5G Forum

교통융합 위원회 백서

2019 5G White Paper



5G Forum

교통융합 위원회 백서

2019 5G White Paper

교통융합위원회 백서

펴낸곳 5G Forum

출판등록 2019년 1월 30일

주소 서울특별시 금천구 가산디지털2로 108, 1101호
(가산동, 뉴티캐슬)

전화 070-8233-3444

팩스 02-2626-8676

홈페이지 www.5gforum.org

디자인 그리니(Griny)

ISBN 979-11-87302-08-7 94560
979-11-87302-07-0 (세트)
〈비매품/무료〉

본 저작물은 5G Forum에서 2019년 작성하여
공공누리 제2유형으로 개방한 '5G Forum 교통융합위원회 백서'을 이용하였으며,
해당 저작물은 '5G Forum, www.5gforum.org'에서 무료로 다운받으실 수 있습니다.

저자권법에 의해 보호받는 저작물이므로 영리행위와 직접 또는 간접으로
관련된 행위를 위하여 이용될 수 없습니다.

Notification

Copyright © 2019 by 5G Forum.
All rights reserved

목 차

약어 1

서론 7

1. 교통 융합 시장 및 기술 동향 13

1.1 C-V2X 적용 분류 및 정의 15
1.1.1 Basic C-ITS 15
1.1.2 Enhanced C-ITS 17
1.1.3 자율 협력 주행 18

1.2 C-V2X 연구 개발 및 실증 동향 19
1.2.1 국내 20
1.2.2 미국 22
1.2.3 유럽 24
1.2.4 아시아 27

1.3 C-V2X 정책 동향 및 방향 31
1.3.1 국내 31
1.3.2 미국 32
1.3.3 유럽 32
1.3.4 아시아 33

2. C-V2X Use Case ····· 35

2.1 3GPP V2X Use Case ····· 37
2.1.1 3GPP LTE-V2X Use Case ····· 37
2.1.2 5G-V2X Use Case ····· 42

2.2 5GAA Use Case ····· 48
2.2.1 5GAA Basic Safety Use Case ····· 48
2.2.2 5GAA Advanced V2X Use Case ····· 51

2.3 국내 C-ITS Use Case ····· 54

3. C-V2X Business Model ····· 57

3.1 C-V2X 구축 ····· 59
3.1.1 C-V2X 네트워크 구축방안 비교 ····· 59
3.1.2 RSU 설치에 따른 V2X 서비스 소요비용 비교 ····· 61

3.2 C-V2X기반 커넥티드 카 BM 분석 ····· 63
3.2.1 차량 관리 서비스 ····· 63
3.2.2 콘텐츠 서비스 ····· 64

3.3 C-V2X기반 자율주행 BM 분석 ····· 66
3.3.1 주문형 교통 서비스 ····· 66
3.3.2 물류 및 배송 서비스 ····· 67

3.4 중소기업을 위한 새로운 사업모델 제시 ····· 69

4. C-V2X 기술현황 71

4.1 C-V2X와 WAVE 기술 비교 73
4.1.1 C-V2X 및 WAVE 플랫폼 구조 73
4.1.2 Radio Access Layer 기술 비교: WAVE IEEE 802.11p VS. LTE PC5 TX Mode 4 74
4.1.3 인접채널 간섭 분석 및 C-V2X와 WAVE 간 Co-Existence Study 78

4.2 C-V2X 무선접속 및 네트워크 기술 현황 80
4.2.1 LTE-V2X 기술 개요 82
4.2.2 LTE-eV2X 기술 개요 87
4.2.3 NR-V2X 기술 개요 92
4.2.4 네트워크/인프라 구축 기술 93
4.2.5 C-V2X Use Case와 기술 진화 95

4.3 C-V2X 시험인증 및 측정 시스템 현황 96
4.3.1 시험기술 표준화 현황 96
4.3.2 시험인증 현황 및 전망 107
4.3.3 시험인증 범위 및 절차 112

5. ITS 주파수 및 규제 115

5.1 국가별 ITS 주파수 사용 현황 및 정책 117
5.1.1 한국 118
5.1.2 미국 119
5.1.3 유럽 124
5.1.4 중국 126
5.1.5 일본 129

5.2 ITS 주파수 사용에 대한 제언 131
5.2.1 주파수 필요 용량 132
5.2.2 복수 개 기술의 ITS 주파수 사용 132

결론 135

참고 문헌 139

백서 편집위원회 145

그림목차

[그림 1-1] C-ITS 기반 교통안전/지능화 서비스 16
[그림 1-2] C-V2X 연구 개발 주요 지역 및 업체 19
[그림 1-3] SAE C-V2X 프로토콜 구조 23
[그림 1-4] 5GAA LTE V2X 기술 전개 로드맵 25
[그림 1-5] Datang LTE C-V2X 상용 모듈(DMD31) 28
[그림 1-6] Huawei Balong 765 칩셋과 RSU 29
[그림 1-7] Huawei C-V2X 로드맵 29
[그림 2-1] 대표적인 V2V Use Case 37
[그림 2-2] 대표적인 V2I Use Case 39
[그림 2-3] 대표적인 V2P Use Case 40
[그림 2-4] 대표적인 V2N Use Case 41
[그림 2-5] Platooning 42
[그림 2-6] 대표적인 Advanced Driving Use Case 43
[그림 2-7] 대표적인 Extended Sensors Use Case 45
[그림 2-8] 대표적인 Remote Driving Use Case 46
[그림 2-9] 5G-V2X General Use Case 47
[그림 2-10] 대표적인 Safety Use Case 49
[그림 2-11] Advanced Driving Assistance Use Case 50
[그림 2-12] Vulnerable Road User Discovery Use Case 51
[그림 2-13] 차세대 ITS 15대 서비스 54
[그림 3-1] LTE V2X 망 구성도 59
[그림 3-2] WAVE, LTE V2X의 하이브리드 망 구성도 60
[그림 3-3] 5G를 이용한 망 구성도 61
[그림 3-4] 차량 관리 서비스 개요 63

[그림 3-5] 차량 관리 서비스 생태계 64
[그림 3-6] 콘텐츠 서비스 개요 65
[그림 3-7] 콘텐츠 서비스 생태계 65
[그림 3-8] 주문형 교통 서비스 개요 66
[그림 3-9] 주문형 교통 서비스 생태계 67
[그림 3-10] 물류 및 배송 서비스 개요 68
[그림 3-11] 물류 및 배송 서비스 생태계 68
[그림 3-12] C-V2X 관련 중소기업 BM 가능 안 69
[그림 4-1] C-V2X Uu 인터페이스 및 PC5 인터페이스 Tx Mode 별 자원 설정 전송 방법 73
[그림 4-2] ETSI ITS 프로토콜 구조 기반 Radio Access 계층 기술 정합 관계 74
[그림 4-3] LTE PC5 TX Mode 4와 WAVE IEEE802.11p 간 전송 자원 할당 기법 비교 75
[그림 4-4] PAPR에 따른 실제(평균) 전송 전력 운용 한계 75
[그림 4-5] Pulse Shaping Filter 적용 상태에서의 OFDMA와 SC-FDMA 간 PAPR 비교 76
[그림 4-6] 다중 차량 주행 모델에서의 통신 거리 대비 PRR 성능 시뮬레이션 결과 77
[그림 4-7] IEEE 802.11 규격 상의 20MHz PPDU 기준 Spectrum Mask 79
[그림 4-8] LTE PC5 TX Mode 4의 자원 설정 기법 79
[그림 4-9] IEEE 기술은 802.11p (DSRC)의 인접 채널 간섭에 따른 PRR 성능 영향도 80
[그림 4-10] 3GPP RAN WG의 V2X 기술 표준화 일정 81
[그림 4-11] 단말 직접 통신 프로토콜 스택 84
[그림 4-12] Sidelink 물리채널의 DM-RS 패턴 84
[그림 4-13] Inter-Carrier 및 Inter-PLMN 의 V2X 서비스 지원 86
[그림 4-14] Sidelink Carrier Aggregation 구조 87
[그림 4-15] Packet Duplication 89
[그림 4-16] 전송 자원 풀 공유 방식 90
[그림 4-17] LTE-V2X와 LTE-eV2X 공존 시 전송 자원 풀 공유 시나리오 90
[그림 4-18] 모드 4 전송 자원 선택 시나리오 중 Resource Selection Widow 운용 91
[그림 4-19] V2X 서비스 네트워크 3GPP 표준 구조 93
[그림 4-20] 3GPP V2X기술, V2X Use Case와 자율주행 발전단계 간 관계 95
[그림 4-21] 전송지연 및 전송대역 요구조건 기준 3GPP 표준화 기술/서비스 96
[그림 4-22] GCF 인증체계 및 절차 114
[그림 4-23] OmniAir 인증체계 및 절차 114

[그림 5-1] 미국 ITS 주파수 채널 사용 119
[그림 5-2] 유럽 5.9 GHz ITS 주파수 최대 불요 발사 125
[그림 5-3] 유럽 63-64 GHz ITS 주파수 126
[그림 5-4] LTE-V2X 주파수 연구 현황 128
[그림 5-5] 단계별 LTE-V2X 테스트 일정 128
[그림 5-6] 일본 ITS 주파수 현황 129
[그림 5-7] 일본 ETC 채널 할당 130
[그림 5-8] 복수 개 기술의 ITS 주파수 사용 시나리오 133

표목차

〈표 1-1〉 자율주행 자동차 발전 단계 18
〈표 1-2〉 국내 C-V2X 실증 사례 21
〈표 1-3〉 SAE DSRC 표준 프로젝트 22
〈표 1-4〉 SAE C-V2X 표준 프로젝트 23
〈표 1-5〉 미국 C-V2X 실증 사례 24
〈표 1-6〉 유럽 C-V2X 실증 사례 26
〈표 1-7〉 중국 C-V2X 표준 연구 27
〈표 1-8〉 아시아 C-V2X 실증 사례 30
〈표 2-1〉 3GPP V2V Use Case 설명 38
〈표 2-2〉 3GPP V2I Use Case 설명 39
〈표 2-3〉 3GPP V2P Use Case 설명 40
〈표 2-4〉 3GPP V2N Use Case 설명 41
〈표 2-5〉 3GPP V2X General Use Case 설명 42
〈표 2-6〉 3GPP Platooning Use Case 설명 43
〈표 2-7〉 3GPP Advanced Driving Use Case 설명 44
〈표 2-8〉 3GPP Extended Sensors Use Case 설명 45
〈표 2-9〉 3GPP Remote Driving Use Case 설명 46
〈표 2-10〉 3GPP 5G-V2X General Use Case 설명 47
〈표 2-11〉 5GAA Safety Use Case 설명 49
〈표 2-12〉 5GAA Convenience Use Case 설명 50
〈표 2-13〉 5GAA Advanced Driving Assitance Use Case 설명 50
〈표 2-14〉 5GAA Advanced V2X Use Case 52
〈표 2-15〉 차세대 ITS Use Case 설명 54

〈표 3-1〉 RSU 미 설치 시 예상 소요비용 62
〈표 3-2〉 RSU 도로주변 설치 시 예상 소요비용 62
〈표 3-3〉 RSU 신호 제어기 설치 시 예상 소요비용 62
〈표 4-1〉 802.11p와 LTE PC5 TX Mode 4 간 물리계층 기술 규격 차이 76
〈표 4-2〉 802.11p와 LTE PC5 TX Mode 4 기술 비교 요약 77
〈표 4-3〉 WAVE, C-V2X 성능 비교 78
〈표 4-4〉 3GPP V2X 기술 별 서비스 성능 요구사항 81
〈표 4-5〉 3GPP V2X 표준화 기술 별 주요 차이점 82
〈표 4-6〉 3GPP V2X QCI 83
〈표 4-7〉 Sidelink 변조, TBS Index 88
〈표 4-8〉 TX 프로파일 92
〈표 4-9〉 V2X 서비스 네트워크 구축 방안 94
〈표 4-10〉 V2X 서비스 네트워크 구축 방안 별 장단점 비교 95
〈표 4-11〉 3GPP 자율주행 기술표준/시험규격 및 GCF 표준적합성 97
〈표 4-12〉 LTE Sidelink V2V 99
〈표 4-13〉 LTE V2X 101
〈표 4-14〉 자율주행 표준화 단계별 인증서비스 예상 시기 109
〈표 4-15〉 OmniAir 공인시험소 110
〈표 4-16〉 OmniAir 공인시험장비(V2X-DSRC Release 1) 110
〈표 4-17〉 OmniAir Connected Vehicle 시험범위 및 계획 111
〈표 5-1〉 국가별 ITS 주파수 현황 117
〈표 5-2〉 한국 ITS 주파수 채널 118
〈표 5-3〉 스퓨리어스 영역의 불요 발사 기준 118
〈표 5-4〉 C-ITS 시범사업용 ITS 주파수 사용 119
〈표 5-5〉 RSU 클래스 120
〈표 5-6〉 미국 ITS 주파수 채널별 파워제한 120
〈표 5-7〉 채널 대역폭 당 Spectrum Emission Limit 121
〈표 5-8〉 Class C 장치의 대역 외 발사제한 121
〈표 5-9〉 미국 ITS 주파수 채널 규제 (RSU) 122

〈표 5-10〉 OBU 용도 채널 사용 123
〈표 5-11〉 유럽 ITS 주파수 124
〈표 5-12〉 유럽 ITS 중심 주파수와 최대 대역폭 124
〈표 5-13〉 유럽 ITS 주파수 송신기 스펙트럼 마스크 (10 MHz 채널 대역 기준) 125
〈표 5-14〉 채널 대역폭별 불요 발사 127
〈표 5-15〉 일본 ITS 서비스별 현황 129
〈표 5-16〉 일본 ETC/ETC2.0 기술 규제 130

약 어

약 어



3GPP	Third Generation Partnership Project
5G	5th Generation
5GC	5G Core-network
5GAA	5G Automotive Association
ACLR	Adjacent Channel Leakage Ratio
AGC	Automatic Gain Control
AMC	Adaptive Modulation and Coding
ASK	Amplitude Shift Keying
CBR	Channel Busy Ratio
CEN	Comité Européen de Normalisation (European Committee for Standardization)
C-ITS	Cooperative ITS
C-V2X	Cellular V2X
CAG	Conformance and Interoperability Agreement Group
DCC	Device Certification Criteria
DCI	Downlink Control Information
DFN	Direct Frame Number
DL	Downlink
DM-RS	Demodulation Reference Signal
DSRC	Dedicated Short-Range Communications
EC	European Commission
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power
EN	European Norm
eNB	E-UTRAN Node B evolved Node B
ETC	Electronics Toll Collection
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU	European Union
E-UTRAN	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network
eV2X	Enhanced V2X
FCC	Federal Communication Commission

FTAG	Field Trial Agreement Group
GBR	Guaranteed Bit Rate
GCF	Global Certification Forum
GNSS	Global Navigation Satellite System
GSM	Global System for Mobile Communications
GSMA	GSM Association
HARQ	Hybrid ARQ
HDR	High Data Rate
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT	Internet of Things
ITS	Intelligent Transport System
I2I	Infrastructure-to-Infrastructure
I2V	Infrastructure-to-Vehicle
LTE	Long Term Evolution
MAC	Media Access Control
MCS	Modulation and Coding Scheme
MNO	Mobile Network Operator
MR DC	Multi RAT Dual Connectivity
NR	NR Radio Access
NTHSA	National Highway Traffic Safety Administration
ng-eNB	Next Generation eNB
OATL	OmniAir Authorized Test Laboratory
OBU	On Board Unit
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OOB	Out Of Band
OOBE	Out Of Band Emission
OQTL	OmniAir Qualified Test Tools
PAPR	Peak-to-Average Power Ratio
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
PHY	Physical Layer
PLMN	Public Land Mobile Network
PPPP	ProSe Per-Packet Priority
ProSe	Proximity based Services
PRR	Packet Reception Ratio
PVD	Probe Vehicle Data
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QCI	QoS Class Identifier
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
PTCRB	PCS Type Certification Review Board
RAT	Radio Access Technology
RF	Radio Frequency

RF Radio Frequency

RLC Radio Link Control

RNTI Radio Network Temporary Identifier

RRM Radio Resource Management

RSSI Received Signal Strength Indicator

RSU Road Side Unit

SAE Society of Automotive Engineers

SCI Sidelink Control Information

SG Steering Group

SL Sidelink

SPS Semi-persistence Scheduling

S-RSSI Serving RSSI

SC-FDMA Single Carrier Frequency Division Multiple Access

SC-MCCH Single Cell Multicast Control Channel

SC-PTM Single Cell Point to Multipoint

TB Transport Block

TBS TB Size

TTCN Testing and Test Control Notation

UMTS Universal Mobile Telecommunications System

UL Uplink

UTC Coordinated Universal Time

V2I Vehicle-to-Infrastructure

V2N Vehicle-to-Network

V2P Vehicle-to-Pedestrian

V2V Vehicle-to-Vehicle

V2X Vehicle-to-Everything

VRU Vulnerable Road User

WAVE Wireless Access in Vehicular Environment

WCDMA Wideband Code Division Multiple Access

WI Work Item

5G

서 론

서 론



본 백서는 5G 포럼 교통융합위원회의 결과물로서, C-V2X 기술을 활용한 기본 교통안전 서비스 (Basic Safety Service) 부터 자율주행 (Automated Driving)을 위한 서비스, 그리고 Infotainment 서비스 지원을 위한 교통 융합 시장 및 기술 동향, C-V2X Use Case, C-V2X Business Model, C-V2X 기술현황 및 ITS 주파수 및 규제 전반에 대하여 기술한다. 즉, 표준화와 주파수 할당을 포함한 기술적인 측면 만이 아닌, 서비스 및 비즈니스 모델에 대한 분석 결과까지 포함하는 내용으로 구성되어 있다.

5G 포럼 교통융합위원회는 2017년 9월 TF (Task Force) 형태로 창립되었으며, 2018년 1월부터 위원회로서 활동하고 있고, 현재 참여위원수는 Vertical 산업 분야를 포함하여 80여 명에 이르고 있다. 교통융합위원회의 활동 목표는 크게 C-V2X 사업환경 조성과 C-V2X 생태계 구축으로 나누어 볼 수 있으며, C-V2X 사업환경 조성을 위한 세부활동목표는 다음과 같다.

- C-V2X의 기술/사업 우수성 및 Use Case 홍보
  : 백서 작성, 정책 제안, 워크샵 개최, 등
- C-V2X 서비스 및 사업 모델 개발
  : 주파수 활용 방안, 구축방안, 서비스 모델 등 개발
- C-V2X 기술 동향 파악, 표준화 연계 및 기술 개발/검증 환경 조성
  : 국제 동향 분석, 표준화/정책 방향 제언, C-V2X 검증 환경 조성

또한, C-V2X 생태계 구축을 위한 세부활동목표는 다음과 같다.

- 국내 C-ITS 및 자율주행차 사업 주체와의 교류 확대
  : 정부 및 산하 기관, 산업계, 학계, 포럼 등 과의 교류
- 해외 C-ITS 및 자율주행차 사업 주체와의 교류 확대
  : 5GAA, IMT2020PG, 5GPPP 등 과의 교류
- 국내 산업 생태계 구축 및 중소기업 지원
  : 기업 간 정보 교류, 중기/벤처 대상 현황 공유

창립 이 후 교통융합위원회의 의미 있는 주요활동은 다음과 같다.

