자율주행자동차 V2X 통신 표준화 현황

국가표준코디네이터 최종찬

국가표준코디네이터 사무국

목 차

1. C-ITS와 Connected Vehicle ····· 1
(1) 정의 ····· 1
(2) C-ITS 주파수 분배 현황 ····· 2
(3) C-ITS 사업화 동향 ····· 4
2. IEEE 802.11p 기반 V2X Communication ····· 8
(1) 북미 표준 현황 ····· 8
(2) 유럽 표준 현황 ····· 11
(3) 하모나이제이션(융화) ····· 14
3. 차세대 V2X 표준 ····· 15
(1) cellular 기반 V2X Communication ····· 17
(2) 3GPP 표준화 로드맵 ····· 19
(3) V2X Use Case 서비스 요구사항 ····· 20
(4) V2X 시스템 구조 ····· 22
(5) V2X 무선기술 ····· 24
(6) 5G V2X 표준화 방향 및 5GAA ····· 26
(7) 기존 ITS기술과의 Harmonization ····· 27
4. C-ITS용 주파수 대역 공유 ····· 27
(1) 비면허 대역과 주파수 공유 ····· 27
(2) IEEE 802.11p 기반 시스템과 C-V2X 시스템간 주파수 공유 ····· 28
(3) 군용 시스템과 주파수 공유 ····· 28

참고문헌 ····· 29

자율주행자동차 V2X 통신 표준화 현황

본 이슈리포트는 자율주행자동차 분야에서의 핵심 기술로 부각되고 있는 V2X 통신에 대해 주파수 현황, 사업화 동향 및 표준화 동향에 대해 다루고자 한다.

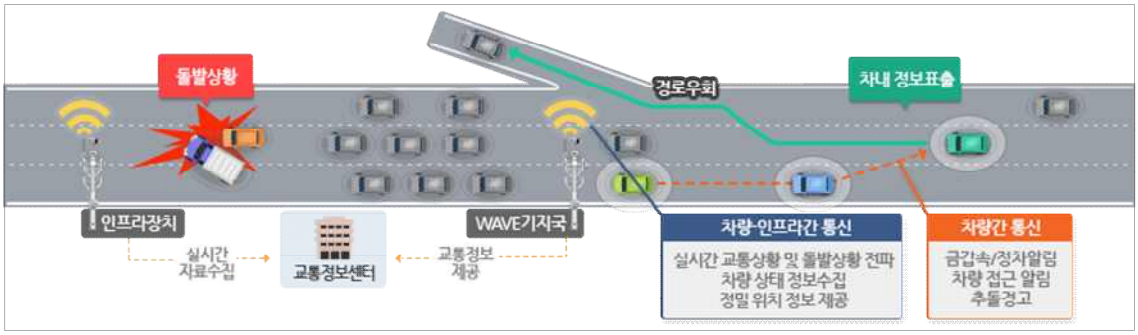
V2X 통신은 차량과 주변 차량, 차량과 도로 인프라 및 차량과 보행자 간의 연결을 통해 Camera, Lidar, Radar 등 센서의 한계를 극복하고 C-ITS, Connected Vehicle에 적용하여 완전한 자율주행자동차의 구현을 가능하게 해줄 것으로 예측하고 있다.

정부는 2017년 말에 AI, 빅데이터 및 미래형 모빌리티 등 4차 산업혁명 대응을 위해 전기·자율주행차 등 성장 가능성과 국민 체감이 높은 5대 신산업 선도 프로젝트를 우선 추진하기로 발표하였다. 이에 따라, 산업통상자원부는 전기·자율주행차 산업 세계 4강 실현을 목표로 R&D사업화, 인력양성 등 5대 전략과 국제 표준화 계획을 제시하였다. 또한, 국토교통부는 자율주행 조기 상용화를 위해 스마트 인프라를 구축하고 산업생태계 조성을 발표하였다. C-ITS(Cooperative Intelligent Transportation System) 및 connected vehicle의 핵심 기술 중 V2X 통신 기술 개발이 활발하게 진행 중이며, 상용화를 위한 다양한 실증사업이 진행 중에 있어 본 이슈리포트에서는 보다 더 자세하게 알아보고자 한다.

1. C-ITS와 Connected Vehicle

(1) 정의

차세대 ITS를 나타내는 C-ITS는 교통인프라에서 차량에 정보를 단방향으로 제공하는 교통관리중심인 ITS에서 벗어나 차량과 차량, 차량과 인프라간 양방향으로 지속적으로 데이터를 공유하여 신속하고 능동적인 돌발상황 사전 대응 및 예방이 가능한 교통안전중심의 차세대 ITS를 의미한다.



< C-ITS 개념 >

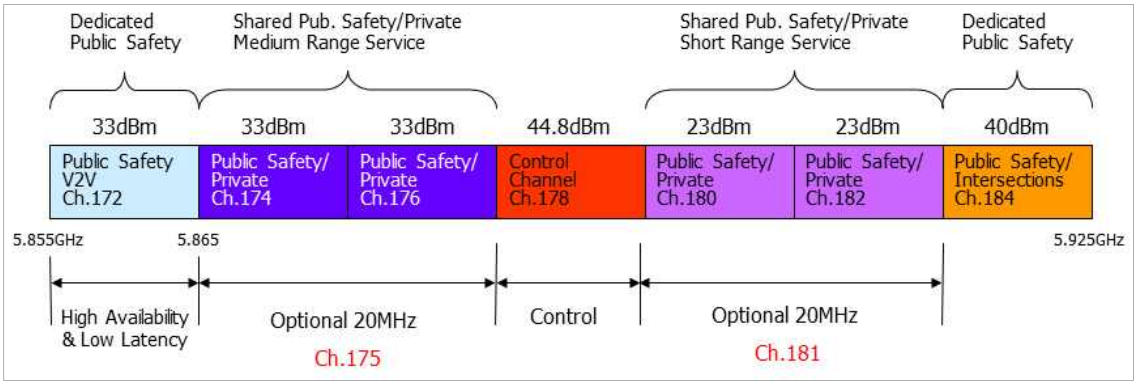
Connected Vehicle은 기존 stand-alone으로 주행하던 자동차에 V2X 통신을 기반으로 연결성(Connectivity)을 제공함으로써 주변의 자동차·도로인프라·보행자 및 일상생활의 모든 요소들과의 양방향 소통을 통해 안전주행, 교통혼잡 방지 및 다양한 서비스를 제공할 수 있는 자동차를 의미한다.

자동차에 연결성을 부여하여 양방향 소통할 수 있게 함으로써 자동차 주변의 모든 요소들과 실시간으로 데이터를 주고받을 수 있어 교통사고를 예방하여 안전성을 높일 뿐만 아니라 군집주행 등을 통해 CO_2 저감, 연비 향상 등의 혜택과 인터넷, 쇼핑, 금융 등 다양한 편의 서비스를 제공 받을 수 있게 된다. 이렇게 자동차에 연결성을 부여하는 무선 통신을 V2X(Vehicle-to-Everything) 통신이라 하며, 차량 간(V2V), 차량과 인프라 간(V2I), 차량과 보행자 간(V2P, Vehicle-to-Pedestrian), 차량과 클라우드 네트워크 간(V2N, Vehicle-to-Network) 등 모든 연결을 가능하게 하여 차량·교통 분야의 사물인터넷이라 할 수 있다.

(2) C-ITS 주파수 분배 현황

가. 미국의 5.9 GHz DSRC 주파수 분배 현황

1999년 10월에 FCC는 5.850 ~ 5.925 GHz의 75 MHz 대역을 ITS용 주파수로 분배하였으며, 이는 미국 교통 기반 시설의 효율성을 개선하여 교통사고를 예방하고 ITS 산업체의 발전과 개발을 돕기 위한 것이다.

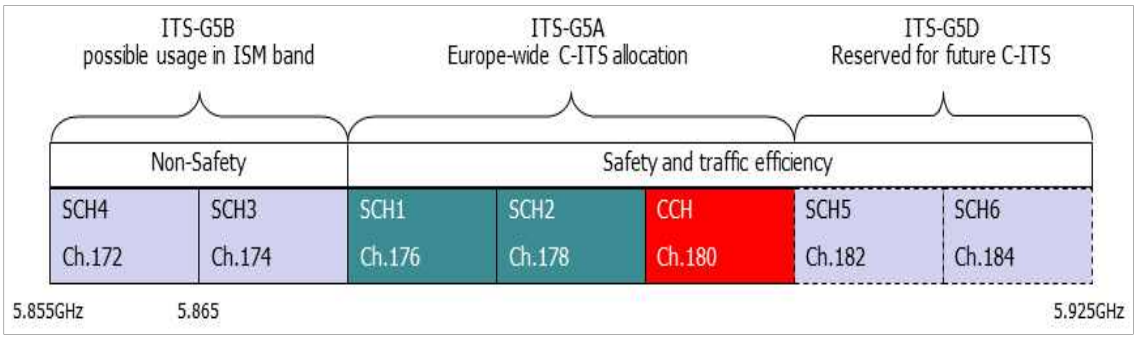


< 미국 5.9GHz DSRC 주파수 분배 현황 >

미국에서는 5.9 GHz DSRC를 기반으로 지난 2011년부터 Safety Pilot Model Deployment와 2014년 Connected Vehicle(CV) Pilot Deployment 등의 시범서비스를 제공하고 있다. 하지만, 최근 C-V2X의 5.9GHz 주파수 대역 사용 요구에 대한 분석과 검증 때문에 DSRC 단말기의 신규 차량 의무장착 및 본 사업이 지연되고 있다.

나. 유럽의 ITS-G5 주파수 분배 현황

2008년 8월에 유럽의 전기통신표준협회인 ETSI[1)]에서 5.855 ~ 5.925 GHz를 ITS-G5용 주파수로 분배하였다. 5.855 ~ 5.875 GHz 대역의 주파수 20 MHz를 안전과 무관한 Non-safety ITS용으로, 5.875 ~ 5.905 GHz 대역의 주파수 30MHz를 안전 서비스용으로 분배하였으며, 5.905 ~ 5.925 GHz 대역 주파수 20MHz는 향후 서비스의 확장을 위해 확보하였다.



