 5.9 GHz 대역이 방송중계용으로 사용되고 있다. 2012년 여주 체험도로에서 방송중계 대역과 WAVE 주파수 대역간 간섭 영향을 실험하였는데 상호 간섭이 있음을 확인하였다. 따라서 방송중계 주파수 대역과 WAVE 통신 주파수 대역을 재배치하는 방안을 검토하고 이에 따른 조치가 이루어져야 한다.

2. 통신 인증 시험 환경 구축

WAVE주파수가 배정되면 서비스를 제공하기 위한 차량 단말과 기지국에 대한 통신기술기준과 WAVE 통신장비에 대한 통신 프로토콜 및 호환성 시험, 그리고 WAVE 통신을 이용한 서비스 인증 시험 규격 및 시험 환경 구축이 마련되어야 한다.



Ⅵ. 결론

우리나라는 그간의 연구활동으로 통하여 WAVE 통신기반 기술을 확보하였으나 실용화 측면에서 볼 때 미국과 유럽에 비해 2-3년 정도 뒤떨어졌다고 생각된다. 국내에서도 미국과 유럽의 테스트 베드 구축 및 시험과정을 거칠 것으로 예상되므로 실용화 전략을 잘 수립하고 추진하는 것이 필요하다. 기술적인 측면에서는 통신 링크의 성능 개선과 보안기술의 확보가 필요할 것이다.

이러한 V2X 기술은 자동차의 안전 서비스와 차세대 ITS 서비스, 그리고 편의 서비스를 제공할 수 있으므로 이해관계자가 다

양하고 복잡한 측면이 있다. 따라서, 이해 관계자들간의 긴밀한 협력이 매우 중요하며 선진국과의 협력체계를 구축하는 것도 매우 시급하다. V2X 실용화를 위해서 WAVE 통신 주파수 배정과 인증 시험 규격 마련도 되어야 하지만 ISO 를 중심으로 추진되는 국제 표준의 수용과 대응도 간과해서는 안될 부분이라 여겨진다.

Acknowledgement

본 연구는 산업자원통상부에서 추진하는 “자율안전 주행을 위한 협력통신/보안기술/핵심코어집기기술개발”: 사업의 일환으로 수행 되었음.

참고 문헌

- [1] 오현서, 송유승, 조한벽, “V2X 통신 기술 및 서비스 동향”, 정보통신공학회 특별호, 2012.10.
- [2] UUT Qualification Testing, OmniAir Consortium Inc., October, 2012.
- [3] Manuel Funfrocken, B. Alani, T. Baum, Hinsberger, J. Vogt, S. Weber and H. Wieker., “Management of roadside units for SimTD field test”, SimTD report, 2012.
- [4] Purser Sturgeon II, Steven W. Dellenback, Darin Parish, “Retrofit Safety Devices for Cooperative Commercial Vehicles” Proceeding of ITS World Congress, October, 2013.
- [5] Hyun Seo Oh, Woong Cho, Sang Woo Lee, Han Berg Cho, “WAVE Communication Technology”, ISAP2011, October, 2011
- [6] Specification of cooperative awareness basic service, ITS vehicular communications, ETRIS EN 032 63702, August, 2013.

약 력



오 현 서

1982년 숭실대학교 전자공학과 학사
 1985년 연세대학교 대학원 전자공학과 석사
 1998년 연세대학교 대학원 전자공학과 박사
 1982년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원
 관심분야: 디지털 이동통신,
 ITS(Intelligent Transport System),
 V2X 통신