■ 월 정례회의 개최

: 2017년 9월부터 월 1회 정례회의 진행

정례 회의에서 Vertical 산업 군 (한국교통안전공단, 도로공사, 현대자동차 등) 및 회원사 발표를 통한 현황 및 이슈사항 공유/논의

■ C-V2X 사업 환경 조성 / 생태계 구축

: V2X 추진협의회 - 국토부와 5회 이상의 회의를 통한 C-V2X 기술, 시장, 주파수, 사업자 역할 등에 대한 설명회 개최 (1710-1712)

: 과기정통부 C-V2X 정책 지원 - 과기정통부 해당 부서들과 5회 이상의 회의를 통한 C-V2X 기술, 시장, 주파수 소요량, 사업모델 등에 대한 설명 및 정책지원 (1710 -)

: 워크샵 개최 - 자율주행과 IoV (Internet of Vehicles) 기술 워크샵 (180517)

: 과기정통부 대상 C-V2X 현황 보고서 발행 (1806)

: Giga Korea 사업단 5G 융합과제 5G-AutoDrive 지원 사업 수행 (1809 -)

: 국회 C-V2X 기술 설명회 개최 및 후속 자료 발행 (1811)

: TTA SPG35 표준화 기술문서 기고/승인 (1811)

: 교통융합 백서 작성 (1811)

■ 교통분야 Relationship 확보

: 정례회의에 교통 산업 군 초대 및 위원회 가입 유도 (총 위원 중 Vertical에 해당되는 한국교통안전공단, 전자부품연구원, 지능형자동차부품연구원, 현대자동차, 한국도로공사, 한국교통연구원 등 11명)

: 한국교통안전공단 자동차안전연구원 및 K-City 방문/견학/데모 (180615)

: 교통 산업군의 5G포럼 가입 추진 및 교통 산업 내 포럼과의 MoU 추진 중

: 중국 IMT2020PG C-V2X WG과의 전문가회의 (1712)

: 일본 5GMF와의 협력 논의 (1811)

: 18년 1월 5GAA와의 워크샵 및 MoU 추진 예정 (1901)

C-ITS (Cooperative-Intelligent Transport System) 란 도로 상의 차량이 차량간 통신 (Vehicle-to-Vehicle; V2V), 차량과 도로시설물과의 통신 (Vehicle-to-Infrastructure; V2I), 차량과 보행자 간의 통신(Vehicle-to-Pedestrian; V2P), 그리고 차량과 네트워크 상 응용 프로그램과의 통신(Vehicle-to-Network; V2N)을 통해, 내 차량의 상태 뿐 아니라 도로 상의 다른 차량의 운행 상태, 도로의 차량 운행 흐름 및 보행자 상태, 신호 상태 등을 종합적으로 활용하여 운행의 안전성과 도로의 효율을 극대화하는 시스템으로, 기존의 ITS에 비해 C-V2X (Cellular-Vehicle- to-Everything) 통신을 적극 활용한 협력적

지능형 교통시스템이다. 최근에는 도로와 차량의 다양한 센서와 동영상 정보를 활용하여 클라우드 시스템에서의 빅데이터 분석과 인공지능의 활용을 통해 보다 효율적인 도로교통시스템을 구축하여 보다 향상된 서비스를 제공하는 추세이다. C-ITS는 운전자 안전도를 포함한 기본 교통안전서비스 향상, 대중교통 효율 향상, 도로교통 및 도시 내 혹은 도시 간 물류 흐름 최적화, 등에 기여할 것으로 기대되고 있으며, 자율주행의 효율과 안전성 향상에도 주요한 역할을 수행할 것으로 기대된다.

C-V2X를 활용한 자율주행차량은 5G 이동통신이 Vertical 영역과 접목되는 분야 중에서도 가장 먼저, 그리고 5G 이동통신의 eMBB와 URLLC의 기술적 요구사항을 직접 필요로 하는 분야로서, 이러한 기술진화에 의하여 사회적/경제적으로 막대한 편익이 예상된다. EU에서의 다양한 해당 데이터를 활용한 5GAA 보고서에 의하면, C-V2X 기술활용에 의한 향상된 교통안전서비스로 인하여 2040년까지 EU 내에서 교통사고로 (차량 단일사고 제외) 인한 사상자/중상자 수를 약 60,000/660,000 명 감소시키며, 이는 경쟁기술인 WAVE와 비교하여 무려 50/80 % 이상의 사고율 감소를 제공하는 것으로 분석되고 있다. 이러한 비교는 경쟁기술과의 공정한 비교를 위하여 V2V와 V2I 활용 측면 만을 고려한 결과로서, 경쟁기술이 갖지 못한 C-V2X 기술의 V2N과 V2P 활용 측면을 고려하지 않고 얻은 결과이다. 또한, 2023년에 C-V2X의 V2V와 V2I 기술이 EC에 의하여 필수적용기술로 제정되는 경우, V2X 기술을 적용하지 않는 경우와 비교하여 약 27 Billion EURO의 사회/경제적 비용절감효과가 발생되며, 이는 경쟁기술이 2020년 적용되는 경우와 비교하여 약 35%의 비용절감효과가 제고되는 것으로 분석되었다.

C-V2X 기술에 의하여 제공이 예상되는 서비스는 5.9 GHz 주파수대역에서 LTE-V2X 기술을 활용한 공공 Basic Safety 서비스를 Day 1 및 Day 1.5 서비스로 시작하여, eV2X, 그리고 5G-V2X기술을 활용한 진정한 자율주행서비스에의 적용으로 진화할 것으로 기대된다. 즉, 5.9 GHz에서는 공공주파수를 활용하여 정부/지자체가 제공하는 Basic Safety 서비스가 제공될 것이고, 4/5G 주파수 대역에서는 고도화된 자율주행 서비스와 Infotainment 서비스가 제공될 것으로 기대된다. 또 다른 분석자료에 의하면 2050년 세계 50대 혼잡한 도시에서 연간 2억 5천만 출퇴근시간을 절약할 수 있다고 예측하였으며, 이 막대한 시간의 시장규모는 2,030억 USD로 기업들에게는 새로운 비즈니스 창출의 기회가 될 수 있다.

또한, 3장에서 상세히 언급되어 있지만 C-V2X 망 구성방안으로는, 5G 상용망을 구축하는 민간 사업자의 슬라이싱 된 C-V2X 망을 공공 교통안전서비스를 제공을 위하여 정부/공공기관 주체가 대여하는 방식으로도 구축/운용될 수 있으며, 위에서 언급한 서비스의 종류/형태와 망 구성/운영 형태에 따라 정부/공공기관과 민간사업자가 각자의 궁극적인 서비스/사업/기술 목표를 가지고 5G 망을 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

본 백서의 구성은 다음과 같다.

- 1장에서는 C-V2X 적용 분류 및 정의를 시작으로, 국내 및 유럽/미국/아시아 각 국의 C-V2X 연구 개발 및 실증 동향과 C-V2X 정책 동향 및 방향에 대하여 분석한다.

- 2장에서는 3GPP와 5GAA에서 정의한 단계별 C-V2X Use Cases를 분석하고, 국내에서의 C-V2X Use Cases에 대하여 언급한다.
- 3장에서는 다양한 C-V2X 네트워크 구축방안을 비교/분석하며, C-V2X 기반 커넥티드 카 (Connected Car) BM및 C-V2X 기반 자율주행 BM에 대한 분석, 그리고 중소기업을 위한 새로운 사업모델을 제시한다.
- 4장에서는 C-V2X와 WAVE 기술 비교, C-V2X 무선접속 및 네트워크 기술 현황, 그리고 C-V2X 시험인증 및 측정 시스템 현황 등 C-V2X 자율주행 기술현황에 대하여 언급한다.
- 5장에서는 국가별 ITS 주파수 사용 현황 및 정책과 더불어, ITS 주파수 사용에 대한 제언으로서 ITS 주파수 및 규제에 대하여 언급하고,
- 6장에서 본 백서의 결론을 맺는다.

2017년 9월 5G 포럼 내 교통융합위원회가 창립된 이후로 Vertical 산업군과의 연계확대, C-V2X 기술 분석 및 홍보, 주파수 활용 및 망 구축/사업모델 분석을 포함한 정책 제안 등의 활동으로 그 간 불철주야 노력하신 교통융합위원회의 모든 운영위원들께 감사를 드린다. 또한, 각자의 주 업무가 있음에도 불구하고, 교통융합위원회의 운영을 위하여 노고를 아끼지 않으신 우리 위원회 집행부인 부위원장과 간사 분들께 진심으로 감사를 드린다. 끝으로, 본 백서편집을 위하여 바쁜 일정에도 원고 작성/편집회의/검토 등 업무에 귀중한 시간을 내어 주신, 황승훈 백서편집위원장, 강현정 백서편집 부위원장 이 하, 모든 백서편집위원들께 엎드려 감사를 드린다. 본 위원회의 백서 초판 작성을 시작으로, 앞으로 영문판과 개정판 등 지속적인 백서 제/개정판 작업이 진행될 예정이다. 마지막으로, 우리 교통융합위원회가 대한민국은 물론이고 전 세계적으로 C-V2X 기술을 적용하여 궁극적으로 자율주행서비스를 활성화 시키는 주역이 될 것으로 확신한다.

2018년 11월 어느 주말

5G 포럼 교통융합위원회 위원장 교수 **장경희**

1. 교통 융합 시장 및 기술 동향

1. 교통 융합 시장 및 기술 동향

1.1 C-V2X 적용 분류 및 정의

C-V2X 기술은 도로에서 운전자와 보행자(자전거 등 탈 것 포함)의 안전을 향상시키기 위한 서비스, 도시에서의 교통 흐름 효율성을 향상시키기 위한 서비스, 운전자의 편의 향상을 위한 서비스, 자율주행의 안전과 효율 향상을 위한 서비스를 제공하는 목적으로 개발되고 있다. C-V2X가 적용되는 사업별로 분류하면 크게 C-ITS와 자율주행으로 분류할 수 있으며, C-ITS는 기술과 서비스의 수준에 따라 Basic C-ITS와 Enhanced C-ITS로 분류할 수 있다.

1.1.1 Basic C-ITS

C-ITS (Cooperative Intelligent Transport System)는 ITS (Intelligent Transport System)의 발전된 형태로서, ITS가 기술을 활용하여 도로와 차량의 안전과 편의를 향상시키는 데 주안점을 두었다면, C-ITS는 도로의 차량, 보행자, 도로 인프라 등 도로의 구성 요소들이 통신을 통해 정보를 교환하고 이를 바탕으로 도로와 차량의 보다 향상된 안전과 편의를 목적으로 한다는 데 차이가 있다. C-ITS는 차량, 보행자를 포함한 도로 이용자의 안전을 높이는 서비스, 도시 교통 흐름 향상을 위한 서비스와 함께 자율주행 발전단계의 단계 3에서의 안전성 강화뿐만 아니라 단계 4/5로 도약 발전하기 위한 핵심 기술로서 교통 정보의 효과적 교환 및 공유와 이를 수집, 관리, 통제하는 역할을 수행한다.

- C-ITS 정보 교환 주체: 차량, 도로 ITS 장비(Road Side Unit), 보행자
- 교통 정보센터를 통한 차량, 교통, 도로 정보의 종합적 수집, 관리, 통제

C-ITS의 종래 주요 서비스는 도로·교통안전, 도시 교통 흐름 최적화를 위한 목적과 자율주행 지원을 위한 기본적인 기능을 제공하는 목적으로 구성되었다. 국내 국토교통부 추진 C-ITS 사업은 다음 [그림 1-1]과 같이 15개의 C-ITS 기반 교통안전·지능화 서비스에 대한 국가 추진 계획이 수립되어 진행 중이며, 향상된 안전 서비스와 자율주행차량의 상용화에 맞춰 관련 서비스로의 진화를 도모할 필요가 있다.



[그림 1-1] C-ITS 기반 교통안전/지능화 서비스

유럽에서는 C-ITS 플랫폼 사업 보고서에서 C-ITS 서비스에 대한 우선순위를 정하였으며, Day 1 서비스와 Day 1.5 서비스로 분류된 C-ITS 서비스는 다음과 같다.

■ Day 1 서비스

- 위험 지역 경고
  - 전방 저속 차량 혹은 정체 경고
  - 도로 공사 경고
  - 날씨 상황 경고
  - 비행 브레이크 경고등
  - 비상 차량 접근
  - 기타 위험 상황 경고
- 신호 정보
  - 차량 내 신호 정보
  - 차량 내 속도 제한
  - 신호 위반/교차로 안전
  - 지정 차량에 대한 교통 신호 우선 순위

- 녹색 신호등 적정 속도, Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA)
- 차량 데이터 감지
- 충격파 저감 (Shockwave Damping, Local Hazard Warning)

■ Day 1.5 서비스

- 주유소 정보
- 보행자/자전거 보호
- 도로변 주차 공간 관리/정보
- 도로 밖 주차 공간 정보
- 주차/주행 정보
- 네비게이션
- 교통 정보 및 스마트 주행 안내

C-ITS의 핵심적 중추 기능인 차량, 도로 장비, 보행자 및 교통 정보 센터 간 정보 교환 및 공유를 효과적으로 지원하는 무선 통신 기술이 V2X(Vehicle-to-Everything)이며 이에 대한 글로벌 무선 통신 규격 표준화가 다음과 같이 진행되고 있다.

■ IEEE802.11p 무선통신 기술 기반: WAVE (IEEE), DSRC (SAE)

■ 3GPP 셀룰러 무선통신 기술 기반: C-V2X

1.1.2 Enhanced C-ITS

국토부의 15개 C-ITS 와 유럽의 Day 1 혹은 Day 1.5 서비스에 더해서, 5G를 포함한 기술의 진보는 보다 향상된 안전 서비스와 교통 흐름 최적화 서비스를 가능하게 한다. 차량에 비디오 센서를 포함한 다양한 종류의 센서를 추가하여 전방차량 앞의 시야 확보가 어려운 상황을 비디오로 전송 받아 운전자에 제공하는 See-Through 서비스, 교차로 등에서의 사각지대 상황을 공중에서 확보한 영상이나 다른 방법을 통해 제공하는 Bird Eye View 등의 보다 향상된 안전 서비스가 가능하다. 차량의 고도화된 센서와 센서 데이터를 실시간 공유할 수 있는 통신 기술은 차량의 의도, 속도, 방향, 위치 정보를 공유하여 충돌을 회피할 수 있을 것이며, 교차로에서는 주변 차량에서의 데이터 취합하고 비디오 분석을 통해 사고를 미리 예방할 수 있도록 차량이나 보행자 등에 경고를 포함한 필요 조치를 취할 수 있을 것이다. 도로 교통 향상 서비스로서, 도로변 주차장을 포함한 주차 공간에 대해 비디오 등으로 주차 가능 공간을 확인하고 주차를 원하는 차량에 제공하여 주차 공간 효율성을 높이고 도로효율을 향상 시키는 것이 가능하다. 현재 서비스 중인 Uber 등의 공유 경제는 그 효율을 더욱 향상시킬 수 있을 것이며, 렌터카, 대중교통, 자전거 등 다양한 교통 수단을 통합한 Mobility-as-a-Service(MAAS)도 가능할 것이다.

1.1.3 자율 협력 주행

자율주행 자동차 산업은 교통/환경 분야 공공 이익 강화와 4차 산업혁명에서 이종 산업 간 기술 융복합의 제1 첨병으로서 국가 산업경쟁력 신규 창출의 중요 수단으로 발전하고 있다.

- 공공 이익 강화 분야: 교통 안전, 교통 효율, 대기 환경
- 산업 융복합 요소: 자동차/도로 기술과 ICT (통신, 센서, 컴퓨터) 기술 간

자율주행 자동차는 이하 〈표 1-1〉의 단계 1에서 단계 5를 향해 발전하고 있으며 국내는 2020년 자율주행 단계 3의 상용화를 국가 목표로 추진하고 있다. 일부 차량 업체는 자율주행 단계 3에서 바로 단계 5 실현으로의 개발을 진행하고 있다.

〈표 1-1〉 자율주행 자동차 발전 단계

단계	주요 제공 기능	비고
단계 0: 비 자동화	일련의 주행 보조 기능 제공 없이 운전자 수동 주행 전개	
단계 1: 운전자 보조	운전자 완전 통제 하에 주행 보조 기능 제공 차선이탈 방지, 크루즈 컨트롤	
단계 2: 부분 자동화	운전자 부분 통제 하에 주행, 감속 제어 기능 제공 스마트 크루즈 컨트롤	
단계 3: 조건부 자동화	운전자 통제 우선권 하에 조건 충족 시 자율 주행 전개 도로 상황 파악 및 분석 기능	현 기술 실현 단계
단계 4: 고도 자동화	차량 통제 우선권이 운전자로부터 차량 자율주행 제어 장치로 이관 위급 상황에서 운전자 개입 가능	
단계 5: 완전 자동화	운전자 개입 가능성을 배제하고 차량 통제 우선권을 차량 자율주행 제어 장치로 완전 이관	최종 자율주행 단계

자율주행에서도 통신은 필수적이다. 레이다, 라이다를 포함한 다양한 센서 데이터를 차량 간에 공유하여 안전과 효율을 향상시키는 서비스, 동적 고해상도 3D 지도를 구축하기 위한 데이터의 공유, 군집 주행(Platooning)과 원격 운전 등에 C-V2X 기술은 중추적인 역할을 가진다.

1.2 C-V2X 연구 개발 및 실증 동향

C-ITS와 자율 협력 주행을 위한 V2X 통신 기술은 차량간 통신, 차량과 도로 인프라 시설물간 통신, 차량과 보행자간 통신, 차량과 네트워크 간의 통신을 통해 안전한 도로, 효율적 주행, 대기 오염 절감 및 더 나은 주행 경험을 제공해 준다. 셀룰러 기반 차량 사물 통신 기술인 C-V2X는 통신 범위 확장, NLOS 환경에서의 성능 향상, 패킷 오류율 감소를 통한 신뢰도 향상 및 전송 용량 확대를 제공한다. 그리고, 차량이 밀집된 환경에서 IEEE 802.11p 기반 무선 기술보다 우수하게 혼잡을 제어하는 특성을 가지며 예측 가능하고 균일한 성능을 보장한다. 이러한 장점으로 자동차 산업 생태계 전반에서 C-ITS와 자율 협력 주행을 위한 기반 통신 기술로 전폭적인 지원을 받고 있으며, 자동차의 안전과 미래의 자율 주행에 있어 핵심 기술이 될 것으로 기대되고 있다. 본 절에서는 주요 국가의 연구기관 및 표준화 단체, 장비 제조자, 통신 사업자, 자동차 업체 등에서 진행되고 있는 C-V2X 관련 기술의 연구 개발 및 실증 동향에 대하여 기술한다. [그림 1-2]은 C-V2X의 연구 개발과 실증이 진행되고 있는 주요 국가와 기관 및 업체 등을 도시한다.



[그림 1-2] C-V2X 연구 개발 주요 지역 및 업체

1.2.1 국내

1.2.1.1 연구개발 동향

5G 상용화 및 5G 융합서비스를 촉진하는 민·관 합동 포럼인 5G 포럼내 교통융합위원회는 국내에서 이동통신 산업과 교통 및 자동차 산업의 융합을 지원하기 위하여 C-V2X에 대한 연구를 선도하는 연구단체이다. 교통융합위원회는 C-V2X 검증 환경 구축과 R&D 방향을 제안하고 국제표준 동향과 연계한 국내 표준화 지원을 통해 C-V2X 사업 환경을 조성하고, 국내외 C-ITS 및 자율 주행차 사업 주체와의 협력관계를 구축하는 것을 목표로 활동하고 있다. 해당 위원회에서는 국내 최초로 C-V2X의 시장 및 기술 동향, 사용 사례, 비즈니스 모델, 검증 방법, V2X 기술 특징 및 비교를 망라하는 기술 백서를 2018년 12월에 발간할 계획이다. 과학기술 정보 통신부는 C-V2X의 기술 활성화를 위하여 2019년 초에 5.9GHz 대역에서 10~20MHz 대역폭의 시범 주파수를 제공하고 2019년 3분기까지 TTA에 C-V2X 국제 표준 테스트베드를 구축하여 5.9GHz 시험 주파수를 활용한 C-V2X 기술 검증과 초기 국제 표준에 대한 시험 인증 시설을 확보할 예정이다. 또한, C-V2X 응용 기술의 조기 확보를 위하여 자율 주행을 위한 5G 융합 서비스 실증 사업을 진행하고 있다. LG전자는 2017년 3월에 완료된 Release 14 LTE V2X 표준에 이어 2018년 6월에 완료된 Release 15 LTE eV2X(Enhanced V2X) 표준과 2019년 12월을 목표로 하는 5G NR 기반 eV2X(Enhanced V2X) 표준에 대한 3GPP C-V2X 표준화 주관사의 역할을 수행하고 있다. 특히, 6GHz 이하에서 V2X의 신호구성 및 효율적인 다중접속 방식 등에 대한 표준을 확보하여 자동차 전장 사업과 연계된 국내외 시장을 주도할 것으로 예상된다. 삼성전자는 28GHz의 밀리미터파 대역에서의 5G 통신 시스템을 개발하여 2018년 K-city 내에서 자율 주행 시험을 위한 5G 통신 기술을 제공하였다. 또한, 삼성전자는 Harman사의 협력으로 업계 최초로 5G 기반의 텔레매틱스 솔루션을 개발하여 CES 2018 행사에서 공개하였다. 삼성은 해당 5G 솔루션을 탑재하는 유럽 시장용 완성차를 2021년 상용화하는 계획을 가지고 있다. SKT는 2017년 10월 자율 주행 원천 기술 개발과 조기 자율 주행 상용화의 실현을 위해 산학연 공동연구 연합체인 “AROUND Alliance”를 설립하고 C-V2X를 활용한 차량과의 협력 주행, 차량-사물인터넷간 안전 정보 교환 분야 등의 공동 연구를 추진하고 있다. 현대자동차는 2016년 6월부터 국토교통부가 추진하고 있는 스마트 자율 협력 주행 도로 시스템 개발 과제에 참여해 V2X 인프라 연계 자율주행시스템을 개발하였다. 2018년 7월에는 이스라엘 통신 칩셋 설계 업체인 Autotalks와 전략적 제휴를 통해 3GPP Release14 PC5 직접 통신을 지원하는 커넥티드 카용 차세대 칩셋의 개발 및 도입을 가속화하고 있다.