< 유럽 ITS-G5 주파수 분배 현황 >

1) ETSI : European Telecommunications Standard Institute

다. 국내 ITS-G5 주파수 분배 현황

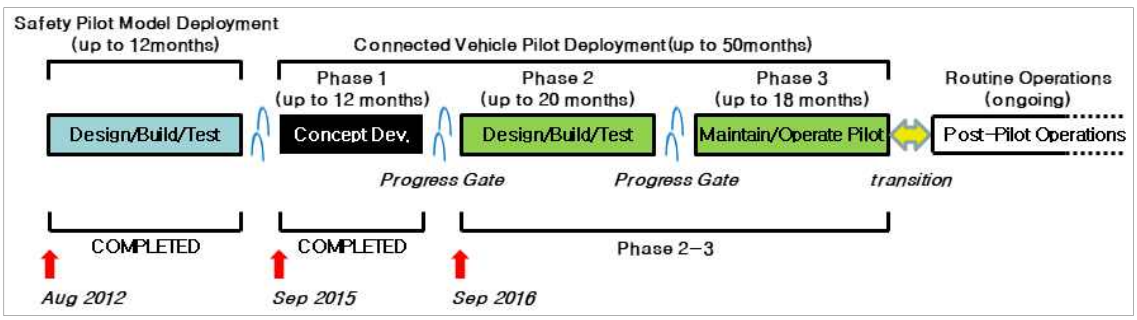
국내에서는 지난 2016년 9월에 방송 중계용 주파수로 할당되어 있던 5.9GHz 주파수 대역을 C-ITS용 주파수로 분배하였다. 5.895 ~ 5.905 GHz의 10MHz 채널을 컨트롤 채널(CCH)로 할당하였으며, 나머지 서비스 채널(SCH)들은 C-V2X 사용 등을 고려하여 할당될 것으로 예측된다. 지난 2014년부터 3년동안 진행되었던 C-ITS 시범사업에서는 172번 채널을 FCW(Forward Collision Warning), EEBL(Emergency Electronic Brake Light) 등의 안전서비스용 V2V 통신에 할당하였으며, 178채널은 ETCS(Electronic Toll Collection System), 180번 채널을 CCH, 184번 채널을 PVD(Prove Vehicle Data)용 V2I 통신으로 할당하였으며, 182번 채널을 SPaT(Signal Phase and Timing), TIM(Traveler Information Message), RSA(Roadside Alert) 등의 메시지 전송을 위한 I2V 채널로 할당하여 운행하였다.

(3) C-ITS 사업화 동향

가. 미국의 C-ITS 사업화 동향

지난 2012년 8월부터 1년동안 미시건주의 Ann Arbor시에 Safety Pilot Model Deployment(SPMD) 프로젝트로 2,800대의 OBU와 80여개의 RSU를 설치하여 교통안전과 관련된 다양한 서비스가 운영되어 교통사고 감소 등의 효과를 확인하였다.

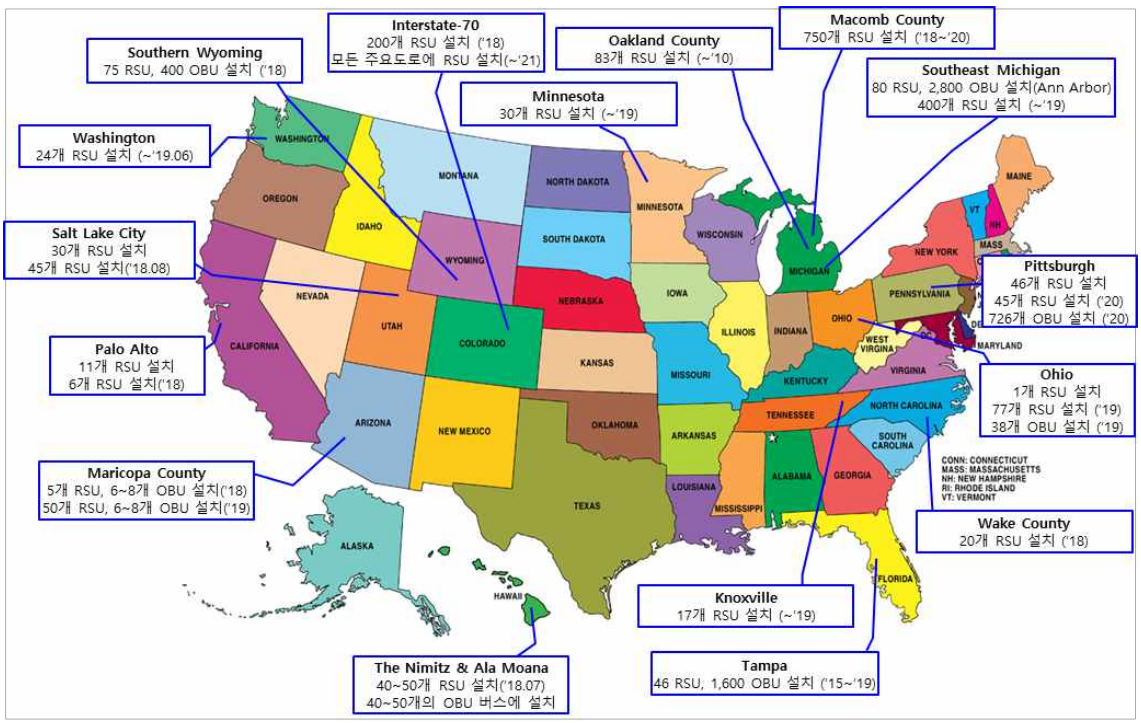
SPMD 프로젝트를 기반으로 향후 모든 신규 차량에 OBU를 의무 장착하는 법규를 추진하였다. 지난 2016년 12월에 도로교통 안전국인 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)에서 NPRM을 발표하였으나, 최근에 C-V2X 등의 새로운 통신방식 검토로 지연되고 있다.



< 미국 C-ITS 실증사업 로드맵 >

지난 2015년 9월부터 뉴욕, 템파, 와이오밍의 도시에서 각 도시의 교통문화에 특화된 서비스를 검증하는 Connected Vehicle Pilot Deployment를 시작하였으며, 2018년 현재 Phase 2 단계에서 인프라를 구축하고 서비스를 검증하고 있다.

지연되는 신규차량 의무 장착 법제화와는 달리 미국의 많은 주에서는 5.9 GHz DSRC 기반으로 RSU를 설치하였거나 설치하여 C-ITS 및 Connected Vehicle 서비스를 테스트 중에 있어 5.9 GHz DSRC 통신 방식을 폐기하기는 어려울 것으로 예측된다.



< 미국 5.9GHz DSRC 기지국 설치 현황 >

나. 유럽의 C-ITS 사업화 동향

지난 2006년부터 C-ITS 관련 컨셉트 검증, 대규모 실증단지 테스트를 거쳐 현재는 시범사업 단계에 있으며, 2015년부터 오스트리아 비엔나, 독일 프랑크푸르트 및 네덜란드 로테르담을 연결하는 C-ITS Corridor와 같은 대규모 시범사업이 진행되었다.

유럽에서는 ITS-G5 통신을 기반으로 Day 1 서비스의 실증이 활발하게 진행되었으며, 기지국에서 교통센터까지의 연결은 LTE 등 이동통신망을 사용하는 hybrid V2X 통신 형태로 많이 진행되고 있다. 향후 자율주행자동차 서비스인 Day 3, 4 서비스 제공을 위하 C-V2X 등과 ITS-G5 통신을 융합한 hybrid V2X 통신 형태로 진화할 것으로 예측된다.

다. 국내 C-ITS 사업화 동향

지난 2014년 7월부터 3년간 대전-세종간 고속국도, 일반국도 및 도심지 도로의 87.8 km 구간에서 단말기 3,000대, 기지국 79대로 15개의 안전 및 편의 서비스를 검증하는 C-ITS 시범사업이 진행되었다.

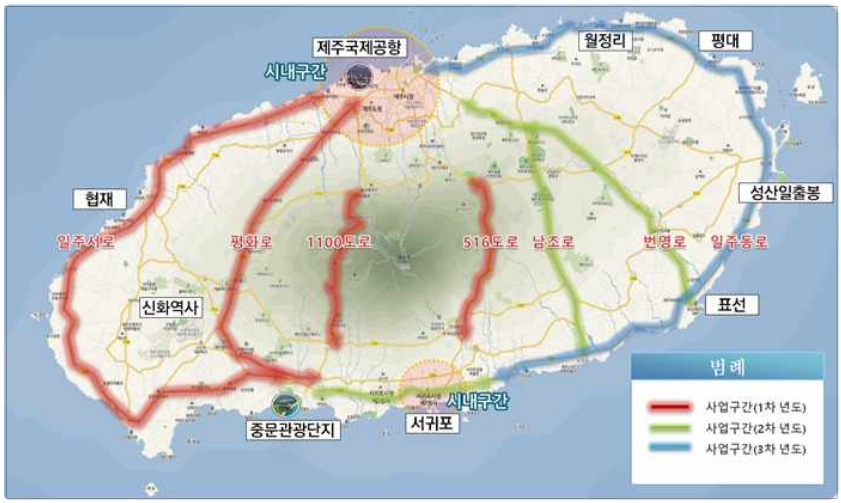
▪ **노변 기지국 및 장비**
- 고속도로 / 국도 / 대전 시가지 / 세종 시 가지 : 79개소

	계	고속국도	국도	대전시	세종시	행복청
☑노변기지국	79개소	18	3	45	9	4
☑돌발상황검지기	7개소	3	1	3	-	-
☑보행자 검지기	6개소	-	-	3	3	-
☑교통신호제어기	12개소	-	-	8	3	1
☑통행료 징수시스템	3개소	3	-	-	-	-
☑도로기상정보시스템	1개소	-	1	-	-	-
☑센터설비(HW)	1식					

< C-ITS 시범사업 >

C-ITS 시범사업에서의 15개 서비스는 기본정보 수집제공, 안전운전 지원, 교차로 안전통행 지원, 대중교통 안전지원, 보행자 상시 care 및 차량간 사고예방의 구분으로 고속국도, 일반국도 및 시가지 도로에서 V2I, V2V 방식으로 제공되었다.