1.2.1.2 실증 동향

국내에서 C-V2X의 적용에 따른 실증은 국내 통신 사업자, 장비 제조업체, 자동차 업체 간의 협업을 통한 시연과 정부 부처, 지자체 등의 주도로 기업체의 협업으로 이루어지는 실증 단지 구축 등으로 활발하게 진행되고 있다. 〈표 1-2〉에서 국내에서의 C-V2X 실증 사례에 대하여 정리한다.

〈표 1-2〉 국내 C-V2X 실증 사례

기관/기업/지자체	국가	시기	분야	내용
LG전자	대한민국	2017.12	시연	국내 최초 LTE C-V2X를 활용한 자율주행 안전 기술 개발 및 자동차안전연구원 주행시험장과 과천 일반도로에서 시연
SKT	대한민국	2018.02	시연	화성 K-City에서 5G C-V2X 기반 자율 주행차 간 협력 운행 시연
SKT	대한민국	2018.01	전시	CES 2018에서 기아자동차와 협업으로 5G를 활용한 자율 주행 체험 기술 전시
SKT	대한민국	2018.05 ~2021.12	실증 과제	자율 주행 대중 교통 체계를 구축하기 위한 국토부 주관의 '자율주행 기반 대중교통시스템 실증 연구' 과제 수행
SKT	대한민국	2018.11	시연	일반인 100명을 상대로 자율주행 기반 카셰어링 시연으로서, 사용자 스마트폰의 어플리케이션부터 C-V2X를 통한 관제센터, 신호등, 자율주행차까지 이르는 종단간 서비스 시연
KT	대한민국	2018.04	시범 시험	평창 및 판교 일원에서 C-V2X 기술 활용한 자율협력주행 버스 시범 운영
KT	대한민국	2017.10 ~2019.12	실증 과제	5G 자율 주행 실증 단지 구축을 위해 경기도시공사와 13만평에 이르는 '판교제로시티 자율주행 실증 단지 구축'사업 수행
KT	대한민국	2018.05 ~2021.12	실증 과제	대구도시공사와 대구 수성알파시티에 5G 자율주행 실증 인프라를 구축하고 AI기능을 탑재한 자율주행 셔틀 서비스를 제공하는 '5G-V2X 기반의 C-ITS 자율주행서비스 개발·실증 사업" 수행
KT	대한민국	2018.07 ~2020.12	실증 과제	오차범위를 30cm 이하로 줄인 LTE 기반 초정밀 측위 기술과 LTE C-V2X 및 WAVE 기술을 활용한 '제주특별자치도 C-ITS' 사업 수행
서울시	대한민국	2018.05 ~2019.12	실증 과제	2019년까지 국토부와의 협력으로 250억 정도의 예산으로 상암 DMC 도로에 C-V2X와 WAVE를 수용하고 버스 1600대와 택시 100대 정도의 자율주행을 지원하는 '고도자율협력주행 시범지구' 조성

1.2.2 미국

1.2.2.1 연구개발 동향

SAE(Society of Automotive Engineer) International은 DSRC 기술 위원회를 구성하여 2014년 4월부터 ETSI ITS WG1과 IEEE1609 WG 와의 협력을 통해 DSRC 기반의 V2X 응용 표준을 개발해 왔다. “Crosscutting TF”, “V2V Safety Awareness TF”, “V2V Cooperative Automation TF”, “V2I I2V TF”, “V2Other TF”의 5개의 태스크 포스를 통해 다음 〈표 1-3〉과 같은 11개의 표준 프로젝트를 추진하였다.

〈표 1-3〉 SAE DSRC 표준 프로젝트

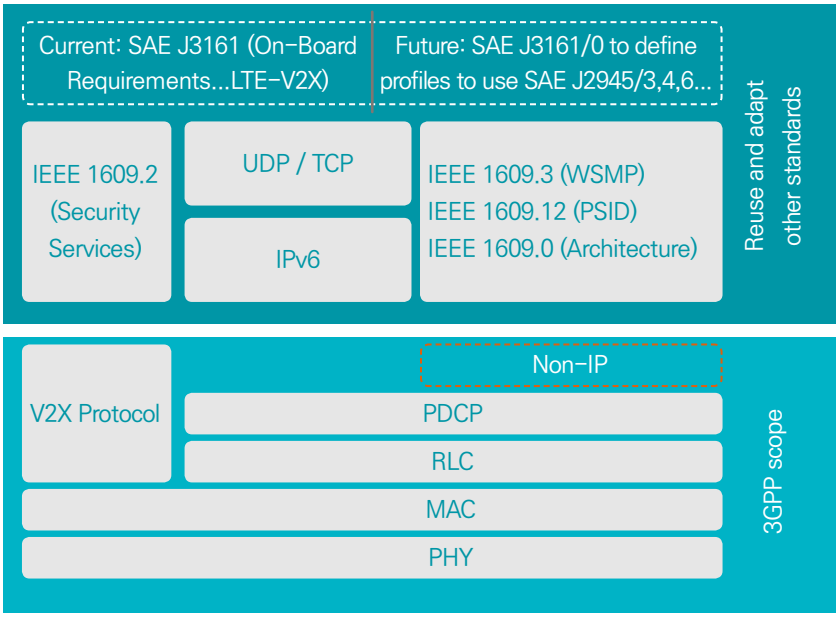
코드	명칭	상태
J2735	Message Set Dictionary(BAM, Map, SPaT, PSM, TIM)	Published
J2945/0	Systems Engineering Process Guidance for J2945/x Documents and Common Design Concepts	Published
J2945/1	On-Board System Requirements for V2V Safety Communications	Published
J2945/2	Performance Requirements for V2V Safety Awareness	In Process
J2945/3	Requirements for V2I Weather Applications	In Process
J2945/4	V2I Road Safety Applications	In Process
J2945/6	CACC/Platooning Performance Requirements	In Process
J2945/9	V2P Safety Message Minimum Performance Requirements	Published
J2945/10	Map/Spat Message	In Process
J2945/11	Signal Preemption	In Process
J2945/12	Traffic Probe Use and Operation	In Process

자율 주행 분야에서 부상하고 있는 LTE 및 5G C-V2X 기술에 대응하여, SAE International은 2017년 6월 C-V2X 기술 위원회를 구성하였다. C-V2X 기술 위원회는 LTE V2X에 대한 응용 및 성능 요구사항에 대한 연구를 수행하는 “C-V2X Direct Communication TF”, 5G-V2X 응용에 대한 연구를 수행하는 “C-V2X Advanced Application TF”, 운용 및 사업자 관점에서 표준을 연구하는 “C-V2X Road Operators TF” 등의 3개의 태스크 포스를 통해 다음 〈표 1-4〉와 같은 두 개의 프로젝트를 진행 중이며, 3GPP RAN WG 및 ITU-R WG5A와 표준 협력 관계를 유지하고 있다.

〈표 1-4〉 SAE C-V2X 표준 프로젝트

코드	명칭	상태
J3161	On-Board System Requirements for LTE V2X V2V Safety Communications	In Process
J3186	Maneuver Sharing and Coordinating Service	In Process

C-V2X 기술 위원회는 PC5상에서 Full Featured IEEE 1609.3을 지원할 수 있는 미디어 독립성(Media Independence)을 제공하고, PC5를 기반으로 DSRC와 같이 BSM(Basic Safety Message), SPAT(Signal Phase and Timing), MAP(MapData), PSM(Personal Safety Message)을 전송할 수 있도록 하는 [그림 1-3]의 프로토콜 구조를 목표로 표준화를 진행하고 있다.



[그림 1-3] SAE C-V2X 프로토콜 구조

자율주행과 커넥티드 카 분야의 기술 개발, 성능 개선, 양산성 검토, 표준화 구축 등을 목적으로 설립된 미국 연방정부 공인 산학협력기관인 ACM(American Center for Mobility)은 미시간주 디트로이트에 4G/5G C-V2X 통신 환경을 갖춘 자율주행 연구 인프라와 제품 개발 주행 시설 등을 제공하는 61만평 규모의 연구단지 건립 프로젝트를 2019년을 목표로 추진하고 있다. Qualcomm Technologies

Inc.는 2017년 1월 3GPP Release14의 PC5 직접 통신(Direct Communication)을 기반으로 한 C-V2X 솔루션인 Qualcomm® 9150 C-V2X 칩셋을 발표하였다. Qualcomm 9150 C-V2X 칩셋은 직접 통신과 네트워크 기반 통신 방식의 두 가지 전송 모드를 포함하고 있으며 통신 거리(범위)의 확장, 향상된 안전성, 비가시 환경에서의 성능 유지, SIM(Subscriber Identity Module)이 필요 없는 동작을 지원하여 안전 및 자율 주행을 위한 주요 기능을 제공한다. C-V2X 솔루션을 통하여 주행 안전 요건을 강화하기 위한 자동차 회사들의 요구에 맞춰, 2018년 하반기에는 세계 최초로 C-V2X 상용화 샘플이 제공될 예정이다. Ford는 C-V2X 통신 기술을 기반으로 운전 중 안전 기능을 보장하는 말하는 자동차를 개발 중에 있으며, 델파이는 2017년부터 AT&T 및 Ford와 함께 LTE기반 V2X 심화 통신 플랫폼을 개발 중이다.

1.2.2.2 실증 동향

미국에서 C-V2X의 적용에 따른 실증은 C-V2X 칩셋 제조사인 Qualcomm을 중심으로 5GAA 멤버사, 자동차 업체인 Ford 그리고 자치주와의 협력을 통해 진행되고 있다. 〈표 1-5〉에서 미국에서의 C-V2X 실증 사례에 대하여 정리한다.

〈표 1-5〉 미국 C-V2X 실증 사례

기관명	국가	시기	분야	내용
Qualcomm	미국	2017.12	시범 시험	AT&T, Ford, Nokia와의 협업으로 미국 최초로 샌디에고 주행 시험장에서 LTE C-V2X 시험 주행
Qualcomm	미국	2018.06 ~2018.12	실증 과제	Ford, 파나소닉과 협업으로 덴버 I-70 Mountain Corridor에 C-V2X 환경 구축
Ford	미국	2018.05	시범 시험	5GAA, Audi, Ford, Qualcomm과 협업으로 워싱턴 D.C.에서 C-V2X 직접 통신 시연
Ford	미국	2017.06 ~2018.06	시험	Qualcomm 및 Datang과의 협업으로 미시건과 샌디에고에서 C-V2X 차량 장치 시험

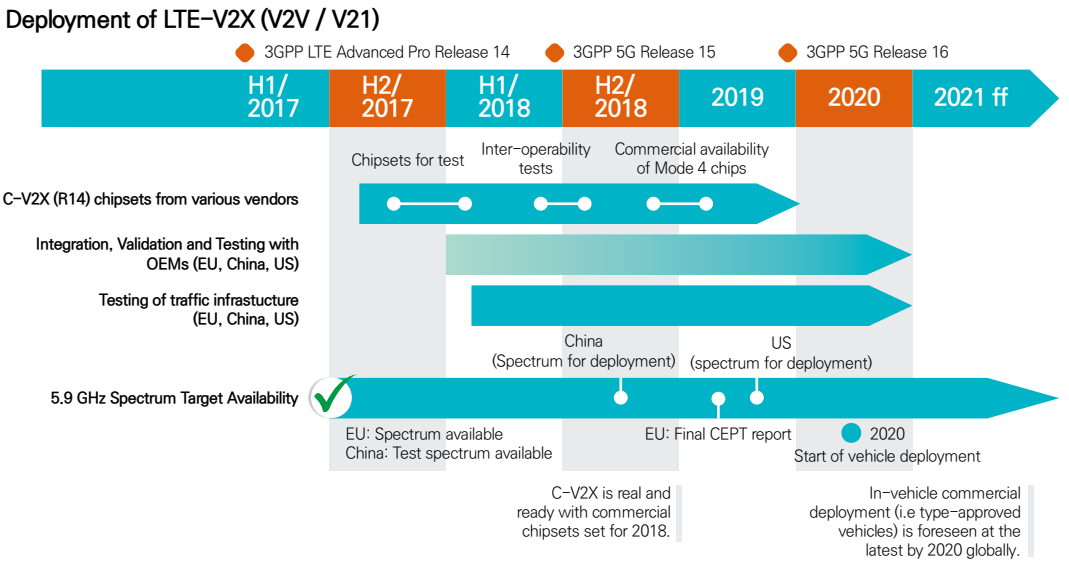
1.2.3 유럽

1.2.3.1 연구개발 동향

5GAA(5G Automotive Association)는 이동 통신 사업과 자동차 제조사를 연결하여 미래의 이동 시스템 및 운송 서비스를 위한 종단간 솔루션을 개발하기 위한 연구 단체로 2016년 9월에 창설되었다. 현재 자동차 제조업체, 1 단계 공급 업체, 칩셋 / 통신 시스템 공급 업체, 이동 통신 사업자 및 인프라 공급 업체, 교통

신호 통제 기관 그리고 도로 운영국 등 100개가 넘는 단체가 가입되어 활동하고 있다. 5GAA는 5개의 작업 그룹을 통해 사용 사례 및 기술 요구 사항, 시스템 구조 및 솔루션, 성능평가 및 테스트베드, 표준 및 스펙트럼, 비즈니스 모델과 시장 진출 전략 등에 대한 연구를 진행하고 있다. 5GAA는 2016년 11월 안전과 협력 주행을 위한 C-V2X 기술의 우수성을 기술하는 백서를 시작으로, 2017년 12월 3GPP LTE V2X와 802.11p 등의 단거리 직접 통신을 사용하는 C-ITS 시스템 성능의 정량적 분석에 대한 백서 및 C-V2X의 사회 경제적 이익에 대한 정량적 분석을 담은 백서를 발간하였다. 2018년 2월에는 2020년까지의 LTE V2X의 기술 전개 로드맵을 발표하였다. [그림 1-4]에서 5GAA LTE V2X 기술 전개 로드맵을 보여준다.

5G-PPP는 V2X와 Vehicle-as-Infrastructure 개념 및 구성 요소를 개발하는 5G-PPP 프로젝트 간의 공통 플랫폼을 제공하기 위하여 2015년 10월 5G Automotive Committee를 구성 하였다. 5G Automotive WG은 VW, Volvo 등의 자동차제조사, Bosch 등의 전장제조사, Vodafone 등의 통신서비스사, Qualcomm 등의 칩셋 제조사, 삼성 등의 단말 제조사, 국제 유수한 연구기관, 드레스덴 대학 및 런던 Kings College 등의 30개의 회원 기관이 참여하고 있으며, 사용 사례와 KPI, 비즈니스 측면, 스펙트럼 사용, 인프라 기능, 보안 및 안전과 같은 광범위한 자동차 관련 주제를 다루고 있다. 5G Automotive WG은 2015년 10월에 5G 기술과 커넥티드 카 및 자율 주행 그리고 새로운 모빌리티 서비스에 대한 자동차 제조사 및 통신사업자의 견해를 담은 백서 발간에 이어 2018년 2월에 5G V2X의 비즈니스 모델 및 배치 비용과 재정 및 사회적으로 유익한 상용화를 위한 이익분석에 대한 내용을 담은 백서를 발간하였다.



[그림 1-4] 5GAA LTE V2X 기술 전개 로드맵

1.2.3.2 실증 동향

유럽에서 C-V2X의 적용에 따른 실증은 자동차 제조사의 주도로 EU 내 컨소시엄 및 통신 사업자와 장비사업자의 협력을 통해 진행되고 있다. 〈표 1-6〉에서 유럽에서의 C-V2X 실증 사례에 대하여 정리한다.

〈표 1-6〉 유럽 C-V2X 실증 사례

기관명	국가	시기	분야	내용
PSA Group	프랑스	2018.03	LTE V2X 기술 시험	Qualcomm과 공동으로 프랑스에서 5.9GHz 이상 대역에서 LTE C-V2X 기술 시험
PSA Group	중국	2018.09	LTE V2X 응용 시연	중국 우시시에서 Huawei와 Qualcomm 칩을 장착한 차량을 대상으로 도로 안정성과 트래픽 효율성을 향상시킬 수 있는 LTE C-V2X 응용 시연
텔레포니카	스페인	2018.02	PoC 시험	Huawei와 3GPP NR기반 URLLC 5G C-V2X의 PoC 구축 및 시험
Convex Consortium	독일	2018.07	상호운영 시연	Audi, Ducati, Ericsson, Qualcomm, SWARCO, Technical University of Kaiserslautern과 협업으로 모터사이클, 자동차, 교통 인프라간 C-V2X 직접 통신 상호 운영 시연
Nokia	일본	2018.04	시연	KDDI와 협업으로 LTE를 사용하는 차량 저지연 연결성 시연
Deutche Telecom	독일	2016.07	시험	Huawei, 아우디와 협업으로 'Digital A9 Motorway '테스트베드에서 주행 안전 및 트래픽 제어 서비스를 위한 3GPP Release 14 LTE-V 테스트
Audi	스페인	2017.02	시연	Vodafone, Huawei와 협업으로 4G LTE 기반의 V2V, V2I 서비스로 "See Through", 신호등 경고, 보행자 경고, 비상 브레이크 경고 등의 서비스 데모를 진행
Audi	독일	2017.01	성능 시험	'Digital A9 Motorway' 테스트베드에서 3GPP Release 14 기반 C-V2X 기술의 성능 (신호 도달 범위, 신뢰성, 지연시간 등)을 시험
Ericsson	프랑스	2017.02	시험	'Towards 5G' 실험에서 "See Through"와 비상차량 접근 경고 등의 서비스를 위한 5G C-V2X 적용 가능성 확인

기관명	국가	시기	분야	내용
Ericsson	독일	2016.11	시험	BMW, Deutsche Bahn, Deutsche Telekom, Telefonica, TU Dresden과의 협업으로 'Digital A9 Motorway'에서 700 MHz 대역을 사용하여 5G를 활용한 실시간 서비스, 동영상 기반의 대용량 서비스, 안전 서비스 등의 C-V2X 기반 서비스 시험
Vodafone	독일	2017.02	시험	Bosch, Huawei와 LTE V2V 직접 통신 성능과 저지연 특성 확인
Continental	독일	2015.11	시험	Deutsche Telekom, Nokia, Fraunhofer 와 협업으로 고속도로에서 차량이 위험 정보를 LTE 망을 이용하여 20 ms 이내에 전송하는 V2N 시나리오 시험

1.2.4 아시아

1.2.4.1 연구개발 동향

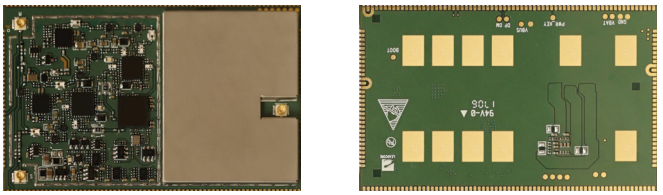
중국의 C-V2X에 대한 연구 및 표준화는 LTE-V2X의 일반적 기술 사항, 무선 인터페이스, 네트워크와 응용 계층 및 보안에 이르기까지 중국내 통신 표준 협회인 CCSA(China Communications Standards Association)와 표준 기구인 TC/ITS(ETSI Technical Committee ITS) 및 산업 단체인 SAE-C(Society of Automotive Engineers of China) 등의 협력을 통해 진행되고 있다. 다음 〈표 1-7〉 에서 중국에서 진행되고 있는 표준화 상태 및 연구 내용을 정리한다.

〈표 1-7〉 중국 C-V2X 표준 연구

범주	표준 명칭	표준 형태	표준 기구	진행사항
개요	Overall Technical Requirements for LTE-Based IoV Communications	산업표준	CCSA	Submitted for Review
응용계층	Cooperative Intelligent Transportation System - Dedicated Short Range Communications - Part 3: Technical Requirements for the Network Layer and Application Layer	중국 국가표준	TC/ITS, CCSA	Submitted for Review
	Cooperative Intelligent Transportation System - Application Layer and Application Data Interaction Standards for Vehicle Communications	단체 표준	SAE-C, C-ITS	Released

범주	표준 명칭	표준 형태	표준 기구	진행사항
네트워크 계층	Cooperative Intelligent Transportation System - Dedicated Short Range Communications - Part 3: Technical Requirements for the Network Layer and Application Layer	중국 국가표준	TC/ITS, CCSA	Submitted for Review
무선 인터페이스	Technical Air Interface Requirements for LTE-Based IoV Communications	산업표준	CCSA	Submitted for Review
보안	Technical Security Requirements for IoV Communications Based on the Public LTE Network	산업표준	CCSA	Soliciting Opinions

IMT-2020(5G) Promotion 그룹내 C-V2X WG은 LTE-V2X 테스트 및 검증, 배치 및 네트워킹, 비즈니스 모델, 서비스 요구사항들의 발굴 등의 활동을 통해 C-V2X의 산업화를 촉진시키고 있다. 대표적인 활동으로 5.905~5.925 GHZ 밴드의 20MHz 대역폭에서 LTE-V2X에 대한 시험을 2017년부터 3단계로 나누어 2019년 완료를 목표로 진행해 왔다. 1단계와 2단계는 실험실과 소규모의 필드에서 3GPP Release 14 PC5 인터페이스 기반의 기본 기능 시험을 진행하였고, 2018년 3분기부터 진행되는 3단계에서는 산업화의 촉진을 위해 상하이와 충징 시연 단지에서 3000대 이상의 차량을 기반으로 한 대규모의 성능 시험과 무석시의 공공 도로에서 V2I 응용과 MEC 기반 망을 기반으로 한 종단간 응용 검증을 수행할 예정으로 있다. Datang 통신 그룹(CATT)은 2017년 11월에 3GPP Release 14 기반의 LTE C-V2X 상용 모듈인 DMD31, RSU(Roadside Unit) 장치인 DTVL3000-RSU, OBU 장치인 DTVL3000-OBU 등을 발표하였고, 2018년에 8월에 Qualcomm과 칩셋간 C-V2X 직접 통신 상호 운용 시험에 성공하였다.



[그림 1-5] Datang LTE C-V2X 상용 모듈(DMD31)

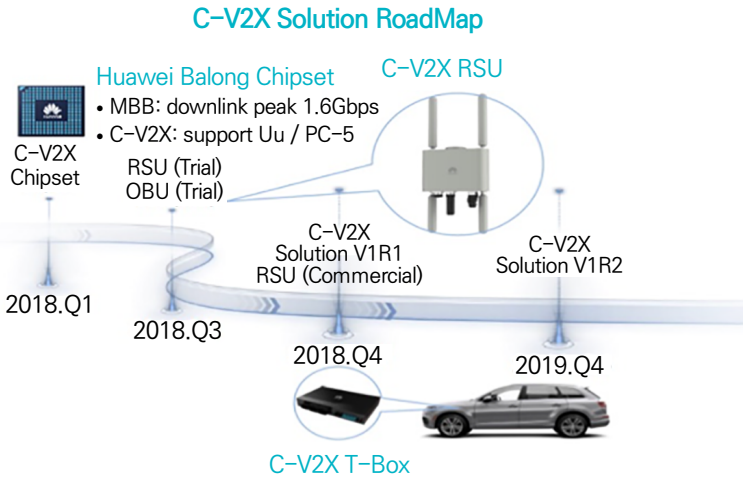
Huawei는 2018년 2월에 3GPP Release 14 LTE-V2X 기반의 C-V2X를 지원하는 Balong 765 칩셋을 공개하였다. Balong 765 칩셋은 1.6 Gbps의 최대 전송율을 지원하며, LTE-V2X Mode 3/Mode 4에서 PC5 와 Uu 인터페이스를 제공한다. Huawei는 또한 20 MHZ 대역폭으로 5.9 GHz 대역에서 PC5

와 Uu 인터페이스를 모두 지원하는 RSU를 공개하였고 2018년 4분기내로 상용화 버전의 RSU를 제공할 예정이다.



[그림 1-6] Huawei Balong 765 칩셋과 RSU

2019년 4분기에는 Huawei C-V2X 칩셋을 적용한 실제 자동차를 통한 기술 결합시험을 진행할 예정이다.



[그림 1-7] Huawei C-V2X 로드맵

China Mobile도 2018년 9월에 Qualcomm® 9150 C-V2X 칩셋을 수용하여 LTE-V2X PC5 기반 직접 통신을 지원하는 RSU를 WIoT 2018 Expo에서 공개하였다. 2018년 7월 중국 MIIT(the Radio Management Bureau of the Ministry of Industry and Information Technology)는 LTE-V2X PC5 기반 직접통신을 위해 커넥티드 카에 5,905-5,925 MHz 밴드를 사용하는 스펙트럼 계획에 대한 협의를 제기하였고, 2018년 10월 5,905-5,925 MHz 밴드 (20 MHz)를 LTE-V2X 기술 기반 IOV (Internet of Vehicle) 상용서비스 용도로 지정하였다.

일본의 C-V2X에 대한 연구 및 표준화는 ARIB(Association of Radio Industries and Businesses)의 LTE V2X Adhoc을 중심으로 ITS 포럼내 Cellular System TG, Radio System Technology TG, 5GMF (FiFfth Generation Mobile Communication Promotion Forum)내 5G Connected Vehicle Adhoc 과의 협업을 통해 진행되고 있다. 일본 총무성은 C-V2X 기술 기반의 ITS 서비스를 위한 5.9 GHz 대역의 추가 ITS 지정 작업을 추진 중이며, 2018년 3월부터 2020년 3월까지 5.9 GHz 대역에서 다른 통신 기술과의 공존 및 간섭 연구도 진행하고 있다. 5G 기술의 조기 실현을 위해 결성된 일본의 5GMF내 5G TPG(Trial Promotion Group)에서는 5G 실증 시험의 개념과 세부 시나리오를 연구하고, 2017년 5월부터 2020년 4월까지 차량간 실시간 통신을 포함하는 5G 종합 실증 시험을 추진하고 있다.

CJK IMT-2000 WG 52차 회의에서, 한국, 중국, 일본 등 3국간 C-V2X에 대한 정보 공유와 기술 개발 및 표준 개발에 대한 협업을 목적으로 SIG-V2X가 신설되어, APT(Asia Pacific Telecommunication) AWG(APT Wireless Group) ITS TG의 5G-V2X 보고서에 기여하기 위한 활동 계획을 추진하고 있다.

1.2.4.2 실증 동향

중국은 Huawei와 Datang을 중심으로 한 C-V2X의 칩셋 및 통신 기술에 대한 확보가 선도적인 만큼 장비 제조사 및 통신 사업자와 지자제의 협력으로 중국에서의 C-V2X의 적용에 따른 실증이 활발하게 진행되고 있다. 중국에 비해 소극적이나 일본은 Nissan과 NTT Docomo, 통신 장비 업체들과의 협력을 통해 실증이 진행되고 있다. 〈표 1-8〉에서 중국과 일본 위주의 아시아 국가에서 C-V2X 실증 사례에 대하여 정리한다.

〈표 1-8〉 아시아 C-V2X 실증 사례

기관명	국가	시기	분야	내용
Huawei	독일	2018.03	기술 결합 시험	Vodafone Germany와 Bosch와의 협업으로 Adaptive Cruise Control (ACC)와 Pre-5G C-V2X 기술 결합 시험
ZTE	중국	2018.02	자율 주행 시험	China Telecom, Baidu와의 협업으로 슝안에서 5G 네트워크 기반 자율 주행 시험
China Mobile	중국	2018.07	원격 시험	5G 네트워크를 통해 20km 이상 떨어져 있는 무인 차량에 대한 원격 제어 시험
CMCC	중국	2016.11	시연	Continental, Nokia, Fraunhofer와의 협업으로 우전 시에서 C-V2X 기술을 적용하여 비상 브레이크 경고, Cooperative Passing Assistant 등의 서비스를 시연

기관명	국가	시기	분야	내용
China Mobile	중국	2016.06	실증 환경 구축	SAIC Motors, Huawei 협업으로 WiFi 와 LTE 기반 차량의 자율 주행 및 커넥티드 카 시험과 연구 개발, 인증을 수행하기 위해 상해에 'National Intelligent Connected Vehicle Testing Demonstration Base' 테스트베드 구축
China Mobile	중국	2018.06	시연	SAIC Motors, Huawei 협업으로 MWC 2018 China 에서 20ms E2E를 제공하는 5G 저지연 망과 C-V2X 기술을 기반으로 지능형 커넥티드 카 시연
China Mobile	중국	2018 ~ 2020.12	시험	퉁저우내 5개 지역, 충칭내 30개 교차로, 상하이의 30개 지역, 우시시내 200개 교차로 등에서 C-V2X 적용 시험 예정, 2020년까지 10000대 규모의 차량을 평방 100Km이상의 지역에서 시험 예정
HK telecom	홍콩	2017.12	시연	홍콩 사이언스 파크에서 2.6 GHz 대역상에서 V2I 시험 및 5.9 GHz 대역에서 V2V 등의 C-V2X 시연
닛산	일본	2018.01	시범 사업	Continental, Ericsson, NTT DOCOMO, OKI, Qualcomm Technologies의 협업으로 LTE Release 14 C-V2X 기술 검증을 위한 자율 주행 상용화 시범 사업 시작
Softbank	일본	2017.05 ~2017.12	시험	신주쿠 지역에서 4.7 GHz 대역상에서 초저지연 V2N, V2V 직접 통신을 활용한 트럭 군집 주행 시험

1.3 C-V2X 정책 동향 및 방향

1.3.1 국내

국내에서는 2007년부터 스마트하이웨이사업, 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발, C-ITS 시범사업 등의 형태로 ITS 기술 개발, 실증 및 일부 상용화를 진행하였다. 기술 방식은 WAVE를 주로 사용해 왔으며, 3GPP에서 LTE-V2X를 포함한 이동통신기반 V2X 기술의 표준화 진행 이후에는 C-V2X의 적용에 대해 검토 중이며, C-ITS 시범사업 및 최근 진행되고 있는 서울시, 제주도 등 지자체와 함께하는 시범 확대 사업과 도로공사 주도의 시범사업 확대사업에서는 V2N 서비스를 중심으로 LTE-V2X를 포함한 이동통신 기반

V2X 기술을 수용하기 시작했다. 자율주행 자동차에 대한 관심이 증대되면서 이동통신을 적용한 다양한 기술개발이 활발히 진행되고 있다. 과기정통부에서는 기가코리아 실증 사업의 일환으로 5G기반 자율주행 자동차 실증 사업을 진행 중이며, 교통안전 공단 한국자동차안전연구원 K-City 구축 사업에는 LTE와 5G를 적용한 기술개발, 시험을 위한 시설이 구축되었으며 KT는 평창올림픽에서, SKT는 경부고속도로에서 자율주행자동차에 이동통신을 적용한 기술을 시연하였다. 이밖에 민간기업과 과학기술정보통신부, 산업자원부의 지원을 받는 연구에서 다양한 기술을 개발하고 있다. 과학기술정보통신부에서는 5,855~5,925 MHz의 총 70 MHz 대역을 ITS 용도로 지정하였으며, 특정 기술을 지정하지 않았다.

1.3.2 미국

미국은 최초로 5.9 GHz 대역을 DSRC 기술 기반의 ITS 서비스 용도로 할당하였다. 2017년 1월 US DOT (US Department Of Transportation)은 모든 신규 생산된 Light Vehicle은 V2V 통신을 갖추어야 한다는 NPRM (Notice of Proposed Rule Making)을 발간하였다. 이 NPRM은 IEEE 802.11p 기술을 강제할 것을 제안하였으며 최종 Rule이 채택되고 2년 이후부터 적용하는 내용을 담고 있다. 하지만 US DOT는 언제 최종 Rule이 실행될지에 대해 명시하지 않고 있으며, 이 NPRM은 당분간 진행되지 않을 것으로 간주되고 있다. 이와 별개로 US DOT에서는 신호등 등 도로 시설물과 차량 간 통신을 지원하기 위한 기술을 교통 설계자들이 채용할 수 있는 가이드 마련을 위해 Federal Highway Administration Infrastructure Deployment Guidelines를 발간했다가 취소하는 등 정책적인 혼란을 보이고 있다.

1.3.3 유럽

2008년 8월 EC는 Decision 2008/671/EC를 통해 5,875 – 5,905 MHz를 ITS 안전 용도로 지정하고 ITS 보급 확대를 위한 ITS Action Plan (COM (2008) 886)을 채택하였다. 2010년 7월 유럽 전역의 ITS 확대를 위한 법률 체계로서 Directive 2010/40/EC를 채택하였다. 2014년 11월 각국 담당 부서간 협력을 위한 C-ITS Deployment Platform을 출범하여 2014년부터 2016년까지 Phase 1 기간 동안 공통 비전을 개발하고 기술, 법률, 상용화 이슈와 관련된 정책 권고를 개발하였으며 2016년 1월 Expert Report를 발간하였다. Phase 1의 결과물을 발전시킨 Phase 2는 2017년 9월 완료되었다. 유럽 내 5G 개발과 상용화 및 산업 적용을 촉진하기 위해 2016년 “5G for Europe: An Action Plan”을 채택하였다. Radio Spectrum Committee는 2017년 10월 CEPT에 5.9 GHz 대역에서의 ITS 확대를 위한 연구를 요청하였다. 여기에는 5,905 – 5,925 MHz를 활용한 CBTC (Communication-Based Train Control, Urban Rail에 해당)과 ITS-G5, LTE-V2X의 공존에 대한 내용을 포함한다. CEPT는 2019년 3월까지 본 연구를 완료할 예정이다.

1.3.4 아시아

중국은 MIIT (Ministry of Industry and Information Technology)를 중심으로 5.9 GHz 대역 주파수를 ITS 서비스 용도로 할당하기 위한 작업을 진행, 2018년 10월에 5,905 - 5,925 MHz의 20 MHz를 LTE-V2X 기반 ITS 서비스 용도로 할당하였다. 2016년 11월에는 5,905 - 5,925 MHz의 20MHz를 6개 도시지역에서의 C-V2X Trial 용도로 허용한 바 있다. 이후 진행된 대규모 실증 사업을 바탕으로 2019년 하반기 경에는 세계 최초의 C-V2X 기반 C-ITS 서비스의 상용화가 진행될 수 있을 것으로 예측되고 있다. 일본은 5.8 GHz 대역을 ETC(Electronic Tolling Collection)이라는 고유 기술에 사용하고 있다. Toyota는 12개시에 "ITS Connect"라는 고유 기술을 적용하였으며, 760 MHz 대역에서 9MHz를 사용하여 V2V와 V2I 서비스를 제공하고 있다. 하지만, V2I 기반 "ITS Connect"서비스를 제공하기 위한 RSU의 보급은 소수에 불과한 실정이다.

5G

2. C-V2X Use Case

2. C-V2X Use Case

V2X의 Use Case를 정의하는 표준화 단체는 3GPP, 5GAA, SAE, ETSI 등 여러 곳이 있다. C-V2X 기술보다 WAVE 기술이 먼저 표준화가 완료되어 WAVE 기술 기반의 V2V, V2I Use Case가 먼저 정의되었고, 이후 C-V2X 기술이 표준화됨에 따라 V2V, V2I 뿐만 아니라 V2P, V2N 시나리오에 적용 가능한 C-V2X Use Case가 정의되었다. 2장에서는 3GPP와 5GAA 표준화 단체에서 정의하는 C-V2X Use Case를 2.1절과 2.2절에서 각각 소개한다. 각 절에서는 Use Case를 통신 기술에 따라 LTE-V2X와 5G-V2X로 크게 나누어 설명한다.

2.1 3GPP V2X Use Case

3GPP는 Release 14 TR22.885, Release 15 TR22.886에 V2X Use Case를 정의하고 있으며, 각각 LTE-V2X와 5G-V2X에 대응된다. 2.1.1절에서는 LTE-V2X Use Case를 V2V, V2I, V2P 그리고 V2N으로 분류하여 설명한다. 2.1.2절에서는 군집주행 (Platooning), 첨단 주행 (Advanced Driving), 센서 확장 (Extended Sensor), 원격 운전 (Remote Driving)으로 분류하여 5G-V2X Use Case를 설명한다.

2.1.1 LTE-V2X Use Case

2.1.1.1 Vehicle-to-Vehicle

V2V는 V2X 서비스를 지원하는 차량 간의 직접 통신을 의미한다. 대표적인 V2V Use Case는 차량간 경고메시지 전송, 협력 크루즈 컨트롤을 위한 정보 교환이 있다. 3GPP Release 14 TR22.885에서 정의하는 V2V Use Case를 [그림 2-1] 및 〈표 2-1〉에 정리한다.