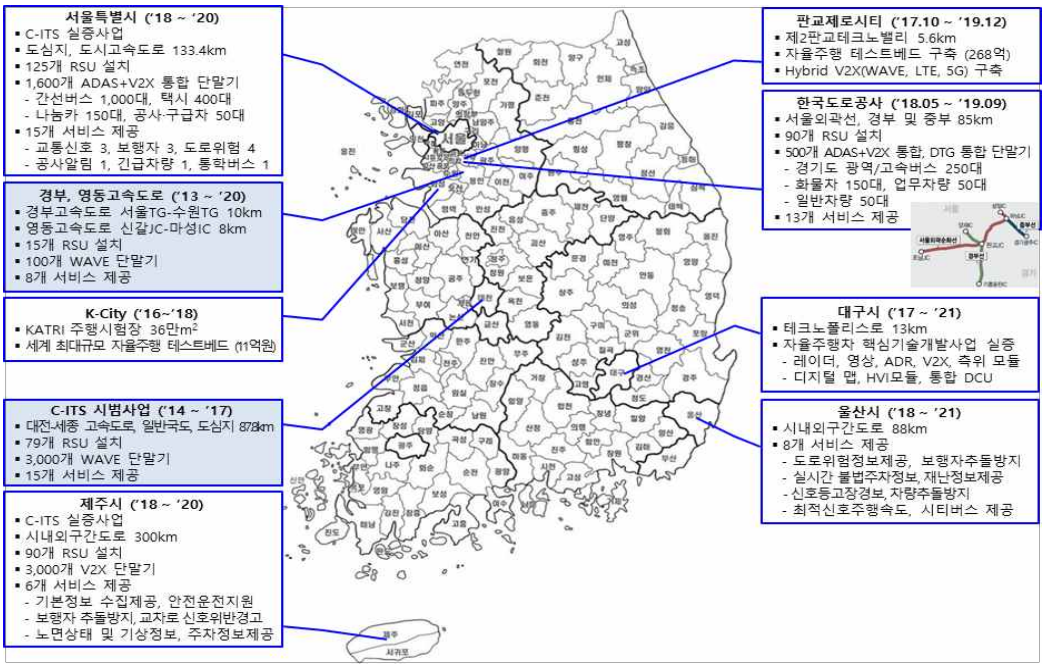
C-ITS 시범사업 이후 2018년부터 서울시, 제주도 및 수도권 고속도로 구간에서 C-ITS 실증사업을 추진하면서 본 사업으로의 길을 열었다. 제주도 C-ITS 실증사업은 1차년도에 150 km 구간에 30대의 RSU를 구축하고 렌터카 등의 1,500대의 차량에 OBU를 설치하고, 2차년도에 90 km의 구간에 30대의 RSU 구축, 렌터카, 버스, 일반차량 및 택시 등 1,000대의 차량에 OBU 장착, 3차년도에 60 km의 구간에 27대의 RSU 구축, 500대의 차량에 OBU를 장착하여 15개 이상의 서비스를 제공하게 된다.



< 제주 C-ITS 실증사업 >

국내에서는 C-ITS 시범/실증사업 이외에도 대구, 울산 등 지자체 자체적으로 V2X 통신 기반으로 C-ITS 및 Connected Vehicle 테스트베드를 구축하는 등 본격적으로 V2X 통신 인프라를 구축하고 있다.

지난 2018년 2월에 국토교통부는 C-ITS 및 Connected Vehicle 지원을 위해 2020년까지 수도권의 모든 고속도로에, 2021년까지 고속도로 주요 5개 노선에 그리고 2022년까지 전국 모든 고속도로에 RSU를 설치하는 것으로 계획을 수립했다.



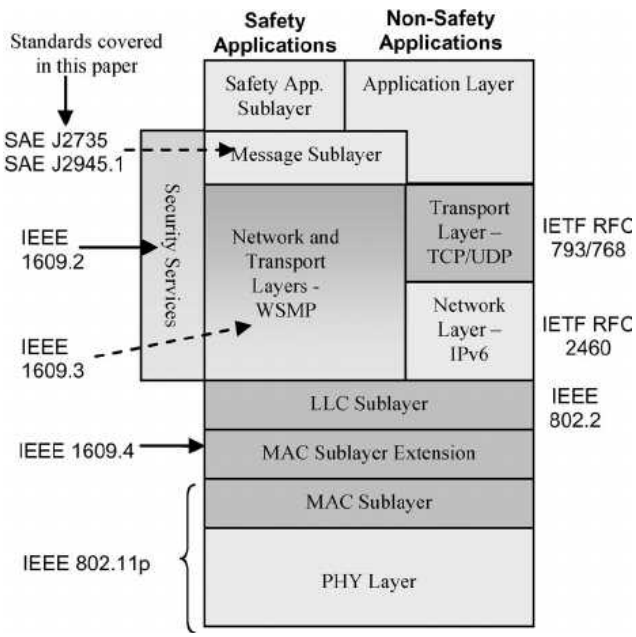
< 국내 C-ITS 및 Connected Vehicle 실증사업 현황 >

2. IEEE 802.11p 기반 V2X Communication

V2X 표준은 IEEE 802.11a의 대역폭을 반으로 줄여 만든 IEEE802.11p로부터 시작되었으며, 이는 물리계층과 MAC계층의 표준으로 북미와 유럽 V2X 표준의 기반이 되었다. 북미와 유럽 지역에서 IEEE 802.11p위에 각각의 SW 스텍을 정의하여 사용하기 시작하였으나, 최근에는 이들의 하모나이즈를 위한 표준 개발도 수행되었다. 본 장에서는 북미와 유럽에서 진행되고 있는 표준화 동향에 대해 알아본다.

(1) 북미 표준 현황

일반적으로 5.8GHz DSRC로 불리는 북미의 V2X 표준은 전기 전자 분야 표준화 기관인 IEEE(IEEE 802.11p, IEEE 1609)와 자동차 엔지니어 모임인 SAE(SAE J2735, SAE J2945 등) 등을 통해 만들어졌으며, 각각 물리 계층, SW 스텍 표준화와 응용계층 표준화를 각각 담당하였다. 다음의 그림은 DSRC의 스텍 구조를 나타내고 있다. 그림에서와 같이 안전관련 응용에는 통신설정에 긴 시간이 소요되는 TCP/UDP, IP가아닌 WSMP를 사용하도록 설계되었다 [1].



<북미에서의 DSRC를 위한 통신 계층 구조>

가. IEEE 802.11p

2010년 7월 IEEE에서는 IEEE 802.11a의 주파수 대역폭을 10MHz로 감소하여 엠블런스나 승객용 차량 등의 차량환경에서의 통신을 위한 물리계층 및 MAC 계층 표준인 IEEE 802.11p-2010: Wireless Access in Vehicular Environments (Amendment 6)를 제정하였다. 해당 표준은 2012년 IEEE 802.11-2012에 통합되었으나, 현재까지는 기존의 IEEE 802.11p라는 이름으로 불리고 있으며, Wireless Access in Vehicular Environments를 줄여 WAVE라고 많이 알려져 있다. 이로 인해 WAVE를 IEEE 802.11p와 동일시하는 경우가 있으나 11p는 WAVE의 표준 패밀리 중의 하나에 해당한다.

나. IEEE 1609 시리즈

WAVE는 IEEE 802.11p뿐만 아니라 차량통신을 위한 많은 표준을 포함한다. 이들 중 IEEE 1609 표준 시리즈는 차량환경에서 고속(최대 27Mbps), 단거리(최대 1km)에서 저지연 통신을 수행하기 위한 시스템 구조, 통신 모델, 관리 구조, 보안 메커니즘, 물리계층 접근 등에 대해 정의한다.

- IEEE 1609.0/D10 : Draft Guide for Wireless Access in Vehicular Environments (시스템 구조 정의)
- IEEE 1609.2-2016 : IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (응용계층 및 관리 메시지를 위한 보안 서비스 정의)
- IEEE 1609.3-2016 : IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (네트워킹 서비스 정의)
- IEEE 1609.4-2016 : IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (멀티 채널 동작 정의)
- IEEE 1609.12-2016 : IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (식별자 할당 정의)

다. 메시지 표준

SAE에서는 V2X 통신을 위한 메시지 규격을 정의하기 위한 표준들을 제정하였다. 본 표준은 아직 제,개정을 지속적으로 수행하고 있으며, 현재는 2016년에 발표된 SAE J2735-2016이 사용되고 있다.

· SAE J2735-2016 : Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set Dictionary (BSM, TIM, RSA, SPAT, MAP 등의 메시지 규격 정의)

라. 장치 표준

SAE와 미국의 교통성인 US-DoT에서는 WAVE의 효과적인 전국 확산을 위하여 2016년과 2017년 각각 WAVE 단말기와 기지국의 관리를 위한 표준을 제정하여 각 주에서 시행되는 Deployment에 사용을 권장하였다.

· SAE J2945-2016 : On-Board System Requirements for V2V Safety Communications (단말기 프로토콜 표준 만족 요구사항, 정보 신뢰성 요구사항, BSM 송신관련 요구사항과 사용 예 등을 정의)

· Dedicated Short-Range Communications Roadside Unit Specifications - 2017 (기지국 장치에 대한 요구사항 정의 - 전원요구사항, 물리적 요구사항, 기능 요구사항, 성능 요구사항, 인터페이스 요구사항 등)

마. 인증 표준 시리즈

미국의 Connected Vehicle 프로젝트에 참여하는 장치 간 상호 연동성 확인 및 인증을 위한 위원회인 CV CoC(Connected Vehicle Certification Operating Council)에서는 만들어진 DSRC 시스템의 인증을 위한 표준을 제정하고, PlugFest라는 정기적인 행사를 통하여 인증 표준들에 대한 검증을 수행하였다.

· Conformance test specifications for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE) - 802.11, Test Suite Structure and Test Purposes(TSS & TP) v1.2.0(2017.10.9.)

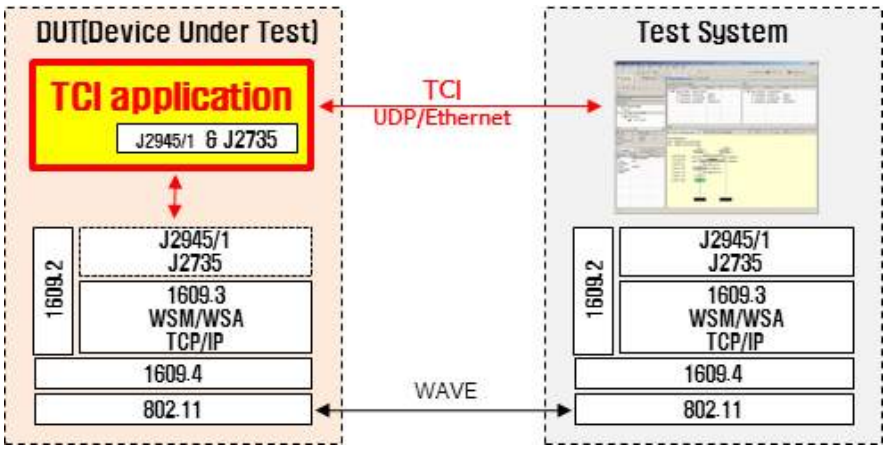
· Conformance test specifications for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE) - Security Services, Test Suite Structure and Test Purposes(TSS & TP) v1.3(2017.10.8)

· Conformance test specifications for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE) - Networking Services, Test Suite Structure and Test Purposes(TSS & TP) v1.3.3(2017.10.8.)