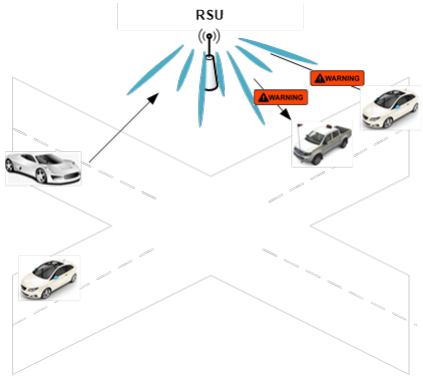
[그림 2-1] 대표적인 V2V Use Case

〈표 2-1〉 3GPP V2V Use Case 설명

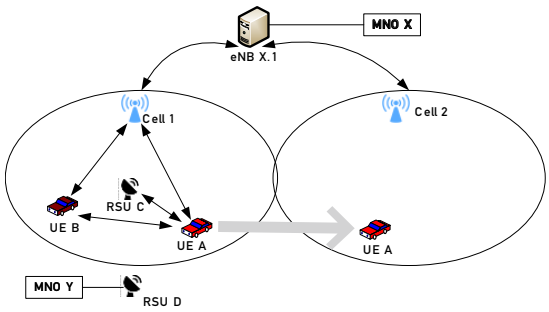
Use Case	설명
Forward Collision Warning	전방 충돌 경고: 동일한 차선 및 주행 방향에 있는 차량과의 후방 충돌을 운전자에 경고하여 충돌을 방지하거나 완화하는데 도움을 줌
Control Loss Warning	제어 손실 경고: 차량결함으로 인한 제어 손실 이벤트를 주변차량에 브로드캐스트 함. 이벤트 정보를 수신한 주변 차량은 운전자에 경고
Emergency Vehicle Warning	긴급 차량 경고: 긴급차량의 안전 운행을 돕기 위해 주변 긴급 차량(예: 구급차)의 위치, 속도, 방향 정보 획득함
Emergency Stop	긴급 정지: 고장 차량이 도로에 멈출 경우 인접 차량에 경고 메시지를 전송하여 안전한 운전을 유도함
Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC)	협력 크루즈 컨트롤: 참여 차량간 CACC 그룹 정보를 공유하여 CACC 그룹합류/이탈 시나리오 제공. 운전자의 편의성, 안정성 확보 및, 도로정체와 연료 효율 개선 제공
Wrong way Driving Warning	역주행 경고: 차량에서 역방향 주행을 인지하고 이를 경고하는 메시지를 인접 차량에 전송하여 안전한 주행 유도
V2X Message Transfer Under MNO Control	이동통신망 커버리지 내에서 V2V 서비스를 지원하는 차량은 기지국으로부터 할당된 자원을 통해 V2X 서비스 지원받음
Pre-Crash Sensing Warning	사전 충돌 감지 경고: 피할 수 없는 충돌이 감지된 후 차량 속성이 담긴 정보를 교환하여 절박하고 피할 수 없는 충돌 가능성을 경고함
V2X in Areas Outside Network Coverage	E-UTRAN을 통해 서비스가 되지 않는 지역에서 통신을 위하여 각 차량 UE는 사전에 허가된 설정 값을 이용하여 V2X 서비스를 이용할 수 있음

2.1.1.2 Vehicle-to-Infrastructure

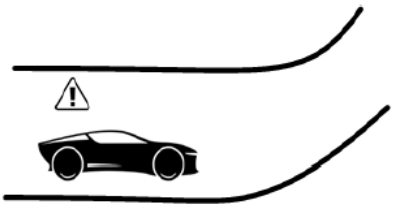
V2I는 V2X 서비스를 지원하는 차량과 RSU 간 직접 통신을 의미한다. 전송거리가 짧은 V2V의 한계 극복과, 운전자에 편의 제공을 위해 RSU가 사용 되는 Use Case를 V2I Use Case로 분류한다. 3GPP Release 14 TR22.885에서 정의하는 V2I Use Case를 [그림 2-2] 및 〈표 2-2〉에 정리한다.



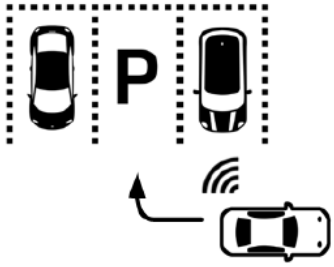
〈도로 안전 서비스〉



〈UE-type RSU를 이용한 V2X〉



〈도로 안전 서비스〉



〈UE-type RSU를 이용한 V2X〉

[그림 2-2] 대표적인 V2I Use Case

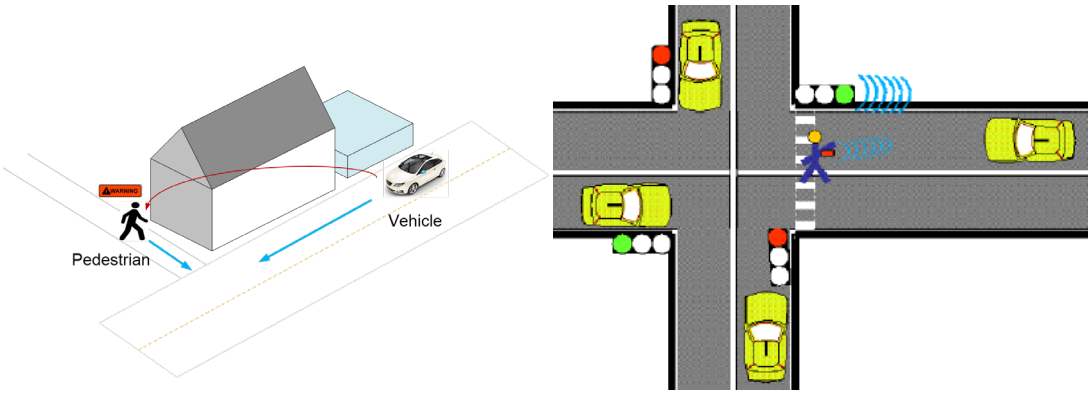
〈표 2-2〉 3GPP V2I Use Case 설명

Use Case	설명
Emergency Stop	긴급 정지: 차량은 긴급 정지에 대한 경고메시지를 브로드캐스트하고 이를 수신한 RSU는 주변 차량에 긴급 정지 차량이 발생했음을 알림으로써 안전한 주행 유도
Queue Warning	대기열 경고: RSU는 차량으로부터 대기열 정보를 수신하고 접근하는 차량에 제공하여 충돌 가능성 최소화 및 완화
Road Safety Service	도로 안전 서비스: 도로변에 설치된 RSU를 통해 V2I서비스를 지원함으로써 도로 안전 상황 경고
Automated Parking System (APS)	자동 주차 시스템: 대도시 지역의 차량에게 주차 장소가 있는지 여부, 거리 또는 공공 주차시설의 실시간 정보 제공. RSU를 통해 주차 예약확인 및 주차공간 네비게이션 제공

Use Case	설명
Curve Speed Warning	곡선 속도 경고: RSU는 곡선 도로에 대한 정보와 적절한 차량 속도를 제안하는 정보를 운전자에 제공.
V2X by UE-Type RSU	UE-type RSU를 이용한 V2X: 3GPP는 UE-Type RSU를 이용한 V2X 서비스를 지원함. UE-type RSU는 해당 통신사업자의 기지국으로부터 자원을 할당 받아 차량에 V2X 서비스를 제공함

2.1.1.3 Vehicle-to-Pedestrian

V2P는 V2X 서비스를 지원하는 차량과 보행자 간의 직접 통신을 의미한다. 3GPP Release 14 TR22.885에서 정의하는 V2P Use Case를 [그림 2-3] 및 〈표 2-3〉에 정리한다.



〈보행자 충돌 경고〉 〈취약한 도로 보행자 안전〉

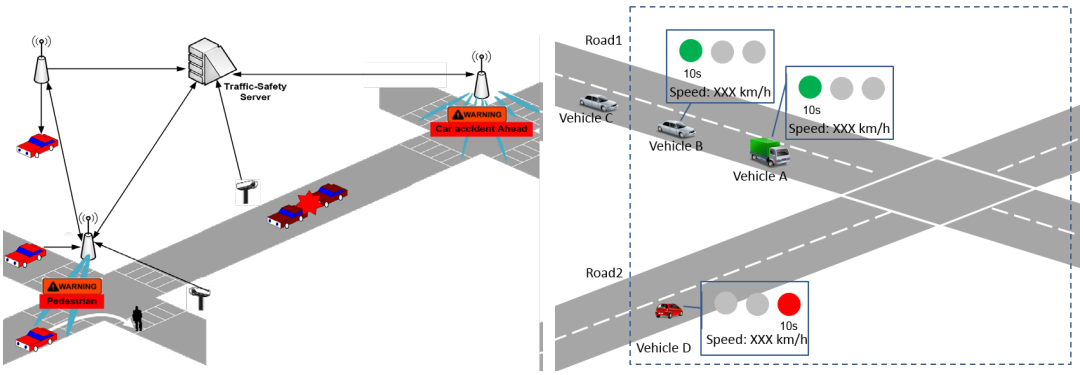
[그림 2-3] 대표적인 V2P Use Case

〈표 2-3〉 3GPP V2P Use Case 설명

Use Case	설명
Pedestrian Collision Warning	보행자 충돌 경고: 취약한 도로 보행자에게 정보제공. 보행자 또는 자전거 운전자의 스마트폰에 차량의 존재를 알리고 위험한 상황이 발생했을 때 경고 제공
Vulnerable Road User Safety	취약한 도로 보행자 안전: 보행자의 스마트폰은 차량으로부터 상태 정보를 수신하여 위험한 상황을 판단하여 보행자에 알리며 접근하는 차량에도 경고 제공

2.1.1.4 Vehicle-to-Network

V2N는 V2X 서비스를 지원하는 차량과 ITS서버간의 통신을 의미한다. V2N은 RSU나 기지국을 이용한다는 점은 V2I와 동일하지만 V2N은 ITS서버와의 통신이 이루어진다는 점에서 차이점이 있다. 3GPP Release 14 TR22.885에서 정의하는 V2N Use Case를 [그림 2-4] 및 〈표 2-4〉 정리한다.



〈인프라를 이용한 도로 안전〉 〈교통 트래픽 흐름 최적화〉

[그림 2-4] 대표적인 V2N Use Case

〈표 2-4〉 3GPP V2N Use Case 설명

Use Case	설명
Road Safety Service Via Infrastructure	인프라를 이용한 도로안전: 통신사업자는 네비게이션 서비스와 교통 서버를 운용하여 차량에 교통 안전 관련 메시지를 생성 배포.
Traffic Flow Optimization (Virtue Traffic Lights)	교통 트래픽 흐름 최적화: 교차로에 접근 중인 차량들의 방향, 속도, 트래픽 상황을 기반으로 대상차량에게 교차로 접근시의 적절한 속도를 제시함. 불필요한 감속 또는 정지를 막고 트래픽 흐름을 최적화할 수 있음
Overview to Road Traffic Participants and Interested Parties	확장된 시야 제공: 우수한 서비스 커버리지를 제공하는 3GPP 이동통신망을 활용. 기존의 이동통신기지국을 이용하여 V2V 커버리지를 넘어서는 지역에도 메시지 전송
Remote Diagnosis and Repair Notification	원격 진단 및 정시 수리 통지: RSU가 인터넷에 접속할 수 있는 경우에 차량의 현재 상태를 로컬 또는 원격 진단 센터에 보고할 수 있도록 함

2.1.1.5 LTE-V2X General

공통적인 V2X Use Case 요구사항을 〈표 2-5〉에 정리한다.

〈표 2-5〉 3GPP V2X General Use Case 설명

Use Case	설명
V2X Minimum QoS	최소 서비스 품질: V2X 메시지 전송 자원이 부족한 경우에는 우선순위가 높은 차량 (예, 긴급 차량)에 V2X 메시지 우선 전송 기회를 제공. 일반 차량은 최소 서비스 품질을 만족시킬 수 있는 범위 내에서 전송 속도 제한.
V2X Access When Roaming	로밍 시 V2X 접속: 로밍을 지원하기 위해 V2X 장비는 다수의 MNO 장비들과 통신할 수 있어야 함. 로밍 시에도 지연, 신뢰도, 보안등의 요구사항은 HPLMN에서와 동일하게 만족되어야 함.
Enhancing Positional Precision for Traffic Participants	향상된 위치 정확도: V2X 서비스 지원을 위해서 DGPS방식 또는 OTDA와 같은 정밀 측위 기법이 요구됨
Privacy in the V2V Communication Environment	V2V 통신환경에서 프라이버시: V2X 서비스를 위해 인접 차량의 운행 정보는 활용할 수 있지만 장기간의 경로정보는 공개, 추적할 수 없어야 함.

2.1.2 5G-V2X Use Case

2.1.2.1 Platooning (군집주행)

군집주행은 차량들 사이에 가상의 끈이 연결된 기차처럼 차량이 움직이도록 차량 그룹을 운영하는 것을 의미하며 차량 간의 거리를 줄여 전체 연료 소비량 및 운전자의 피로도를 줄일 수 있다. 대표적인 Platooning의 Use Case 설명을 〈표 2-6〉 에 정리한다.



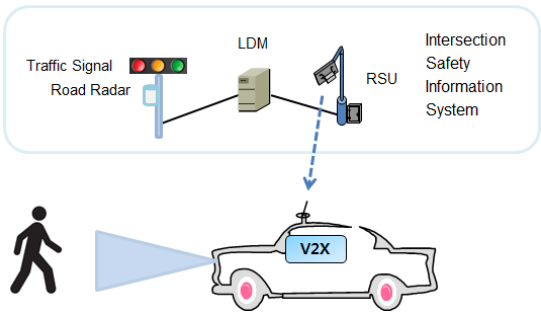
[그림 2-5] Platooning

〈표 2-6〉 3GPP Platooning Use Case 설명

Use Case	설명
eV2X Support For Vehicle Platooning	차량들이 객차가 연결된 기차처럼 움직이도록 차량 그룹을 운영함. 이때 차량의 합류/이탈, 알람/경고 등의 기능을 지원 해야 함
Information Exchange Within Platooning	차량들이 도로주행 중에 동적으로 군집주행그룹을 구성할 수 있음. 정보교환을 통해 차량들은 고정밀 지도를 생성하여 효율적이고 안전한 주행에 활용함
Automated Cooperative Driving for Short Distance Grouping	협력 주행을 통해 그룹 차량들은 차선 변경, 병합, 주행 및 그룹 합류/탈퇴를 수행함. CACC와 비교하여 차량간 거리 뿐만 아니라 좌우 조향을 지원함
Information Sharing for Partial/Conditional Automated Platooning	SAE 레벨 3 자율주행과 같은 수준의 자율 군집주행에 해당됨. 짧은 차량거리(〈2초*차량속도)를 가정할 때, 간략하고 대략적인 수준인 데이터 교환이 필요함. 2.5Mbps(협력지각) + 0.25Mbps(협력동작)의 전송률이 요구됨
Information Sharing for High/Full Automated Platooning	SAE 레벨 4/5 자율주행과 같은 수준의 자율 군집 주행에 해당됨. 짧은 차량 거리를 가정할 때, 고행상도 데이터 교환이 필요함. 50Mbps(협력지각) + 15Mbps(협력조향)이상의 전송률이 요구됨
Changing Driving-Mode	차량 협력 수준에 따라 자율 주행, 호송, 군집주행 세 가지로 분류됨. 각 주행모드 간 전환을 지원하여 사고 위험을 줄일 수 있는 프로세스가 활성화 되어야 함

2.1.2.2 Advanced Driving(첨단주행)

3GPP TR22.886에서는 운전자의 안전과 편의를 위하여 LTE-V2X 보다 발전된 5G-V2X Use Case를 정의하고 있다. 대표적인 Advanced Driving의 Use Case를 〈표 2-7〉에 정리한다.



〈Intersection Safety Information Provisioning〉

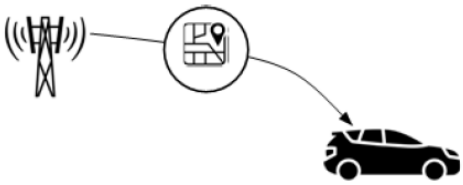
[그림 2-6] 대표적인 Advanced Driving Use Case

〈표 2-7〉 3GPP Advanced Driving Use Case 설명

Use Case	설명
Cooperative Collision Avoidance (CoCA)	차량에서 사고가능성 판단능력 향상과 이에 따른 적절한 제어를 할 수 있도록 일반적인 CAM/DEMN 안전 메시지 외에 센서 데이터, 제동 및 가속 명령, 전후/좌우 조향 정보를 교환 할 수 있음.
Information Sharing for Limited Automated Driving	SAE 레벨 2/3 수준의 자율주행에 해당됨. 차량간 거리가 짧지 않을 때(〉2초*차량속도) 발견된 문제에 대한 대략적인 정보와 운전 의사에 대한 간단한 정보 교환이 필요함. 0.5Mbps(협력지각) + 0.05Mbps(협력동작)의 전송률이 요구됨
Information Sharing for Full Automated Driving	SAE 레벨 4/5 수준의 자율주행에 해당됨. 차량간 거리가 짧지 않을 때, 카메라, LIDAR 등과 같은 고해상도 데이터와 자세한 경로정보 교환이 필요함. 50Mbps (협력지각) + 3Mbps (협력동작)의 전송률이 요구됨
Emergency Trajectory Alignment (EtrA)	EtrA 메시지 이용하여 협력적인 자율주행을 보완함. EtrA를 통한 협력주행은 위험한 운전 상황에서 교통안전을 더욱 향상 시킬 수 있도록 도와 주기 위한 기능임
Intersection Safety Information Provisioning for Urban Driving	차량이 교차로를 통과할 때 교통사고를 예방하고 협력적인 자동주행 기능을 돕기 위해 차량에 안전 정보를 제공함.
Cooperative Lane Change (CLC) of Automated Vehicles	다중 차선 도로에서 안전하고 효율적인 차선 변경을 보장하려면 차량 간의 궤도 계획 교환이 필요함. 협력 차선 변경은 차량 간 궤도 정보를 교환하여 조향, 가속/감속을 돕는 시나리오임
3D Video Composition for V2X Scenario	특정 지역에서 주행하는 차량들이 카메라로 촬영된 비디오 정보를 서버로 전송하고, 서버는 수신된 비디오 정보를 처리하여 해당 지역의 3D 비디오를 생성함. 3D 비디오는 사고 발생 분석, 자동차 경주를 시청하는 End-User에게 공유 등에 활용될 수 있다.

2.1.2.3 Extended Sensors(센서 확장)

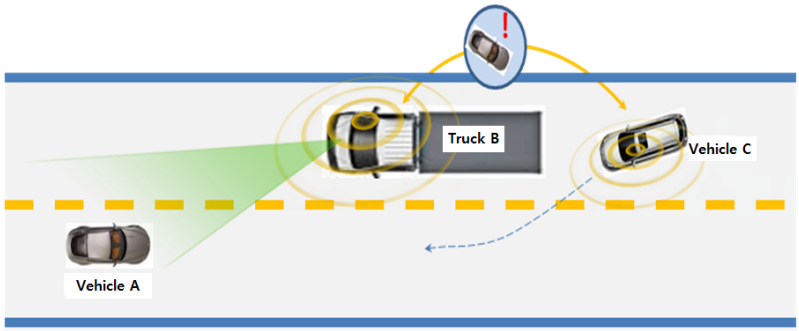
Extended Sensors는 차량의 인지범위를 확대하기 위해 차량 간의 비디오 데이터, 센서 및 지도를 공유하는 Use Case를 의미한다. 대표적인 Extended Sensors의 Use Case 설명을 [그림 2-7] 및 〈표 2-8〉에 정리한다.



〈Sensor and State Map Sharing〉



〈Video Data Sharing for Automated Driving〉



〈Collective perception of environment〉

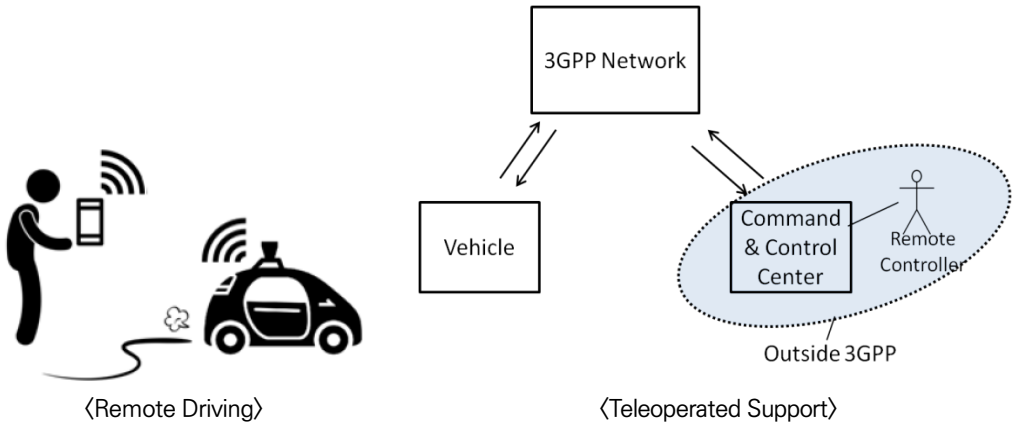
[그림 2-7] 대표적인 Extended Sensors Use Case

〈표 2-8〉 3GPP Extended Sensors Use Case 설명

Use Case	설명
Automotive: Sensor and State Map Sharing	가공되지 않은 또는 처리된 센서 데이터를 공유하여 주변 상황에 대한 지도를 구축하고 종합적 상황을 인식학 수 있도록 함. Local Dynamic Map의 확장 Use Case
Collective Perception of Environment	차량들은 센서나 RSU를 통해 얻은 정보를 실시간으로 교환 할 수 있음. 정보 공유를 통해 지각능력 향상이 가능하며 충돌 사고 예방에 도움을 줌
Video Data Sharing for Automated Driving (VaD)	트럭 뒤에서 주행하는 것과 같이 운전자의 시야 확보에 제약이 있는 경우, 앞 차량으로부터 전송되는 전방의 비디오 데이터는 대상차량에게 도로 교통상황을 제공할 수 있으며 보다 안전한 운전을 도움. 비디오 데이터는 UE-Type RSU가 수집, 전송할 수 있음.

2.1.2.4 Remote Driving(원격운전)

Remote Driving은 차량이 차량내의 운전자가 아닌 원격 운전자나 클라우드 컴퓨팅에 의해 원격으로 제어되는 Use Case를 의미한다. 대표적인 Remote Driving의 Use Case 설명을 [그림 2-8] 및 〈표 2-9〉에 정리한다.



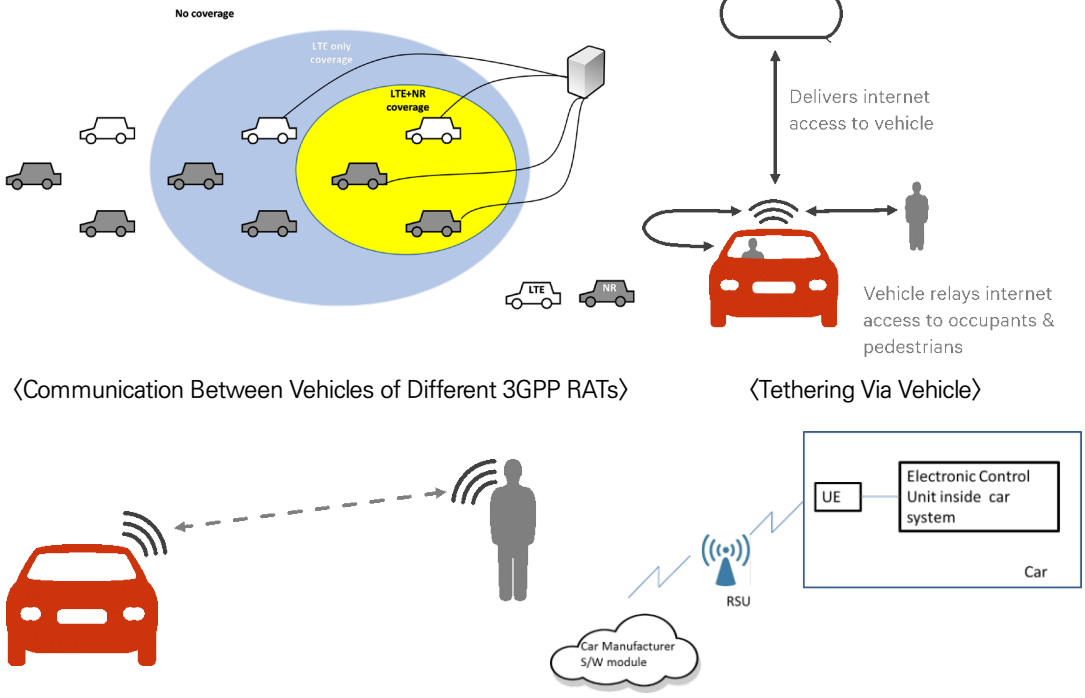
[그림 2-8] 대표적인 Remote Driving Use Case

〈표 2-9〉 3GPP Remote Driving Use Case 설명

Use Case	설명
eV2X Support for Remote Driving	차량이 원격 운전자 또는 클라우드 컴퓨팅에 의해 원격 제어됨. 자율주행에는 많은 센서와 객체를 식별하는 정교한 알고리즘이 필요한 반면, 원격 운전은 적은 센서를 사용하여 실현할 수 있음.
Teleoperated Support (TeSo)	한 명의 운전자가 짧은 시간 동안 여러 대의 자율 주행차량들을 원격으로 제어할 수 있음.

2.1.2.5 5G-V2X General

일반적인 5G-V2X Use Case를 요구사항을 [그림 2-9]와 〈표 2-10〉에 정리한다.



〈Communication Between Vehicles of Different 3GPP RATs〉 〈Tethering Via Vehicle〉

〈Dynamic Ride Sharing〉 〈Secure Software Update for Electronic Control Unit〉

[그림 2-9] 5G-V2X General Use Case

〈표 2-10〉 3GPP 5G-V2X General Use Case 설명

Use Case	설명
Communication Between Vehicles of Different 3GPP RATs	OEM 업체에 따라 일부 차량에는 LTE만 지원하는 모듈이 장착되어 있지만 다른 차량에는 NR(New Radio)을 지원하는 모듈이 장착될 수 있다. LTE만 서비스 되는 지역에서는 5G-V2X 지원 차량도 LTE-V2X 기반 ProSe 통신을 하며 LTE와 5G 서비스 지역에서는 차량들이 ProSe 통신 방법이나 네트워크를 이용한 V2X 통신방법을 선택적으로 사용할 수 있음
Multi-PLMN Environment	일부 5G-V2X Use Case에 대해 즉각적인 메시지 전송 요구사항이 설정되면, 관련된 모든 차량 및 UE-type RSU가 가입자인지 여부에 상관없이 동일한 수준의 서비스가 제공되어야 함.
Use Case on Multi-RAT	V2X 응용 프로그램을 지원하는 차량 단말은 LTE, 5G NR 등 다수의 RAT를 지원하며, 어플리케이션에 적합한 RAT를 선택적으로 사용할 수 있어야 함

Use Case	설명
Use Case Out of 5G Coverage	5G 커버리지를 벗어나 5G-V2X Use Case의 요구조건을 만족시킬 수 없는 경우 차량간 5G 기술을 이용한 정보 교환이 가능함. 5G 기술이 요구되지 않는 정보는 LTE를 통해 전송할 수 있음
Dynamic Ride Sharing	차량을 다른 사용자와 공유하려는 의도를 알릴 수 있음. 차량에서 공유의사를 알리고 보행자는 자격증명을 통해 목적지까지 차량을 함께 사용함
Tethering Via Vehicle	차량이 탑승자 및 보행자에 네트워크 액세스를 제공할 수 있음.
Software Update for Electronic Control Unit	자동차 전자 제어 장치(ECU)는 정기적인 소프트웨어 업데이트가 필요함. 이러한 업데이트는 주요 보안 검사 대상이며 자동차업계의 중요한 이슈임.

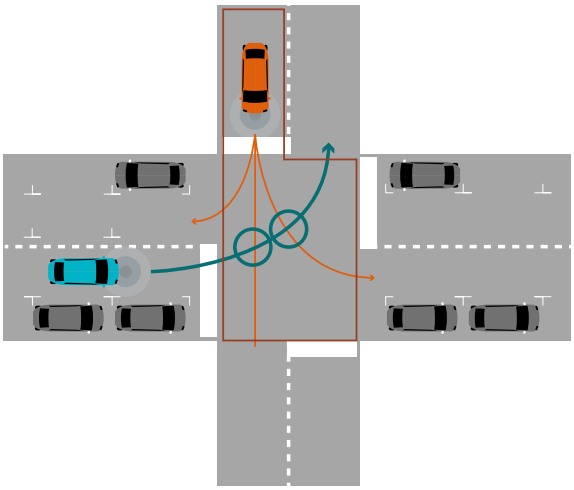
2.2 5GAA Use Case

Audi, BMW, Daimler, Ford 등이 발의한 Automotive Use Case와 요구사항으로부터 안정성, 편의성, 고급운전 지원, 보행자 지원으로 4개 주요 Use Case 그룹이 선정되어 연구가 진행 중이다. 2.2.1절에서는 5GAA WAVE1 Basic Safety Use Case에 대해 설명하며, 2.2.2절에서는 5GAA WAVE2 Advanced V2X Use Case에 대해 설명한다.

2.2.1 5GAA Basic Safety Use Case

2.2.1.1 Safety(안정성)

운전자의 안전과 충돌방지를 위한 Use Case를 의미한다. Safety 관련 Use Case를 [그림 2-10] 및 〈표 2-11〉에 정리한다.



〈Left Turn Assist〉

[그림 2-10] 대표적인 Safety Use Case

〈표 2-11〉 5GAA Safety Use Case 설명

Use Case	설명
Left Turn Assist	좌회전 방향 전환 보조 기능은 V2X를 통해 맞은 편 직진하는 차량 및 좌/우회전하는 차량에게 좌회전 정보를 제공하여 충돌을 방지함
Intersection Collision Warning (Intersection Movement Assist)	교차로구간의 위협 및 돌발 상황을 V2I와 V2V를 통해 차량에게 정보를 제공함
Emergency Break Warning	기상악화 혹은 운전자의 부주의로 인하여 운전자 시야가 차단된 경우 정면에 급제동 및 돌발 상황을 운전자에 전달함
Queue Warning (Traffic Jam Warning)	주행 경로 상의 교통 정체 상황에 대한 경고를 운전자에게 전달함

2.2.1.2 Convenience(편의성)

차량 안전과 운전자의 편의를 위하여 차량 상태 점검과 소프트웨어 업데이트 등의 Use Case를 의미한다.

〈표 2-12〉 5GAA Convenience Use Case 설명

Use Case	설명
Software Update	자동차 제조사들로 하여금 해당 자율주행 차량에 대해 원격으로 ECU를 위한 소프트웨어 업데이트를 할 수 있게 함
Remote Vehicle Health Monitoring	차량소유자, 운행자, 차량 서비스 제공자로 하여금 현재 자율주행 차량의 상태 리포트를 요구할 수 있음

2.2.1.3 Advanced Driving Assistance(고급 운전 지원)

5GAA 에서 정의한 고급운전 지원 Use Case를 [그림 2-11] 및 〈표 2-13〉에 정리한다.



〈Hazardous Location Warning〉

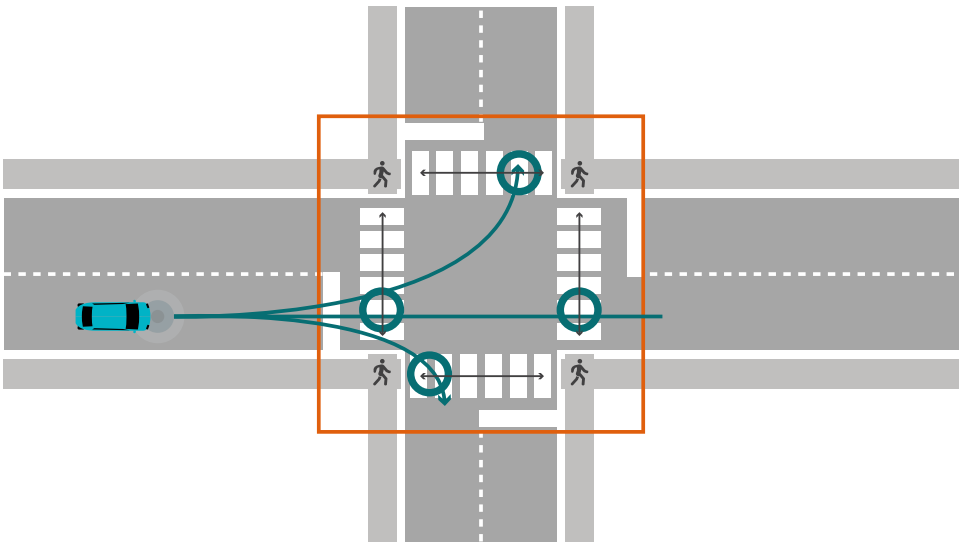
[그림 2-11] Advanced Driving Assistance Use Case

〈표 2-13〉 5GAA Advanced Driving Assitance Use Case 설명

Use Case	설명
Hazardous Location Warning	주행 경로 상의 위험한 상황에 대한 위치에 도달할 때 위험 경고를 운전자에게 전달함
Speed Harmonization	자율주행 차량에게 교통 및 도로 상황 및 날씨 정보 등에 기초하여 적정 속도를 권고함
High Definition Sensor Sharing	자율주행 차량은 카메라 및 LIDAR와 같은 자체 센서와 다른 차량의 센서 정보를 사용하여 환경을 인식하여, 자동 차선 변경 등 안전하게 주행할 수 있음
See Through	트럭, 미니밴, 버스 등의 후방을 통해 전방에 교통 및 도로 사항에 대한 카메라 이미지를 공유하는 기능으로 사고를 도움
Cooperative Line Change(CLC) of Automated Vehicles	주행 간에 선행 차량, 후행 차량이 서로의 위치, 속도 정보를 공유하고 안전하게 차선 변경이 가능하게 함

2.2.1.4 Vulnerable Road Use(보행자 지원)

취약도로 사용자 보호 기능(Vulnerable Road User Discovery)은 취약도로 구간에서 보행자, 자전거 이용자 중 휴대기기를 휴대하고 다니는 사람에게 근접하는 차량을 발견, 정보를 제공한다 (모바일 장치의 경우, 위험한 상황에 경고음, 진동, 빛 등 유발하여 보행자에게 경고를 알릴 수 있다).



[그림 2-12] Vulnerable Road User Discovery Use Case

2.2.2 5GAA Advanced V2X Use Case

5GAA에서는 3GPP Release 16 NR-V2X에 제안하기 위한 Use Case를 발굴하고 있다. 5GAA는 Liaison문서를 통해서 9가지 Advanced V2X Use Case를 3GPP에 제안하였고, 지속적으로 추가적인 Advanced V2X Use Case 분석 작업이 진행되고 있다.

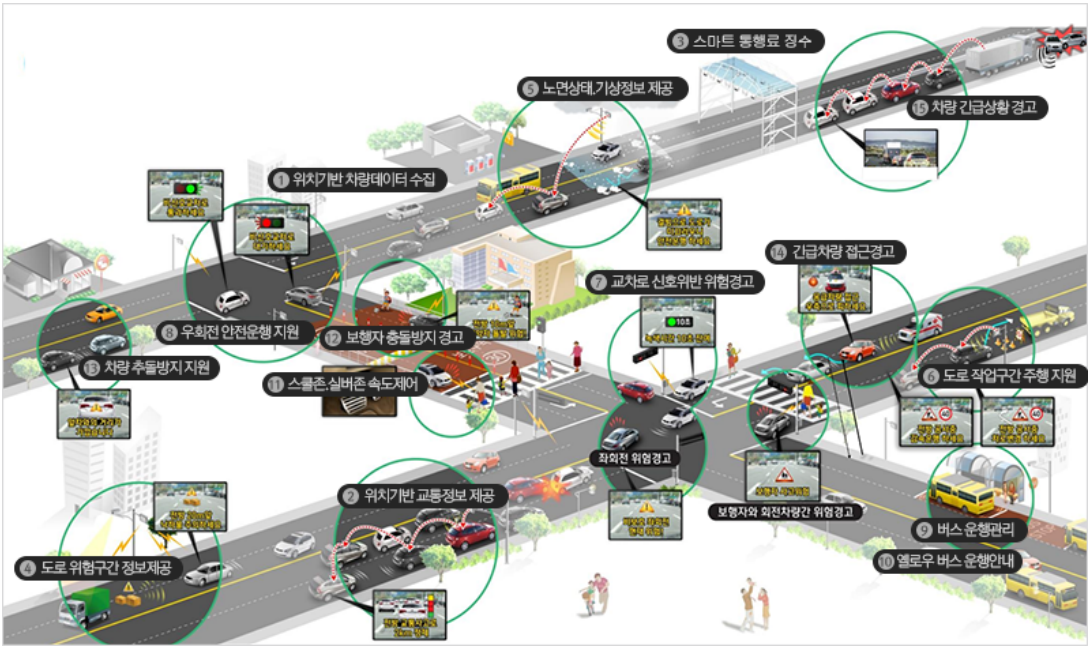
〈표 2-14〉 5GAA Advanced V2X Use Case

Use Case	설명
Vehicle's Platooning	군집 주행은 차종이 동일한 차량 간 그룹을 이루어 매우 근접한 거리를 유지하며 협력 주행하는 것을 의미함. 구성원간의 상태 정보 공유와 선두차량의 지원 (속도, 방향, 가속/감속 의도 공유)을 통해 차량간의 거리를 줄일 수 있으며, 이는 연료소비 및 배기가스 배출량을 감소시킬 수 있음
Merging of Platooning	동일한 방향으로 군집주행중인 두 개의 그룹은 병합하여 최적의 대형을 유지할 수 있음. 새로운 그룹을 형성할 때 각 그룹의 구성원은 다른 그룹의 정보를 함께 공유함
Tele Operated Driving	차량의 센서를 통해 인지된 환경 정보를 이용하여 원격 운전자는 원격으로 적합한 경로선택과 주행을 통해 차량이 목적지까지 효율적으로 도달할 수 있도록 함. 차량은 원격 운전자의 지시에 따라 움직임과 동시에 관련 정보를 원격 운전자에게 피드백 함.
Maneuver Sharing for AVs	자율주행차량은 주변의 자율주행차량과 조향에 관한 의사를 공유함. 호스트 차량이 최적 경로를 설정하기 위해서는 원격차량으로부터 주기적으로 경로 및 조향 의사에 대한 정보를 수신해야 함
AV Disengagement Report	자율주행차량이 자율 주행 시스템을 해제할 때, 차량은 OEM과 정부 데이터센터에 차량시스템 정보, 수집된 센서정보 그리고 주변환경에 대한 정보를 포함한 해제보고를 해야 함
Obstructed View Assist	장애물에 의해 호스트 차량의 시야가 방해 받을 때, 감시카메라는 호스트차량을 대신하여 시야를 제공할 수 있음. 호스트 차량이 전진 또는 후진 의사를 통해 어플리케이션 지역에 진입할 때 선택된 감시카메라 영상을 수신할 수 있음
Accident Report	호스트 차량에 사고가 발생했을 경우, 호스트 차량은 정부와 민간 (OEM) 데이터센터에 사고 발생 시기 전후의 차량 정보, 센서 정보, 주변 환경정보, 그리고 주변 카메라 영상이 담긴 사고보고를 전송함
Remote Automated Driving Cancellation (RADC)	네트워크 커버리지를 벗어나거나 주요 성능지표를 만족시키지 못한 경우, 또는 일상적이지 않거나 안전하지 못한 주행 등 다양한 이유로 자율주행 정지 기능이 작동할 수 있음. 자율 주행 기능이 정지되면 자율주행 차량에 이에 대한 충분한 정보와 지시사항이 전달되어야 하며 이를 통해 주행모드 변경이 이루어짐.

Use Case	설명
Autonomous Vehicle Parking	차량이 목적지에 도착했을 때, 차량은 LTE, 5G기지국 또는 노변 기지국을 통해 주차관리 서버로부터 주변 주차장 정보를 얻을 수 있으며 주차공간을 예약하고, 예약된 주차공간에 자동주차가 가능함. 자동주차를 위해서 호스트 차량은 높은 정확도의 위치 측정이 가능해야 함
High Definition Map Collecting & Sharing	차량들은 LIDAR나 고성능 센서를 통해 주변환경에 대한 정보를 수집할 수 있으며, 수집된 정보를 V2X 어플리케이션 서버에 업로드 함. 서버는 수집된 정보를 통합하여 고정밀 지도를 제작함. 고성능 센서가 장착되지 않은 차량들은 V2X 어플리케이션 서버로부터 지도를 다운 받아 직접 활용할 수 있음
Cooperative Emergency Warning	각 차량은 LIDAR, radar, 카메라 등 높은 해상도의 센서들로부터 정밀도가 높은 정보를 수집하여 주변의 차량 및 서버에 전달할 수 있음. 서버는 전달받은 고정밀 센서 정보들을 분석하여 차량들이 출동을 피하도록 경고하는데 사용할 수 있음
Cooperative Maneuvers of Autonomous Vehicles for Emergency Situations	협력 조향은 주변 차량과의 협력을 통해 차량들이 상호 보완적으로 움직이는 것을 의미함 (예: 긴급 제동, 긴급 조향). 자율 주행 차량들이 협력할 경우 위험한 상황을 함께 회피하여 안전성을 증대시킬 수 있으며, 갑작스러운 움직임에 의한 주변 차량과의 충돌의 위험성도 감소시킬 수 있음
Green wave: Continuous Traffic Flow Via Green Lights Coordination	한 방향으로 순차적으로 배치된 (보통 3개 이상) 신호등을 제어하여 차량이 각 신호등을 멈추지 않고 통과하게 할 수 있음
AV as Sensor Mapping Collector	차량이 도로상의 위험이나 이벤트를 센서를 통해 각각 수집하고 이 정보는 함께 공유할 수 있음 자율 주행 차량의 경우 자체 수집된 정보와 다른 차량에서 공유된 정보를 바탕으로 경로를 새롭게 설정하거나 차량 제어에 사용할 수 있음

2.3 국내 C-ITS Use Case

국내에서는 국토부 주관으로 2014년 7월부터 차세대 ITS (C-ITS) 시범사업을 추진하며 15대 서비스를 개발하여 대전시, 세종시 등에서 실증을 진행해 오고 있다. 차세대 ITS 서비스는 차량 주행 중 운전자에게 주변 교통상황과 급정거, 낙하물 등 사고 위험정보를 실시간으로 제공하는 서비스 개념으로 V2V, V2I 시나리오에 대한 다양한 Use Case를 시험하고 있다.