· Conformance test specifications for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE) - Multi-channel Operation, Test Suite Structure and Test Purposes(TSS & TP) v1.3(2017.10.8)

· Conformance test specifications for SAE J2945/1 - On-board System Requirements for V2V Safety Communications, Test Suite Structure and Test Purposes(TSS & TP) v0.5.5(2017.10.8)

· Test Control Interface Specification v0.6.0(2017.04.21)



< Test Control Interface를 이용한 테스트 환경 >

IEEE 표준을 제외한 SAE 및 US-DoT등의 표준은 WAVE 뿐만 아니라 기존의 DSRC에도 적용되는 표준으로 미국에서는 넓은 의미의 개념인 DSRC로 위의 표준들을 통칭하고 있으며, 한국에서는 위의 모든 표준들을 WAVE 표준의 범위에 포함시켜 WAVE로 부르고 있다.

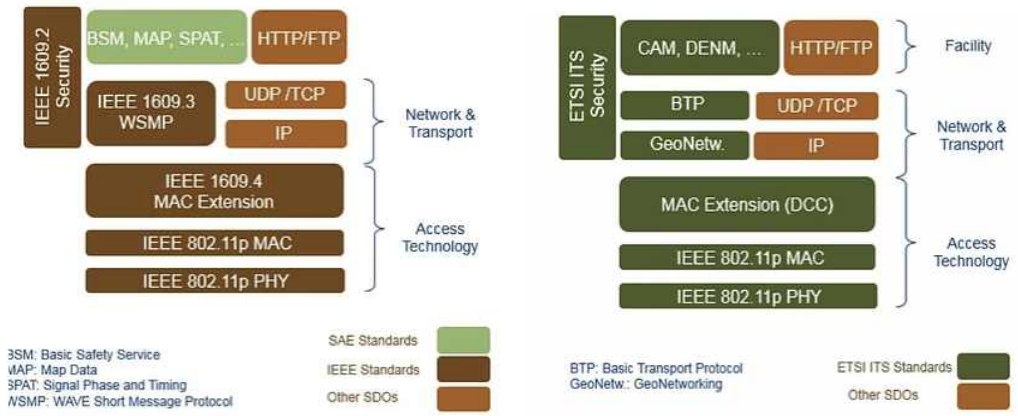
(2) 유럽 표준 현황

유럽에서는 장소와 시간에 구애받지 않고 어느 누구와 어떤 단말기로도 차량 내에서 텔레매틱스와 같은 멀티미디어 서비스를 받고자 하는 수요가 증가함에 따라 2000년 ISO TC 204에서 이를 위한 표준화를 추진하게 되었으며, 이를 CALM (Communication Access for Land Mobile)이라 한다.

이후 CALM은 C-ITS라고도 부르고 있으며, 둘은 같은 개념으로 생각되고 있다. CALM은 “ITS-Station”이라는 통신 시스템을 통해 어떤 물리계층을 가

지는 단말기로도 통신이 가능한 표준을 지향하고 있으며, 5.8 GHz 대역의 IEEE 802.11p를 기반으로 하고 있는 차량에서의 통신 시스템 중의 하나인 ITS-G5뿐만 아니라, 2G, 3G 등의 셀룰러 또한 포함하여 표준화가 이루어지고 있다.

북미의 DSRC에 대응하는 유럽 표준인 ITS-G5는 DSRC와 같이 IEEE 802.11p을 물리계층/MAC계층 프로토콜로 사용하고 있으며, 상위 계층은 아래 그림과 같은 차이를 가지고 있다.



< 북미 DSRC 시스템 프로토콜(좌)과 유럽 ETSI ITS G5 프로토콜(우) >

- ETSI TS 102 687, Intelligent Transport Systems(ITS); Decentralized Congestion Control Mechanisms for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz range (혼잡 제어 기술 정의)

- ETSI EN 302 636-4-1 v1.2.0, Intelligent Transport Systems(ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 4: Geographical addressing and forwarding for point-to-point and point-to-multipoint communications; Sub-part 1: Media-Independent Functionality (네트워크 프로토콜)

- ETSI EN 302 636-5-1 v2.1.0, Intelligent Transport Systems(ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 5: Transport Protocols; Sub-part 1:Basic Transport Protocol (ITS 단말 간 기본 전송 프로토콜)

- ETSI EN 302 637-2, Intelligent Transport Systems(ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service (도로안전 서비스 등을 지원하기 위한 협력 상황 인지 기본 서비스)

- ETSI EN 302 637-3, Intelligent Transport Systems(ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specification of Decentralized Environmental Notification Basic Service (도로에서의 위험 상황 이벤트 전달 서비스)

이외에도 보안, 데이터 저장 등 많은 표준들이 존재하며, 지속적인 업데이트가 이루어지고 있다. 또한, 북미에서와 같이 테스트를 위한 표준들도 정의되어 PlugTest등에 사용되고 있다.

- ETSI TS 102 917-1, Intelligent Transport Systems(ITS); Test specifications for the channel congestion control algorithms operating in the 5.9 GHz range; Part 1: Protocol Implementation Conformance Statement(PICS) (DCC 기능 검증 파트 1)

- ETSI TS 102 917-2, Intelligent Transport Systems(ITS); Test specifications for the channel congestion control algorithms operating in the 5.9 GHz range; Part 2: Test Suite Structure and Test Purposes(TSS & TP) (DCC 기능 검증 파트 2)

- ETSI TS 102 917-3, Intelligent Transport Systems(ITS); Test specifications for the channel congestion control algorithms operating in the 5.9 GHz range; Part 3: Abstract Test Suite(ATS) and partial Protocol Implementation eXtra Information for Testing(PIXIT) (DCC 기능 검증 파트 3)

- ETSI TS 102 916-1, Intelligent Transport Systems(ITS); Test specifications for the methods to ensure coexistence of Cooperative ITS G5 with RTTT DSRC; Part 1: Protocol Implementation Conformance Statement(PICS) (기존 DSRC와 ITS G5와의 공존 검증 파트 1)

· ETSI TS 102 916-2, Intelligent Transport Systems(ITS); Test specifications for the methods to ensure coexistence of Cooperative ITS G5 with RTTT DSRC; Part 2: Test Suite Structure and Test Purposes(TSS&TP) (기존 DSRC와 ITS G5와의 공존 검증 파트 2)

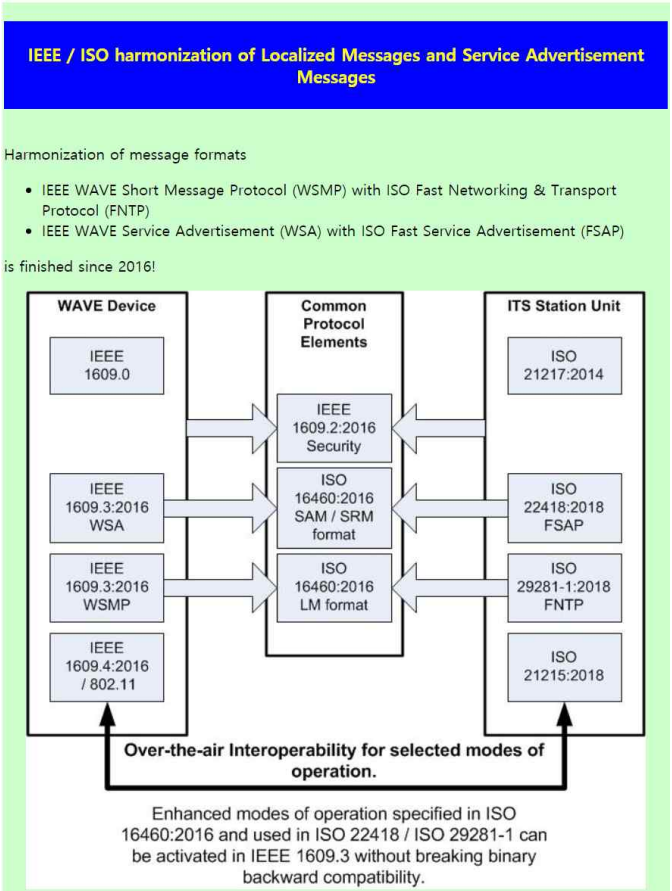
· ETSI TS 102 916-3, Intelligent Transport Systems(ITS); Test specifications for the methods to ensure coexistence of Cooperative ITS G5 with RTTT DSRC; Part 3: Abstract Test Suite(ATS) and partial Protocol Implementation eXtra Information for Testing(PIXIT) (기존 DSRC와 ITS G5와의 공존 검증 파트 3) 등 다수 표준 존재

(3) 하모나이제이션 (융화)

북미와 유럽의 다른 표준으로 인하여 양 지역을 시장으로 하는 제조사들의 개발 어려움이 발생하게 되어 유럽과 미국은 상호간의 표준 하모나이제이션 작업을 수행하게 되었다.

위에 언급한 바와 같이 유럽에는 CALM이라는 큰 개념의 표준이 존재하고 있어 북미, 유럽간의 하모나이즈는 북미의 WAVE와 ITS-G5가 아닌 CALM간에 이루어지고 졌으며, 북미의 IEEE WAVE Short Message Protocol (WSMP)와 유럽의 ISO Fast Networking & Transport Protocol (FNTP), 그리고, IEEE WAVE Service Advertisement (WSA)와 유럽의 ISO Fast Service Advertisement (FSAP) 간에 하모나이즈가 이루어졌다.

이 결과로 2016년 IEEE 1609.2:2016, ISO 16460:2016의 표준이 제정되게 되었으며, CALM에서는 ISO 16460:2016을 포함하는 ISO 29181-1:2018로 FNTP를 정의하게 되었다. 또한, Over-the-air라는 무선환경 업데이트 규격을 공유하여 선택된 모드에 대한 업데이트를 상호 지원할 수 있도록 하였다.



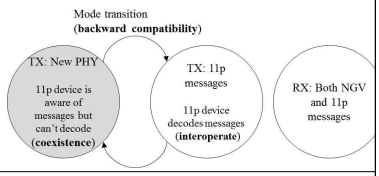
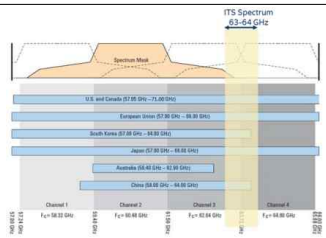
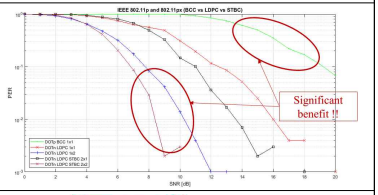
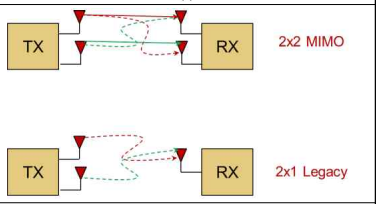
3. 차세대 V2X 표준

2010년에 완성된 802.11p표준은 안전용도의 사용을 위해 당시에 기술이 검증된 상태였던 IEEE 802.11a를 기반으로 고속이동성에 대응하기 위하여 사용 주파수 밴드를 10MHz로 줄여 만들어졌다. 하지만, 최근에는 IEEE 802.11ac, ad등의 고속 전송 WLAN기술들이 검증되어 가고 있어 이들 기술을 V2X에 적용하여 고속통신을 지원하기 위한 표준화 작업이 IEEE802.11px란 이름으로 2021년 완성을 목표로 진행 중에 있다[2].

IEEE에서는 2018년 3월 802.11 NGV 스터디 그룹(SG)이 생성되어 표준화 논의가 시작되었다. 2018년 7월 TGpx 태스크 그룹의 전환(승인)을 위해 WG에 PAR(Project Authorization Request) 및 CSD(Criteria for Standards Development)를 제출하였으나, CSD가 거절되어 개정작업 중에 있으며, WG로부터 SG의 연장을 승인받은 상태이다.

SG는 IEEE 802.11p와의 상호 호환을 유지하는 차세대 V2X 표준을 개발하는데 목표를 두고 있으며, 다음과 같은 내용이 제안되었다.

< 802.11 NGV SG 및 C2C 주요 제안 내용 >

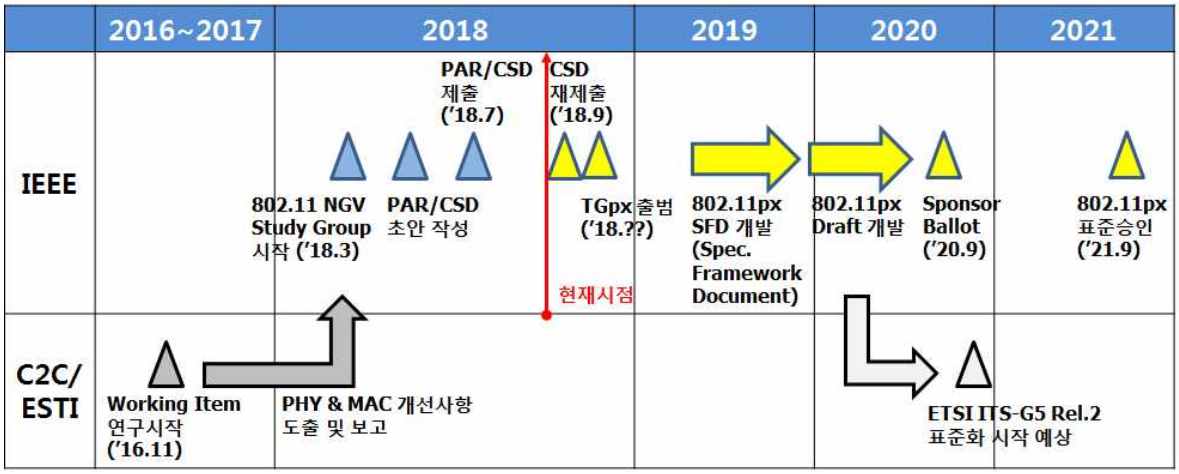
구분	진행내용	비고
상호 호환성 유지	Legacy 802.11p 단말과의 Coexistence 및 Backward compatibility 연구	
이동속도 향상	OCB 최대 250Km/h 이동속도 지원을 위한 OFDM pilot 배치 설계	
통신용량 증대	새로운 use-case 및 주파수 대역(ITS대역 63~64GHz) 연구 MIMO 전송기술 도입	
수신감도 개선	802.11px 지원용 LDPC 코드 설계 및 성능평가 연구 안테나 다이버시티(STBC) 기술	
최대 전송 스트림	MIMO 전송기술 도입	
메시지셋 개선	고정밀(25cm이하) 위치정보 메시지셋 (Tiny CAM) 정의	

유럽의 Car 2 Car Communication Consortium에서는 2016년 11월부터 유럽표준단체인 ETSI 및 CEN과의 긴밀한 협조하에 ITS-G5 Rel. 2 표준화를 위해 다음과 같은 WI(Working Item)에 대한 연구를 진행 중에 있다. 또한, 상호 호환성을 위하여 그 연구결과를 IEEE 802.11 NGV SG에 지속적으로 보고하는 등 기존 IEEE 802.11px 표준화에 기여하고 있다.

- WI 작업 가이드라인 : 802.11ac 기반 PHY/MAC 개선, Legacy 802.11p 단말과의 Backward compatibility, 최대 이동속도/전송거리 증대
- WI 작업 요구사항

· 5dB 수신성능 개선 @ 5GHz
· 채널용량 10배 증대 @ 60GHz

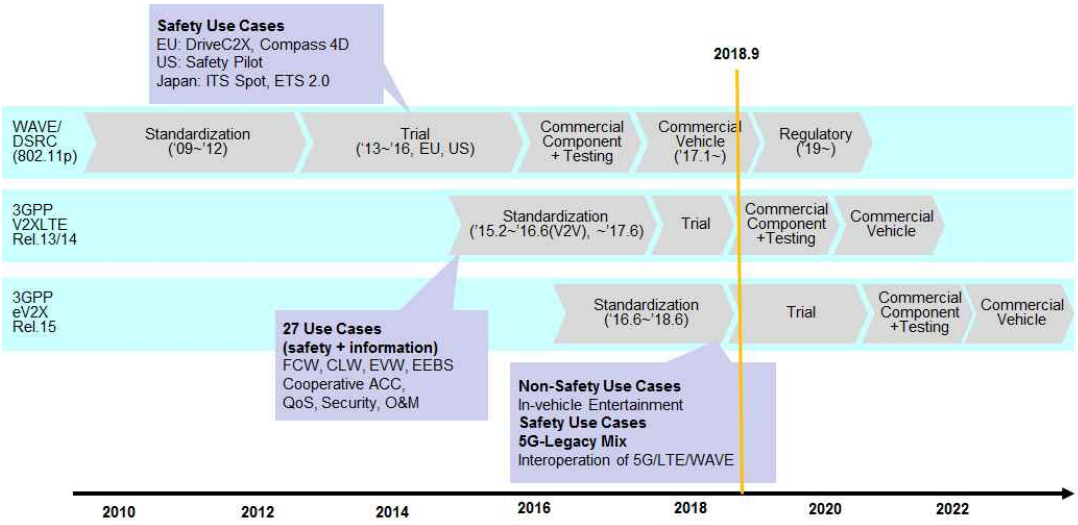
유럽의 표준화는 다음의 IEEE802.11 TGpx 표준화 로드맵 진행상황표에서 나타낸 바와 같이 IEEE802.11 TGpx 승인 표준 드래프트 초안이 개발되는 시점에 맞춰 ETSI에서 ITS-G5 Rel. 2를 위한 표준화가 진행될 것으로 예상되고 있다.



<IEEE 802.11TGpx 표준화 로드맵>

(1) Cellular 기반 V2X Communication

차량 안전을 위한 차량통신은 2000년대 초부터 IEEE 802 계열의 기술을 확장한 DSRC/WAVE 가 IEEE 802.11p로 표준화되며 연구되어 왔고, 2015년 초부터는 이동통신망인 LTE 기술을 이용한 차량통신에 대한 표준화 움직임이 본격적으로 시작되었다. 국제 이동통신 표준화 기구인 3GPP에서는 LTE기술로 지연시간을 단축하고 차량간 직접 통신을 지원하는 등 2017년 .3월 LTE 차량통신을 위한 표준화가 완료되어 차량통신 확산을 위한 기반이 마련되었고, 이후 성능 개선 및 5G와의 융합을 위한 논의가 진행되고 있다.



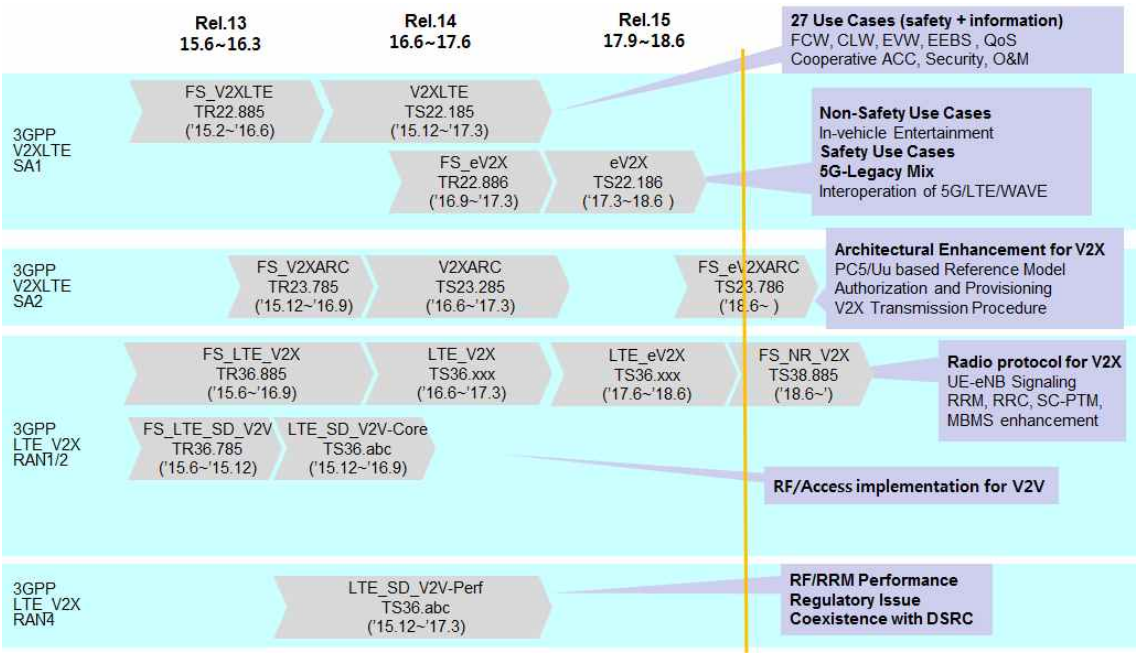
< IEEE와 3GPP의 V2X 표준화 로드맵 비교>

기존의 WAVE기술은 직접통신을 통한 차량 안전에 초점이 맞춰져 있었던 반면, 이동통신망을 이용한 차량통신을 차량간 직접 통신외 이동통신망을 이용할 수 있어, 통신 커버리지 문제가 해결되고 보다 많은 데이터를 전송할 수 있어 영상 등 다양한 서비스를 지원할 수 있는 장점이 있다. 따라서 각 나라 혹은 지역의 상황과 환경에 맞춰 다른 차량통신 기술이 도입되기도 하고, 이들의 조합으로 구성되기도 한다. 차량간 통신은 WAVE, 차량-인프라간 통신은 LTE로 한다던가, 5G커버리지 내에서는 5G를 이용하는 등 복합 차량 통신 방법을 이용한 Hybrid 구축 모델이 고려되기도 한다.