[그림 2-13] 차세대 ITS 15대 서비스

〈표 2-15〉 차세대 ITS Use Case 설명

서비스분야	핵심기능	설명
기본정보 수집제공	위치기반 차량데이터 수집	차량단말기로부터 차량의 상태정보와 위치정보, 운행정보를 수집하고 센터 서버에 저장
	위치기반 교통정보 제공	센터에서 가공된 소통정보 등 위치기반의 교통정보를 도로 주행하는 차량단말기에 제공

서비스분야	핵심기능	설명
요금징수	스마트 통행료 징수	유료도로 통행의 경우 요금지불을 위해 정차하지 않고 속도를 유지하면서 지불 (기존HI-PASS와 다른시스템으로 실제 통행 과금이 없는 시범서비스)
안전(주의) 운전지원	도로 위험구간 정보제공	잠재적 위험 및 실시간 돌발상황에 대해 전방상황 정보 및 안전운행 정보 제공
	노면상태, 기상정보 제공	차량 주행에 위험을 끼치는 노면상태나 기상에 대해 상황 정보 및 안전운행 정보 제공
	도로 작업구간 주행 지원	차량 주행 중인 도로의 작업(공사, 청소 등)상황에 대해 상황정보 및 안전운행 정보 제공
교차로 안전통행 지원	교차로 신호위반 위험경고	교차로 통과 차량에게 교차로 신호현시정보 가공을 통해 사고발생, 신호위반 피해 예방
	우회전 안전운행 지원	교차로 접근로 주행 차량이 우회전하는 경우 발생되는 상충에 기인하는 충돌사고 예방
대중교통 안전지원	버스 운행관리	버스 운행정보 수집으로 실시간 버스운행 관리를 통해 운송서비스 품질 및 안전성 증대
	옐로우버스 운행안내	옐로우 버스 승하차 운행상황을 주변차량에 전파해 주의 운전을 유도
보행자 상시 Care	스쿨존, 실버존 속도제어	스쿨존 진입 차량에게 경고와 규정 속도 운행 유도하고 실시간 운영 및 안전정보 제공
	보행자 충돌방지 경고	교차로 또는 도로구간 주행 시 횡단 보행자 및 자전거와 충돌사고 예방
차량간 사고예방	차량 추돌방지 지원	차량위험상황이나 저속차량에 의한 차량 상황을 실시간으로 수집, 통보해 2차 사고 예방
	긴급차량 접근경고	긴급차량의 구난, 구조현장 도착시간 단축을 위해 긴급차량 주행상황을 전방차량에 전달
	차량 긴급상황 경고	도로 주행 차량의 고장, 사고 발생으로 추종하는 차량의 직접 또는 2차 사고 예방

5G

3. C-V2X Business Model

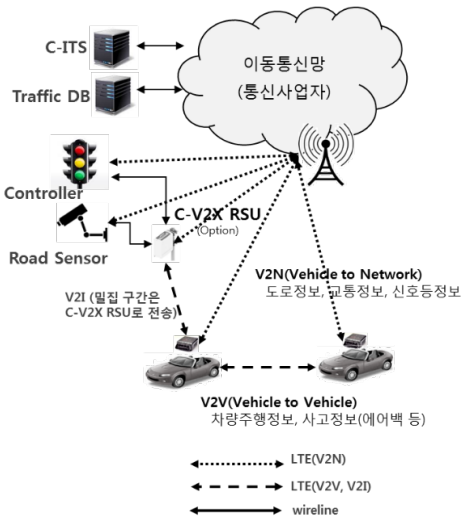
3. C-V2X Business Model

본 장은 C-V2X 기술을 사업화 할 수 있는 다양한 네트워크 구축 모델을 분석하고 C-V2X 기술을 활용하는 사업 모델을 소개한다.

3.1 C-V2X 구축

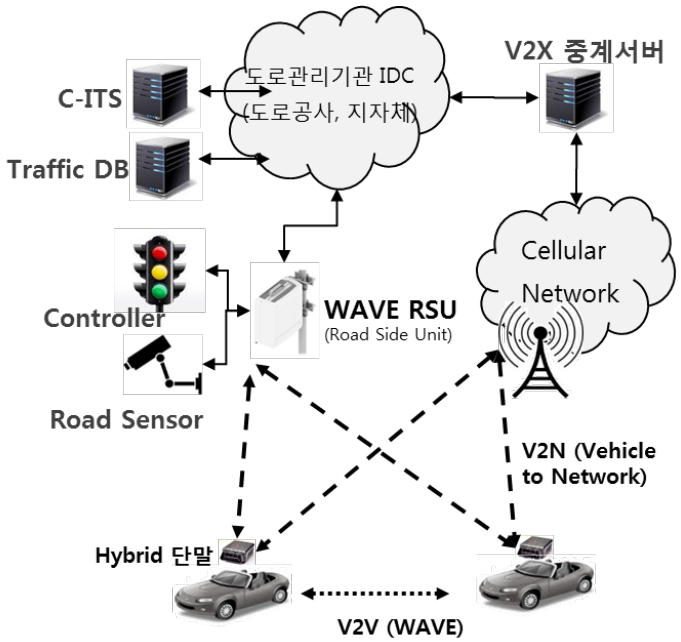
3.1.1 C-V2X 네트워크 구축방안 비교

C-V2X를 활용한 네트워크 구축 방안은 V2V, V2I, V2P, V2N 구현을 위해 Release 14 기반 LTE V2X, 5G, WAVE 등 다양한 기술 조합에 따라 많은 경우의 수를 갖는다. 본 백서에서는 ①LTE V2X만을 활용한 경우, ②LTE V2X와 WAVE를 하이브리드로 사용하는 경우, ③5G를 활용하는 경우의 3가지 구축 방안을 제시하고 각각의 구조, 성능, 장단점을 살펴본다. 첫 번째 구축방안은 LTE V2X를 활용한 구축방안이다. 망 구조는 교통정보 혹은 환경정보 등은 기존 LTE망을 통하여 전송하고, 충돌방지 등 저지연이 요구되는 차량간 통신은 Release 14 LTE V2X 이용한다. 성능은 기존 LTE망의 커버리지와 동일하며, 최대 75Mbps(통상 수백kbps~수Mbps), 지연시간은 V2N 100ms(통상 50ms), V2V 20ms 이내로 서비스 된다. 본 구축방안의 장점은 일부 트래픽 밀집지역 등에서 RSU 설치가 필요할 수도 있으나, 대부분 기존 통신망을 사용하여 투자비가 적다는 점이다. 또, 통신 사업자간에 V2N을 통한 연동이 가능하다. 단점은 LTE 트래픽 밀집 지역에서 지연 발생 가능성 있어 별도 QoS 관리가 필요하다.



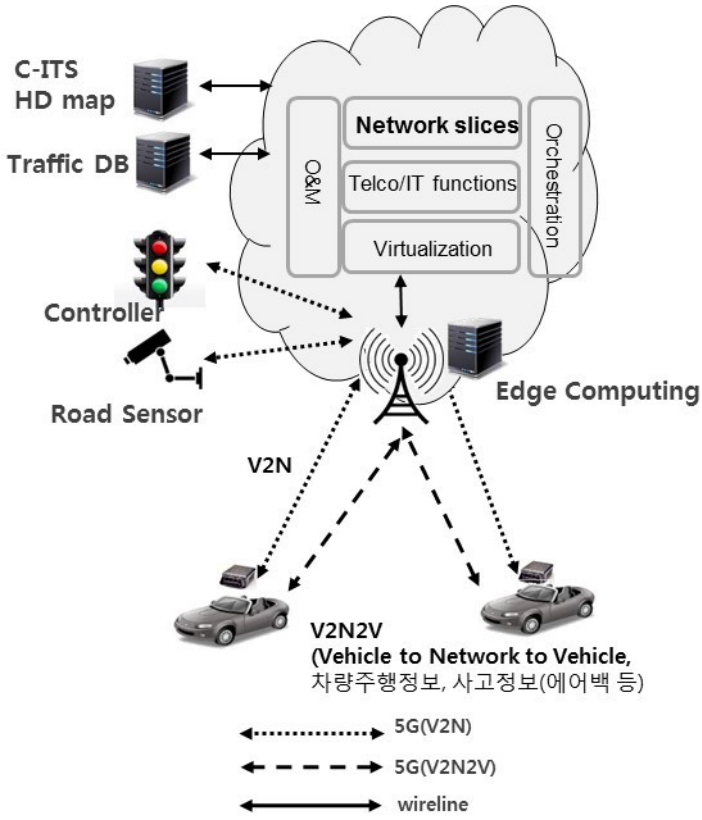
[그림 3-1] LTE V2X 망 구성도

두 번째 구축 방안은 WAVE와 LTE V2X를 혼용한 하이브리드 구축방안이다. 망 구조는 WAVE 통신망과 LTE 상용망을 이용하며, 이들간 V2X 트래픽을 V2X 서버에서 중계해준다. 단말은 WAVE와 LTE모듈을 모두 탑재한다고 가정한다. 커버리지의 경우 RSU 범위와 관계없이 일반 LTE와 동일하다. 장점은 일반 LTE망을 이용하여 커버리지가 넓고, 현재 시점에서 WAVE 하드웨어 테스트를 진행하고 있으므로 조기 상용화가 가능한 방안이다. 단점은 단말 구성이 복잡하여 단말 비용이 증가할 수 있어 C-V2X 확산 전 단기적으로만 활용 가능하다.



[그림 3-2] WAVE, LTE V2X의 하이브리드 망 구성도

세 번째 구축방안은 5G를 이용한 구축방안이다. 망 구조는 교통정보 혹은 환경정보 등의 기존 V2N 뿐만 아니라 충돌방지 등 저지연이 필요한 차량간 통신도 5G V2N을 이용한다. 성능은 5G기지국 200m~1km이내, 최대 20Gbps, 지연시간은 V2N, V2N2V 모두 20ms 이내이다. 장점은 기존 LTE V2X를 통해 지원 가능한 서비스를 포함한 모든 서비스를 통합하여 자율주행에 적합한 V2X 통신망이다. 단점은 5G 상용 초기 단계에서 5G 커버리지가 부족하며 5G V2X용으로 별도 주파수가 필요할 수 있다.



[그림 3-3] 5G를 이용한 망 구성도

3.1.2 RSU 설치에 따른 V2X 서비스 소요비용 비교

V2X 서비스를 제공함에 있어 RSU는 C-V2X 혹은 WAVE에서 사용 가능하다. 본 절에서는 ①RSU를 설치하지 않는 경우, ②RSU 설치를 도로주변에 하는 경우, ③RSU 설치를 신호제어기에 하는 경우의 3가지로 구분하여 투자비, 연간 운영비 등의 소요비용을 예측한다. 첫 번째 경우로서 RSU 설치하지 않고, 상용 이동통신망 이용하는 경우의 소요비용을 예측한다. 가정은 다음과 같다. 국내 커넥티드 카 시장 규모는 2018년 151만대, 2019년 222만대, 2020년 326만대로 가정한다. 국내 통신3사 LTE IoT망 기준 월 회선당 요금은 11,000원이나, V2X 요금제는 IoT 요금의 20%~80% 예상되며 정부, OEM, 통신사간 협상 결과에 달라질 수 있다. 결국, RSU를 설치하지 않음에 따라 구축비는 발생하지 않으며 운용비용만 아래 〈표 3-1〉과 같이 고려될 수 있다.

〈표 3-1〉 RSU 미 설치 시 예상 소요비용

기간	2018년	2019년	2020년
예상 차량대수 (단위: 만대)	151만대	222만대	326만대
예상 운영비용 (단위: 억원)	398~1595	586~2344	860~3443

두 번째 경우로서 RSU를 도로주변에 설치하는 경우의 소요비용을 예측한다. 가정은 다음과 같다. 서울시내 도로와 전국 특별·광역시 도로기준으로 나누어 분석하며, 1Km 당 1대의 RSU가 구축된다. 구축비 중 전원, 지주설치 등 공사비는 2,000만원, RSU 1대 당 가격은 1,000만원으로 산정한다. 연간운영비는 장비가와 구축비 합의 15%로 가정한다. 결국, RSU를 도로주변에 설치하는 경우의 소요비용은 아래 표와 같이 고려될 수 있다.

〈표 3-2〉 RSU 도로주변 설치 시 예상 소요비용

	연장(Km)	장비가(억원)	구축비(억원)	장비가+구축비(억원)	연간운영비(억원)
서울시내	1,027	102	205	308	46
전국 특별·광역시	4,761	476	952	1,428	214
고속도로	4,438	443	887	1,331	199
합계	10,226	1,023	2,045	3,067	460

세 번째 경우로서 RSU를 신호 제어기에 설치하는 경우의 소요비용을 예측한다. 가정은 다음과 같다. 서울시내와 전국으로 나누어 신호제어기 1개당 1대 RSU 구축한다. 신호제어기와 신호등 간 거리가 RSU 커버리지 보다 작다. RSU 1대 당 1,000만원 그리고 구축비는 1,500만원을 가정하며, 연간 운영비는 장비가와 구축비 합의 15%로 책정한다. 결국, RSU를 신호 제어기에 설치하는 경우의 소요비용은 아래 표와 같이 고려될 수 있다.

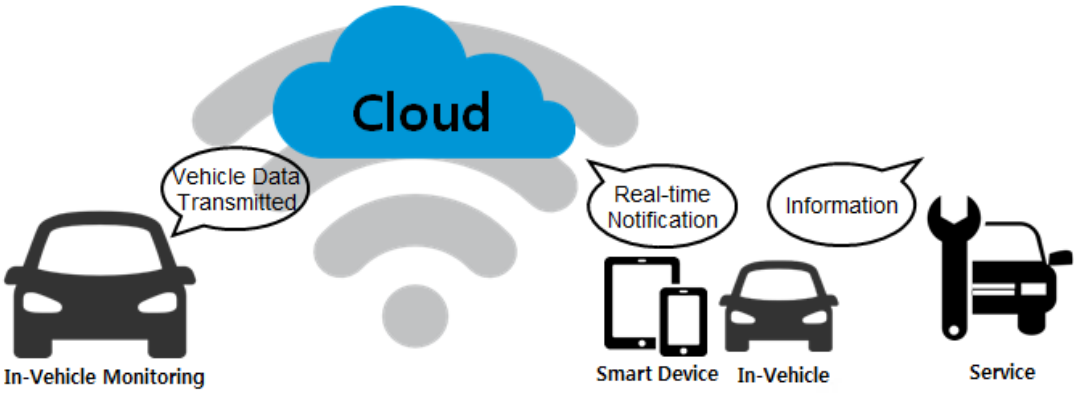
〈표 3-3〉 RSU 신호 제어기 설치 시 예상 소요비용

	신호제어기 수	장비가(억원)	구축비(억원)	장비가+구축비(억원)	연간운영비(억원)
서울시	3,897	389	585	974	146
전국	40,000*	4,000	6,000	10,000	1,500

3.2 C-V2X기반 커넥티드 카 BM 분석

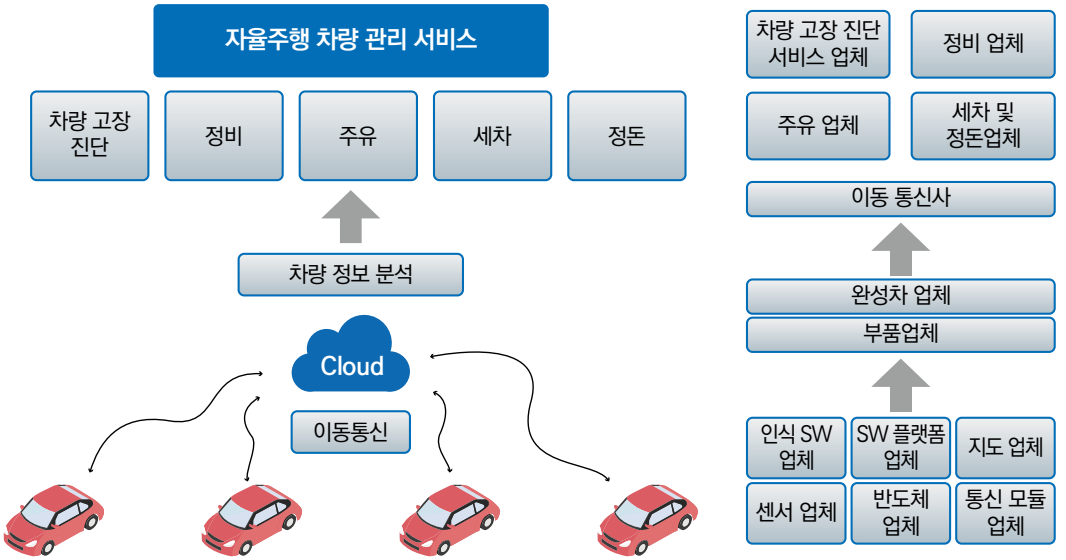
3.2.1 차량 관리 서비스

차량 관리 서비스란 차량 고장 진단 서비스 및 차량 관련 정보를 이용한 정비, 주유, 세차, 주차 등 차량 관련 서비스를 말한다. 사용자를 위해서 고장 진단 서비스의 제공과 차량 데이터 분석에 기반하여 정비, 주유, 세차 서비스 제공이 예측된다. 기술발전에 따라 통신 기술 발전에 따른 차량 실시간 모니터링 및 차량 빅데이터 분석, 차량 고장 진단, 차량 정보 기반 정비, 주유, 세차 서비스 연결 등의 서비스 제공이 가능하다. 주요 서비스 시나리오는 커넥티드 카를 위한 클라우드 기반 고장 진단 및 정비, 주유, 세차, 주차 등 관련 서비스가 유력하다. C-V2X 기반 차량 관리 서비스를 통해 차량 내 센서 정보의 실시간 업로드를 통한 실시간 고장 진단 서비스 제공, 실시간 고장 진단 제공을 통한 커넥티드 카 서비스 안전성 보장 가능, 실시간 차량 정보에 기반한 차량 관리 서비스 품질 향상이 기대된다.



[그림 3-4] 차량 관리 서비스 개요

차량 관리 서비스를 위한 간략한 생태계 분석 결과 커넥티드 카 이후 자율주행 진화 시 고장 진단 및 예측은 자율주행차 운영을 위해서 매우 중요한 이슈가 될 것으로 예상된다. 현재 자동차 업체, 데이터 분석 업체, 서비스 업체 등 차량 네트워크 탑재를 통한 관련 정보 분석을 위해서 노력하고 있다. 또, 주문형 정비, 주유, 세차 등 관련 서비스 시장이 성장하고 있으며 미래 서비스 진화에 대비하고 있다.