< 차량통신 기술별 지원 서비스, 출처 Huawei>

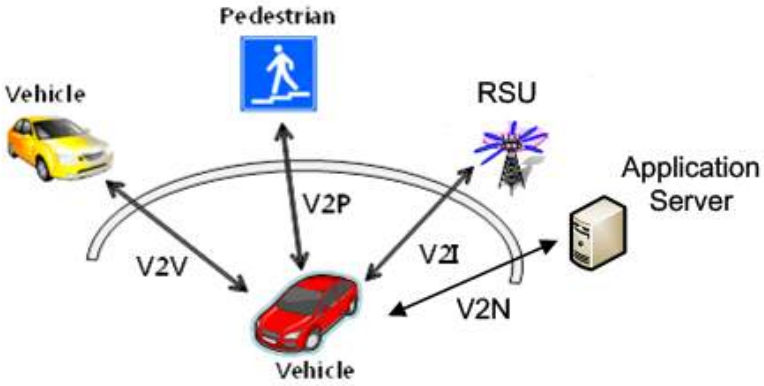
(2) 3GPP 표준화 로드맵

2008년 3GPP Release8 규격으로 LTE 표준화가 완료된 이후 LTE 기반의 방송서비스(eMBMS, evolved Multimedia Broadcast and Multimedia Services) 기술이 3GPP Release 9 규격(2009년)으로, LTE기반의 단말간 근거리 통신(D2D, Device to Device) 기술이 3GPP Release 12 규격(2014년)으로 표준화 되었다. 이와 같은 요소 기술들 기반으로 차량간의 직접 통신을 지원하는 LTE V2X를 위한 논의LG전자, 퀄컴, 화웨이 등으로 부터 적극적으로 제기되어 2015년부터 본격적으로 표준화되었으며 차량간 직접통신(V2V)는 2016년 9월, 차량-인프라간(V2I, V2N)은 2017.3월 3GPP Release 14 규격으로 표준화 완료되었다. 이후 Release 15에서는 이의 개선 기술이 표준화 되었으며 Release 16에서는 5G V2X 논의가 시작된 상태이다.



< 3GPP 워킹그룹별 V2X 표준화 로드맵 >

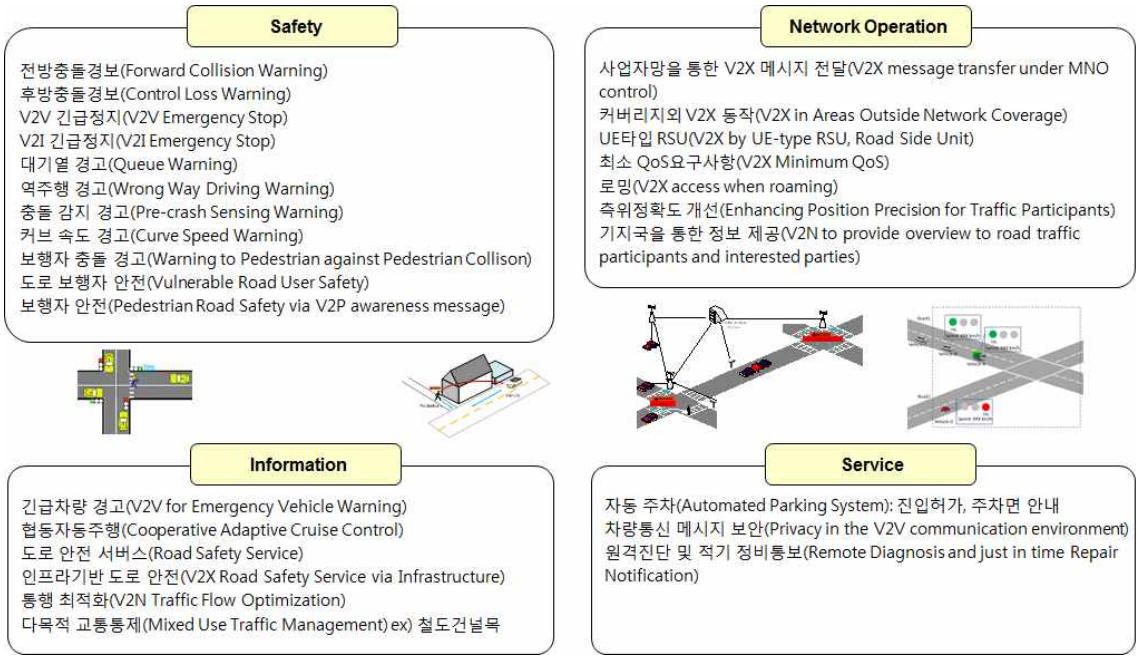
3GPP에서는 차량과 보행자, 인프라, 무선망과의 통신에 대해 표준화 하였으며, 주로 네트워크 단의 표준화에 한정된다. V2V, V2P는 기존 ITS에서도 있는 개념이며, V2N은 이동통신망과의 통신을 의미한다. V2I는 ITS 개념에서의 RSU(Road Side Unit)과의 통신을 의미하는데, 3GPP 에서는 RSU가 차량단말과 동일한 형태의 독립형 기지국 일 수도 있고, 이동통신망 기지국 형태일 수도 있다.



< 차량통신(V2X)의 형태, TR 22.886 참조 >

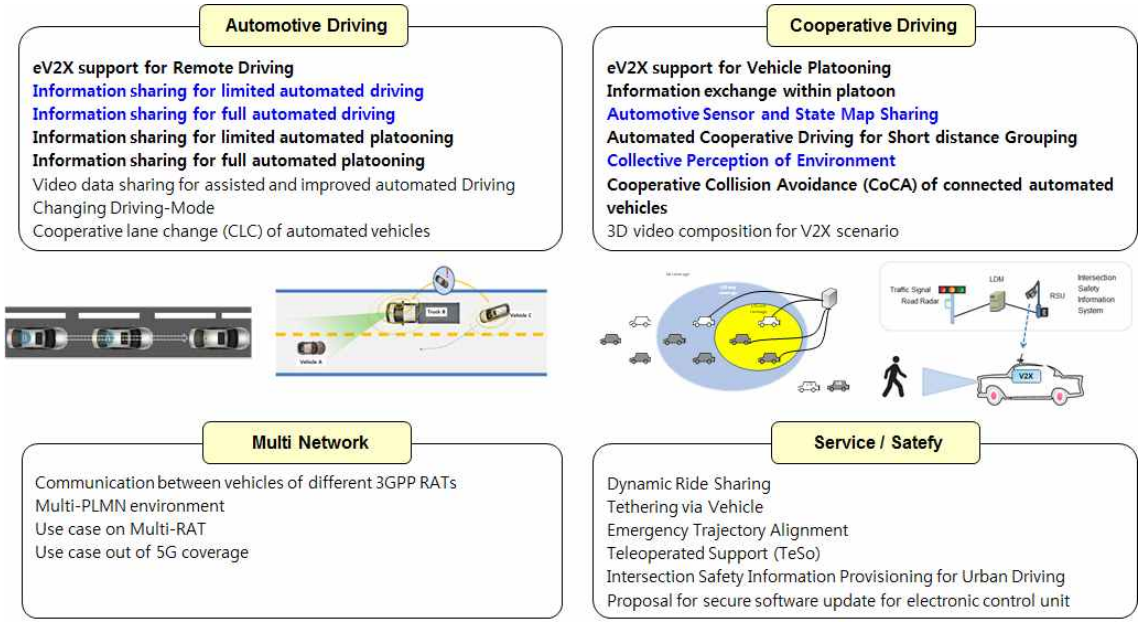
(3) V2X Use Case 서비스 요구사항

V2X 표준화의 첫 단계로써, V2X use case 들을 제시하고, 이들로부터 성능요구사항을 도출하였다. 과거 무선랜과 DSRC에 기반한 safety 관련한 EU와 북미에서의 많은 연구 및 시범서비스 들이 있어 이들과 유사한 safety 위주의 use case 25가지가 먼저 표준화되어 LTE V2X의 요구사항에 반영되었다. [22.885]



< Release 14 LTE V2X 에서의 use case, TR 22.885 참조>

이후 자율주행, 플래투닝, 협력주행과 같은 고대역폭의 복잡한 시나리오에 대한 use case가 제안되었으며, 이들 요구사항이 Release 15 표준의 eV2X 요구사항에 반영되었다.



< Release 15 eV2X 에서의 use case, TR 22.886 참조>

위의 use case들에 대한 요구사항은 지연시간, 메시지크기, 주파수, 지원 차량속도, 보안 분야를 포함하며, use case 별로 서로 다른 요구사항을 가진다. 지연시간의 경우는 충돌방지를 위한 V2V의 경우는 20ms, 그외 V2I, V2N은 100ms, 애플리케이션 서버와는 1,000ms 이내의 지연시간이 요구된다. 또한 같은 use case 안에서도 시나리오에 따라 요구사항이 달라질 수 있다. 아래는 표는 플래투닝 use case 내 각 시나리오별 요구사항의 예시이다.

< 플래투닝 통신 성능 요구사항, TS 22.186 참조 >

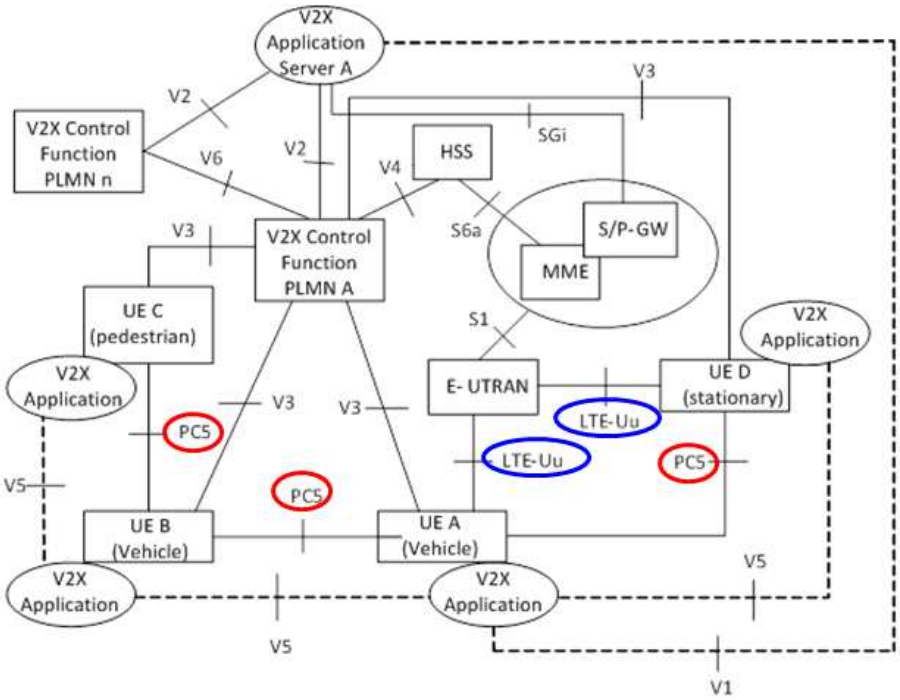
플래투닝 시나리오	메시지크기 (byte)	전송빈도 (초당)	지연시간 (ms)	통신 성공률 (%)	전송속도 (Mbps)	전송거리 (meters)
플래투닝 그룹내 V2X 애플리케이션을 지원하는 차량간 그룹 통신	50-1200	30	10			
	300-400	30	25	90		
다른 차량을 통한 RSU 와의 통신 (릴레이)	[50-1200]	2	500			

플래투닝 합류/ 분리시의 차량간 통신	운전자 모드	300-400		25	90		
	자율 주행	1200		10	99.99		80
정보 공유를 위한 차량간 통신	부분 자율 주행	[6500]	50	[20]			
	완전 자율 주행			[20]		[65]	
정보 공유를 위한 차량과 RSU 간 통신	부분 자율 주행	[6000]	50	[20]			
	완전 자율 주행			[20]		[50]	

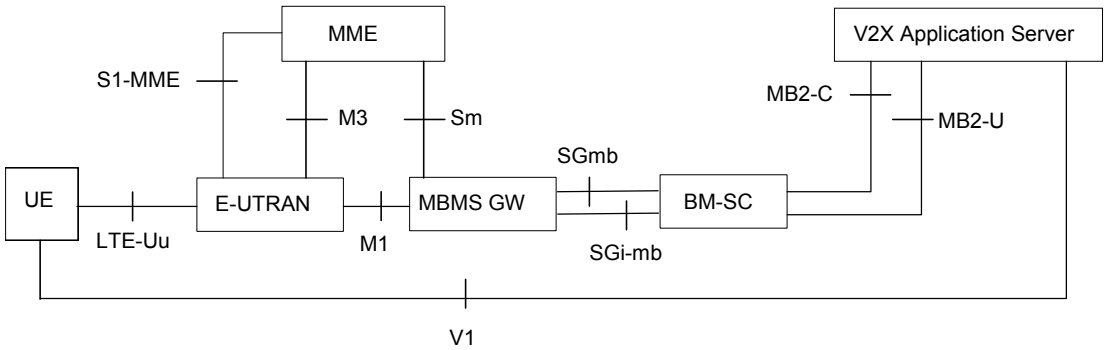
(4) V2X 시스템 구조

이러한 요구사항들을 지원하기 위한 V2X 시스템의 구조는 기존의 이동통신망 시스템의 코어 구조(EPC, Evolved Packet Core)에 차량통신을 위한 노드와 인터페이스들이 추가된 형태이다. MME S/P-GW, HSS는 가입자 인증, 위치 관리 및 데이터 트래픽을 처리하는 코어 노드들이며, E-UTRAN은 기지국을 포함한 LTE 무선망으로, 기존 이동통신망에 존재했던 노드들이다. 차량 통신망은 이러한 기존의 이동통신망에 다음의 기능을 추가한 것이다.

- 차량(혹은 보행자)간 직접 통신(V2V)을 위한 인터페이스(PC5)
- 기지국과 차량 간의 통신(V2N)을 위한 인터페이스(LTE-Uu)
- V2X 서비스 관리를 위한 control function
- V2X 서비스를 위한 애플리케이션 서버
- 단말 기반의 OBU 구조 지원, 지역 기반 브로드캐스팅 등의 V2X 지원 기능



< V2X 시스템 구조, TS 23.285 참조 >



< V2X를 위한 멀티캐스트 및 브로드캐스트 구조, TS 23.285 참조>

V2X 애플리케이션 서버, V2X 제어 서버 및 이들 간의 인터페이스가 추가되었으며, 기지국 등의 기존 노드에 차량 통신 기능들이 추가되어 차량단말(UE, User Equipment)의 V2X 애플리케이션에서 V2X 서비스를 제공한다.

- V2X 제어서버(V2X Control Function): V2X 통신을 위해 차량단말에 적합한 설정값을 전달해주며, 통신사업자 별로 다른 설정이 존재하는 경우, 이를 관리 및 배포하는 역할을 한다. 주로 도메인네임으로 지정되어 있으며, 차량 단말내에 서버 주소가 내장되어 있을 수도 있고, 네트워크에서 동적으로 내려줄 수도 있다.

- V2X 차량단말(UE, User Equipment): 차량단말은 V3 인터페이스를 통

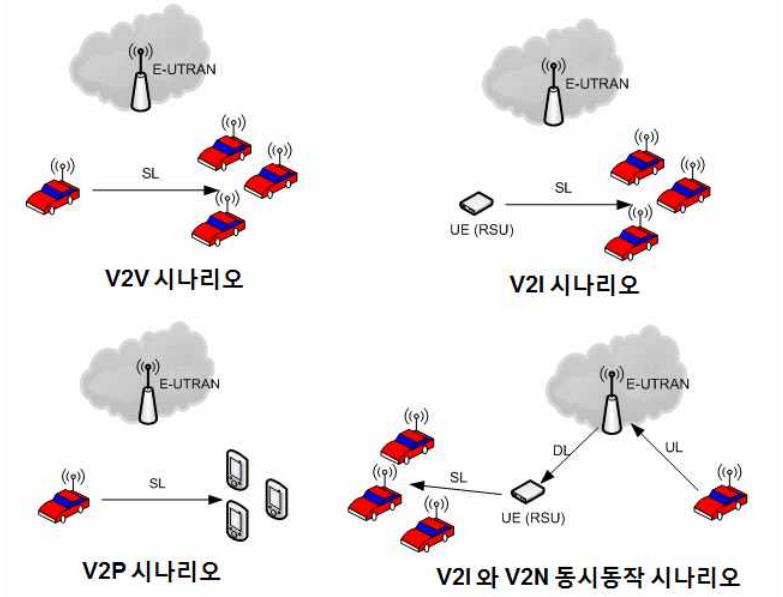
하여 V2X 제어서버(Control Function)과 통신하여 V2X 통신을 위한 ID, 무선 파라미터, 애플리케이션 서버 주소 설정값과 브로드캐스팅 서비스 설정값을 받는다.

- V2X 애플리케이션 서버: V2X 서비스를 제공하는 서버로, 서비스 종류에 따라 사업자망 내에 있을 수도 있고, 도로관리기관(도로공사 혹은 지자체), 경찰청 등 사업자망 외부에 있을 수도 있으며, 여러 사업자간 연동이 필요할 수도 있다. 애플리케이션 서버는 서비스를 제공하기 위해 단말의 V2X 애플리케이션으로부터 정보를 송수신받고 차량위치 관리, 브로드캐스트 서비스 제공을 위해 이동통신망과 밀접하게 결합되어 있다.

(5) V2X 무선 기술

무선 기술 분야에서는 기존의 LTE 무선 기술보다 지연시간을 줄이고 무선 트래픽을 효율화하여 차량통신에 보다 적합하게 개선한 기술들이 표준화 되었다. 가장 중요한 특징은 차량간 직접통신이 가능한 sidelink 기술의 도입이며, 이외에도 SC-PTM(Singe Cell Point to Multipoint broadcasting), 고속이동 지원, 지연시간 단축, DSRC와의 공존 방안 등 다양한 기술들이 도입되었다.

Sidelink는 차량간 혹은 차량/보행자간의 직접통신을 의미하며, 실제 구현상으로는 아래 그림과 같이 V2V, V2P, V2I 등 다양한 시나리오로 적용할 수 있다. (Sidelink는 Uplink/Downlink와 대응되는 개념으로, 단말간 직접통신 채널을 의미)



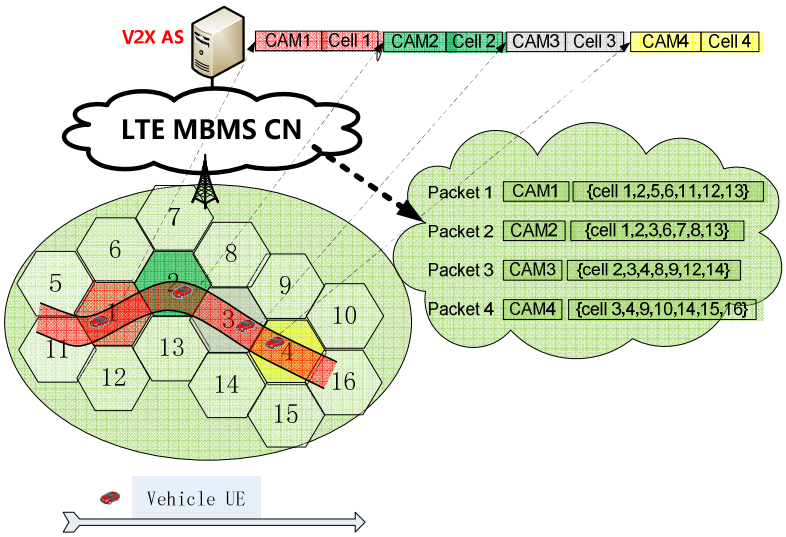
< Sidelink의 사용 시나리오, TR 36.885 참조 >

차량통신을 위한 무선망 측면에서의 sidelink 수정사항은 아래와 같다.

- Sidelink 물리계층 구조 및 동기화 기능 및 무선자원 제어 및 할당을 위한 시그널링 기능이 추가되었으며 차량속도 및 커버리지 고려하여 64QAM, 256QAM 의 높은 모듈레이션은 방법은 지원하지 않는 것으로 정해졌다. 이는 단방향 160km/h 등 기존의 이동체 모델링보다 더 높은 속도를 지원하고 빠른 채널 환경 변화에 대응하기 위함이다.

- 동일주파수에서의 PC5-based V2V 동작(D2D)과 Uu기반 LTE 동작 방법과, 다른 주파수에서의 동시동작(Carrier Aggregation) 방법이 추가되었으며, 각국의 규제에 따른 6GHz 이하의 UE RF 성능요구사항과 DSRC 와의 공존을 위한 무선 출력 규격 등이 정의되었다.

- eMBMS 기능이 차량통신에 보다 적합하도록 지연시간 단축 및 서비스 검색 및 구독기능이 개선되었으며, 기지국 단위의 브로드캐스팅이 가능하도록 (SC-PTM, Single Cell Point to Multipoint) 기능이 추가되었다.



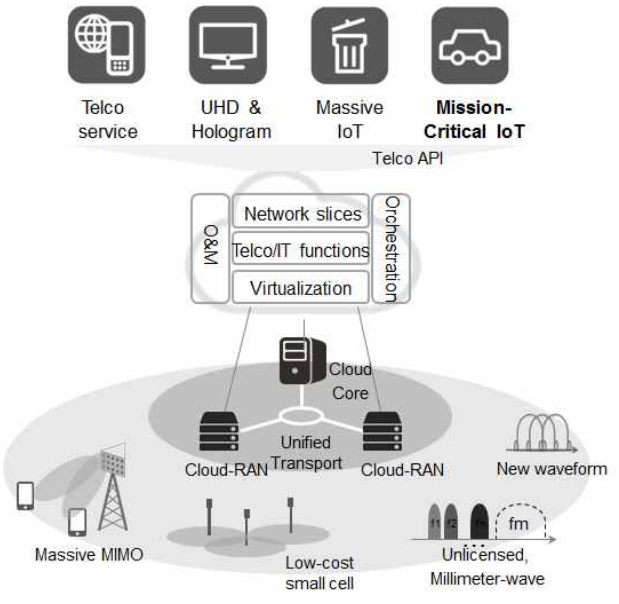
<차량통신을 위해 개선된 브로드캐스팅 구조, TR36.885 참조>

- V2X 주파수는 V2V 및 단말형태 RSU에 기반한 V2I용으로는 전세계적으로 ITS에 할당되어 있는 5.9GHz 대역을 사용하고, 기지국 형태를 이용하는 것은 기존의 LTE 라이선스 대역을 이용하는 것으로 표준화되었다.

(6) 5G V2X 표준화 방향 및 5GAA

5G는 저지연, 대용량, 높은 신뢰성을 특징을 갖는 차세대 통신 기술로, 다중 MIMO와 같은 향상된 무선 기술, 400MHz에 달하는 채널당 대역폭, 가상화된 코어망 구조를 이용하여 20Gbps 이상의 데이터 전송이 가능하다. 따라서 유선 브로드밴드를 대체하는 eMBB(enhanced Mobile BroadBand), mMTC(massive Machine Type Communication), URLLC(Ultra Reliable Low Latency Communication)과 같은 핵심 서비스를 지원하며, AR/VR과 같은 미디어, 원격 제어, 로봇, 차량통신 등의 응용서비스를 지원할 수 있다.

이러한 저지연, 고신뢰성, 고대역폭 특성이 차량 및 교통 데이터의 요구사항과 잘 맞기 때문에 차량통신으로의 사용이 논의되고 있으며 18.8월부터 시작된 3GPP Release 16 표준화 과정에서 차량간 직접 통신에 5G 무선 기술을 적용하고자 하는 논의가 시작되어 19년하반기 표준화 완료될 예정이다.



< 5G 기술 및 서비스 구성 >

3GPP외이 표준화 활동으로, 5G를 이용한 자율주행이나 차량분야 적용에의 관심이 높아져, 2016년말에는 주요 차량 제조사와 IT회사가 모여 5G를 이용한 차량통신을 조기에 활성화하기 위해 5GAA(5G Automotive Association) 단체를 결성하였고, 다양한 use case에 5G를 적용하는 방안 및 성능 평가 방법에 대해 논의하고 있다. 5GAA 에서는 see through, 정밀지도, 자율협력주행

등 6가지 서비스에 대해서 먼저 실증 해보기로 하여 연말까지 각 서비스에 대한 5G 요구사항과 실제의 성능검증을 추진하고, 5G표준화 및 상용화가 완료되는 시점에서는 자율주행이나 원격주행, 주행데이터 분석 등을 포함한 대부분의 automotive use case를 지원할 수 있을 것으로 예상된다.

(7) 기존 ITS 기술과의 Harmonization

2016년 Cellular V2X 표준화 시작시부터 DSRC와 같은 ITS를 위한 무선 기술들은 이미 시범 서비스 되고 있었기 때문에, 3GPP의 Cellular V2X 기술은 DSRC와 harmonize 하기 쉬운 방향으로 표준화를 진행되고 있다. 3GPP에서는 네트워크 계층의 표준화에 집중하고, 애플리케이션 계층의 프로토콜은 WAVE의 프로토콜을 그대로 따르는 등 상호호환성을 높이고자 하며, 국내에서도 TTA SPG35 그룹, TTA PG905그룹, ITS코리아 통신표준 실무반을 통하여 기존 표준들과의 Harmonization이 추진되고 있다.

4. C-ITS용 주파수 대역 (5.855 ~ 5.925 GHz) 공유

(1) 비면허 대역과의 주파수 공유

미국에서는 1989년 2.4 ~ 2.4835 GHz대역과 5.725 ~ 5.875 GHz대역을 비면허 대역으로 할당하였으며, WiFi, 블루투스, 지그비 등이 해당대역을 이용한 서비스가 이루어지고 있다[2]. 유럽 또한 해당 대역을 비면허 대역으로 할당하여 이 대역 중 5.855 ~ 5.875 GHz 대역은 C-ITS를 위해 할당된 대역과 중첩되고 있으며, 이로 인해 유럽은 5.855~5.875GHz 대역은 비안전 서비스를 수행하도록 정의하기도 하였다.

미국은 FCC에서 5.855 GHz 대역을 차량 안전을 위한 서비스로만 사용하도록 정의하였으나, 기존 비면허대역할당을 근거로 주파수의 공유를 주장하여 주파수 공유를 위한 방안과 주파수 혼간섭으로 인한 효과 분석 등을 연구 중에 있다. 또한, 최근에는 스마트폰이 대중화 되면서 폭발적으로 증가한 WiFi 시스템에 대한 실효성을 근거로 C-ITS 주파수에 대한 재배정 논의가 제안되기로 하여 향후의 C-ITS 주파수 대역에 대한 분배에 많은 관심이 모아지고 있다.

2) 47 C.F.R. Part 15

(2) IEEE 802.11p 기반 시스템과 C-V2X 시스템간의 주파수 공유

C-ITS을 위한 V2X 시스템은 WAVE라 불리는 IEEE 802.11p에 기반한 시스템으로 대변되어왔으나, 최근 3GPP에서 이동통신 기반 V2X 시스템 표준을 발표하고, 사용 주파수를 C-ITS 대역으로 선언하면서 해당 주파수에 대한 공유 문제가 이슈화 되었다. C-ITS 주파수 대역은 C-ITS를 위하여 할당된 대역으로 어느 하나의 통신 방식을 특정하지 않았다. 따라서, 양 시스템 모두 주파수를 사용할 권한이 있으나, 이미 기존의 IEEE 802.11p 기반 시스템으로 많은 시범 사업이 수행되어 기존 시스템과의 혼용 시에 발생할 수 있는 문제점들에 대한 논의가 이루어지고 있다.

이 문제는 전 세계적으로 IEEE 802.11p를 사용하지 않는 국가를 제외한 모든 국가에 해당되어 현재는 어느 나라에서 어떻게 문제를 해결하느냐가 초미의 관심사로 떠오르고 있으며, 실제 실험을 통해 양 시스템의 기능, 성능, 효용성, 안정성 등에 대한 분석작업이 수행중에 있다.

우리나라 정부에서도 주파수를 배분하는데 있어 양 진영의 이해를 잘 살펴 피해를 최소화 하고, 이득을 극대화 할 수 있는 방향을 결정하기 위한 노력을 기울이고 있다.

(3) 군용 시스템과의 주파수 공유

최근 국내에서는 군용 시스템의 성능 개선을 위한 주파수 확보를 위해 C-ITS 주파수 대역과의 공유를 추진하기도 하였으며, 상호간의 혼간섭 여부를 확인하기 위한 통신 간섭 시험을 수행하였으나, 심각한 혼간섭으로 인해 통신 지연과 성공률 저하문제가 발생하는 것으로 확인되었다.

[참고문헌]

[1] 3GPP, TR 22.885, “Study on LTE support for Vehicle to Everything (V2X) services”

[2] 3GPP, TS 22.185, “Service requirements for V2X services”

[3] 3GPP, TR 22.886, “Study on enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services”

[4] 3GPP, TS 22.186, “Service requirements for enhanced V2X scenarios”

[5] 3GPP, TR 23.785, “Study on architecture enhancements for LTE support of V2X service”

[6] 3GPP, TS 23.285, “Architecture enhancements for V2X services”

[7] 3GPP, TR 36.785, “Vehicle to Vehicle (V2V) services based on LTE sidelink; User Equipment (UE) radio transmission and reception”

[8] 3GPP, TR 36.885, “Study on LTE-based V2X services”

[9] TTA PG905, TTAK.KO-06.0193/R2, “차량 통신 시스템 Stage2: 아키텍쳐”

[10] Qualcomm, "The path to 5G : Cellular Vehicle-to-Everything(C-V2X)

[11] 5G Forum, "5G Vision, Requirements, and Enabling Technologies", Mar, 2016

[12] 5G Americas, "V2X Cellular Solutions", Oct. 2016

[13] EC, 5GPPP, "View on 5G Architecture", Jul. 2016

[14] NGMN, "V2X White Paper", Jun. 2018

[16] John B. Kenny, Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Standards in the United States, Proceedings of the IEEE 99(7):1162-1182, 2011.8

[17] www.ieee.org/802