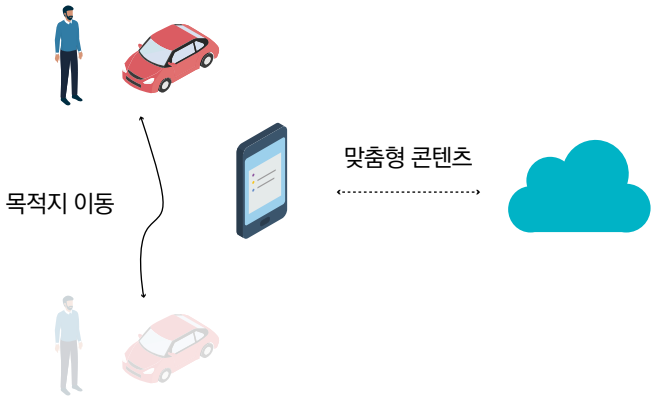


[그림 3-5] 차량 관리 서비스 생태계

차량 관리 서비스를 위한 현재 기술의 한계를 분석하고 C-V2X를 통한 기여요소를 살펴본다. 현재 기술로는 OBD II 데이터를 스마트폰을 이용하여 서버로 전송하는 모델이 상용화 되었으나, OBD II 데이터가 제한적이기 때문에 서비스에 제한이 있다. 또, eCall 서비스가 신차안전도평가 항목에 등록되면서, LTE 모듈을 이용한 데이터의 전송 모델이 나타나고 있으나, 차량이 늘어나게 되면 LTE 망으로는 데이터 용량에 문제가 생길 수 있다. C-V2X 기여요소로서 차량 내 센서 정보의 실시간 업로드를 통한 실시간 고장 진단 서비스 제공 가능하며, 5G기반 C-V2X가 도입되면 다수 차량에 대한 대용량 데이터의 전송 가능하다. 또, 실시간 대용량 정보 전송과 이를 활용한 차량 데이터 분석이 가능하다.

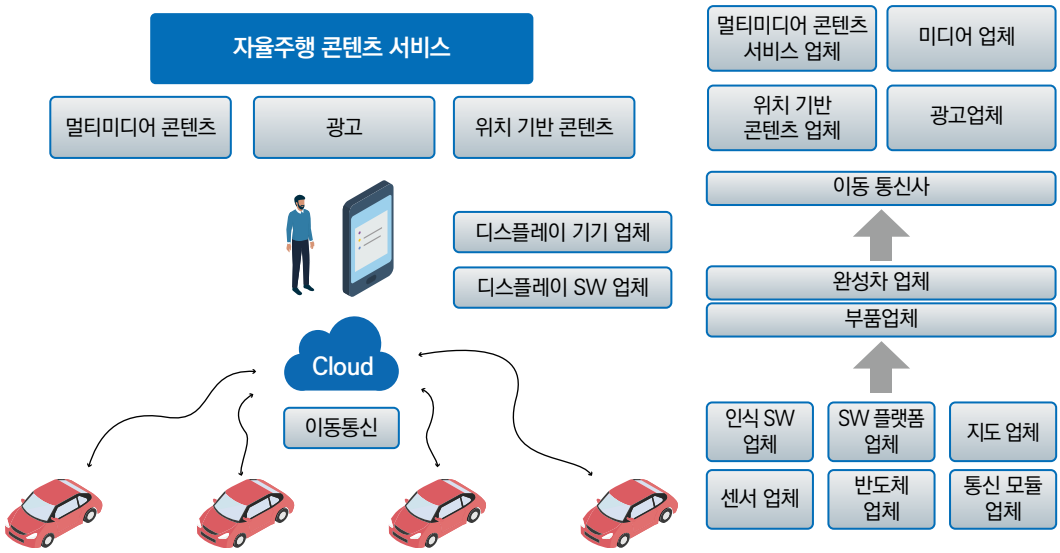
3.2.2 콘텐츠 서비스

콘텐츠 서비스란 자율주행 차량 내의 대용량 멀티미디어 콘텐츠 서비스 및 멀티미디어 콘텐츠 기반 안내 서비스로 광고 및 브랜드 연동 가능한 서비스를 말한다. C-V2X를 활용한 커넥티드 카는 이동 시간의 차량내 시간 활용이 필요하고, 이에 따라 기술적으로 대용량 데이터 네트워크 기반 멀티미디어 콘텐츠 제공이 가능하다. 주요 서비스 시나리오는 커넥티드 카 내에서의 멀티미디어 콘텐츠 서비스와 위치 정보에 기반한 안내 서비스가 있을 수 있다. 또, 5G 기반 콘텐츠 서비스는 고화질 실시간 대용량 콘텐츠 제공, 사용자 분석 및 정확한 이동 시간 예측으로 맞춤형 콘텐츠 제공, 실제 보이는 장면과 연계하여 증강 현실로 정보를 제공하거나 가상현실 콘텐츠 이용이 가능하다.



[그림 3-6] 콘텐츠 서비스 개요

콘텐츠 서비스를 위한 간략한 생태계 분석 결과 사용자의 이동 시간을 예측하여 맞춤형 콘텐츠를 제공하는 관련 시장이 매우 큰 성장을 보일 것으로 예상된다. 또, 자동차사, 콘텐츠 업체 등에서 관련 컨셉이 제시되고 있고, 이동시간 맞춤형 콘텐츠, 관광용 택시 등의 서비스 역시 제시되고 있다.



[그림 3-7] 콘텐츠 서비스 생태계

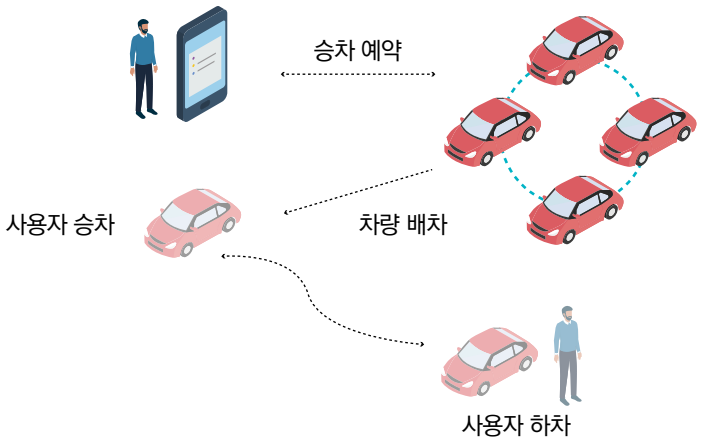
콘텐츠 서비스를 위한 현재 기술의 한계를 분석하고 C-V2X를 통한 기여요소를 살펴본다. 현재 LTE 환경에서도 일부 차량에만 서비스를 가정하면, 대용량 비디오 콘텐츠 등의 대용량 콘텐츠 전송이 가능할

수 있다. IFA2017에서 독일의 도이치텔레콤은 스마트홈의 카메라 영상을 차량 헤드유닛으로 전송하는 서비스를 발표하였으나, 서비스가 활성화 될 경우 LTE 망의 부담이 되기 때문에, 2초당 1프레임의 영상을 전송하는 서비스를 제시하였다. C-V2X를 통해TV, 영화, 멀티미디어 콘텐츠, AR, VR 등 고화질 실시간 대용량 콘텐츠 제공이 가능하다. 또, 5G를 통한 서비스 품질 향상으로 정확한 이동 시간 예측이 가능하고 맞춤형 콘텐츠 제공이 가능하다.

3.3 C-V2X기반 자율주행 BM 분석

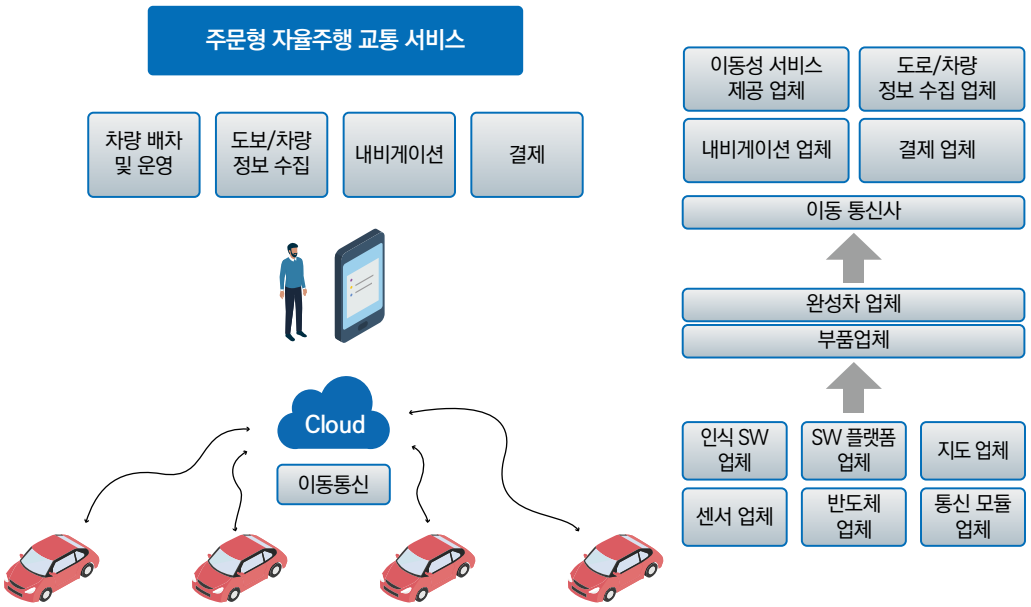
3.3.1 주문형 교통 서비스

주문형 교통 서비스란 사용자가 이동성 서비스를 주문하면, 주위의 차량에서 시간과 거리를 고려하여 최적의 차량을 배차하고, 원하는 목적지까지 자율주행으로 이동할 수 있는 서비스를 말한다. 단순한 이동성 서비스에서 도시 내의 수많은 차량들을 연계하여 도시 내의 교통 서비스를 바꾸는 주문형 교통 서비스로 발전할 것으로 예상된다. 현재, 제공되고 있는 관련 서비스로는 승차 공유, 차량 공유, 택시 예약, 카풀 서비스, 자율주행 택시 시범 서비스 등이 있다. 주요 서비스 시나리오를 살펴보면 다음과 같다. 사용자가 스마트폰이나 기기로 이동성 서비스 주문 및 예약을 하면 사용자의 위치를 파악하여 차량이 배차된다. 배차된 차량이 자율주행으로 이동하여 사용자가 탑승하고, 목적지까지 최적의 경로로 자율주행 이동한다.



[그림 3-8] 주문형 교통 서비스 개요

주문형 교통 서비스를 위한 간략한 생태계를 분석해본 결과 현재 주문형 승차 서비스는 자율주행의 핵심 응용으로 평가되고 있다. 자동차 업체, 서비스업체, 승차 공유, 카풀 등 다양한 분야의 업체들이 미래 시장 장악을 위해서 노력하고 있다.

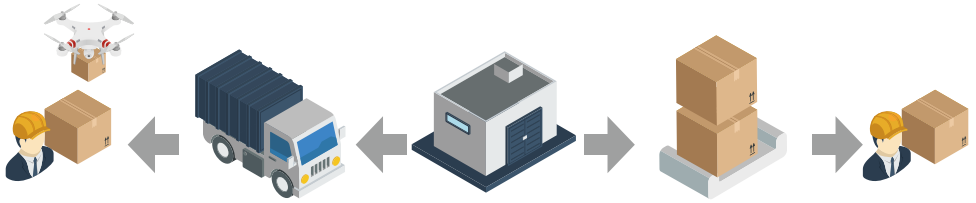


[그림 3-9] 주문형 교통 서비스 생태계

주문형 교통 서비스를 위한 현재 기술의 한계를 분석하고 C-V2X를 통한 기여요소를 살펴본다. 다양한 신호체계, 변화하는 교통량, 예측하기 힘든 주변 차량의 거동 변화 등 도심환경은 자율주행 기술이 대응해야 하는 주행 난이도가 높다. 현재 택시 예약이나 승차 공유 서비스의 위치 정밀도의 한계로 인하여 다양한 문제점들이 나타나고 있다. C-V2X 기술 도입에 따라 자율주행차 기술의 안정성 및 기능의 고도화가 가능하다. 주문형 교통 서비스에 사용되는 수많은 차량에 대한 실시간 위치 정보 파악으로 차량 배차 정밀도를 향상 시킬 수 있다. 또, 정밀성, 안정성 및 밀집 지역에서의 원활한 서비스를 제공 할 수 있다.

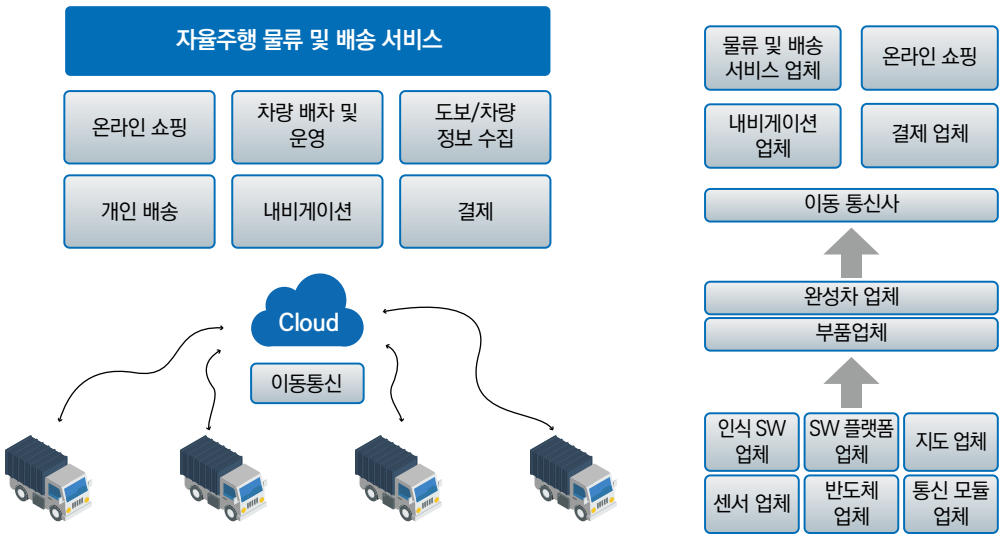
3.3.2 물류 및 배송 서비스

자율주행 물류 및 배송 서비스는 자율주행 트럭이나 차량을 이용한 물류 또는 배송 서비스를 말한다. 자율주행 트럭을 통해서 물류의 효율을 높일 수가 있으며, 자율주행 배송 서비스는 개인 주문 제품을 배송의 효율을 높일 수 있을 것으로 보인다. 사회 고령화로 장거리 트럭 및 물품 배송 인력 고령화와 인력 부족이 심화되고 있으며 사고 절감, 물류 효율 증대가 절실하다. 통신 기술 발전에 따른 차량 실시간 모니터링, 교통 흐름 모니터링, 트럭 배차가 가능하고, 주문, 쇼핑, 배송, 물류의 일체화가 가능하다. 주요 서비스 시나리오는 자율주행 트럭을 이용한 물류 서비스, 자율주행 차량을 이용한 개별 물품 배송 서비스, 쇼핑/물류/저장/배송 융합 서비스가 주요 서비스 시나리오로 유력하다.



[그림 3-10] 물류 및 배송 서비스 개요

물류 및 배송 서비스의 생태계는 자동차사, 이동통신사, 물류 업체, 차량 관제 업체 등 다양한 업체들이 관련 시장에 노력을 기울이고 있다. 온라인 쇼핑 업체도 주문 예측 배송 기술을 바탕으로 관련 시장 장악에 노력하고 있다. 차량 부품, 소프트웨어, 인식, 지도, 통신 모듈 업체 등 자율주행 트럭 관련 업체, 저장 창고 운영 업체, 트럭 배송 업체, 물류 업체 등 물류 관련 업체, 온라인 쇼핑 업체, 개인 배송 업체, 사용자용 앱 및 소프트웨어, 결제 서비스 등 개인 배송 관련 업체가 관련되어 있다.



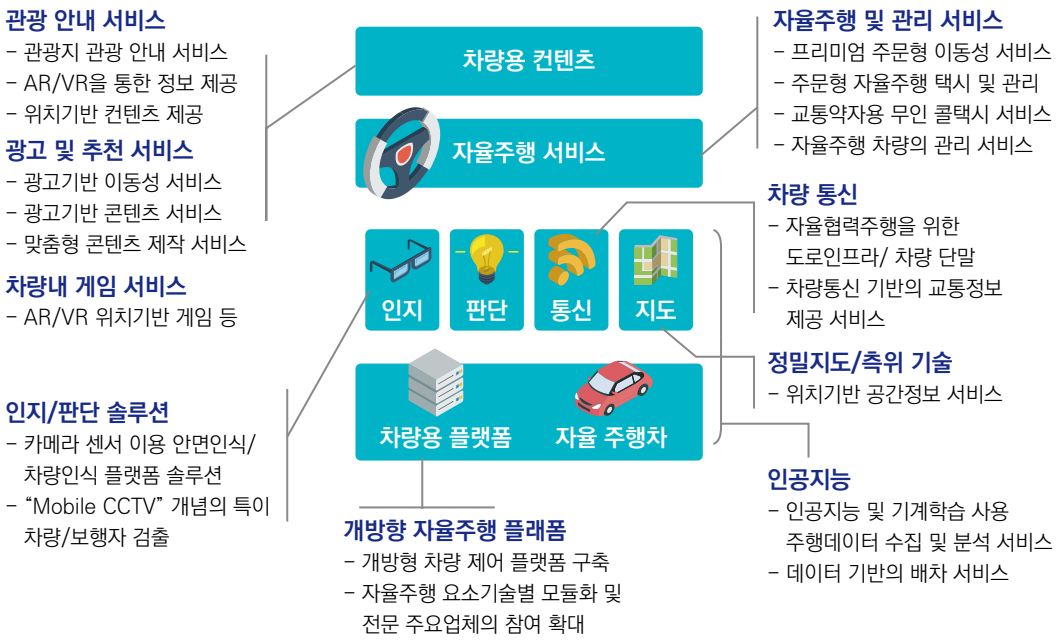
[그림 3-11] 물류 및 배송 서비스 생태계

물류 및 배송 서비스 관련 현재 기술은 군집트럭의 경우 5대 이하의 소수 차량을 이용한 시연에 그치고 있으며, 통신 지연을 고려할 때 차량간 거리가 수 미터에 이른다. 현재 환경의 경우, 대용량 데이터의 전송이 어렵고 일부 시범 차량의 경우 대용량 데이터 전송이 가능할 수 있지만, 많은 차량에 대해서는 네트워크에 부담을 줄 수 있다. C-V2X 기여요소로서 5G V2X 기술의 경우, 지연시간이 기존 통신망에 비해 1/10

수준이므로, 통신 지연만을 고려해 물리적으로 확보해야 하는 최소 차간거리가 수 센티미터로 줄어들 수 있다. 또, 보조운전자가 탑승하지 않는 경우, 실시간으로 물류 트럭의 위치 및 차량 거동 파악하고, 유사시 신속한 대처가 이루어지기 위한 실시간 차량 상태 모니터링이 가능해질 수 있다.

3.4 중소기업을 위한 새로운 사업모델 제시

본 절에서는 C-V2X 기술 발전에 따라 중소기업에 갖을 수 있는 비즈니스 모델을 살펴본다. 관련 서비스로 아래 그림과 같이 관광 안내 서비스, 광고 서비스, 맞춤형 콘텐츠 제작 서비스, 게임 콘텐츠 서비스, 주문형 정돈 서비스, 프리미엄 주문형 이동성 서비스, 장소 추천 서비스, 택시회사 사업 모델 확장, 교통 약자 배려 무인 콜택시 사업, 주문형 자율주행 서비스 실수요 예측 및 파생 사업 전문 컨설팅 사업, 개방형 플랫폼 기반 자율주행 알고리즘 개발 및 시험, 인공지능 & 기계학습 사용 주행데이터 전문 수집 사업, 자율주행 차량 카메라 센서 이용 안면인식 플랫폼 솔루션 제공 사업 등이 있다. 예를 들어, 관광 안내 서비스의 경우 관광지에서 C-V2X 기반 자율주행차량을 이용한 관광 안내 서비스로 관광지의 주요 지점을 자율주행으로 이동하면서, 대용량 콘텐츠나 AR/VR 등을 이용하여 안내해 주는 서비스이다. 역사, 문화, 인물, 지역, 건물 등 다양한 각 관광지 별 관광 데이터와 C-V2X 기반 자율주행 차량을 융합한 서비스를 제공 가능하다



[그림 3-12] C-V2X 관련 중소기업 BM 가능 안

5G

4. C-V2X 기술현황

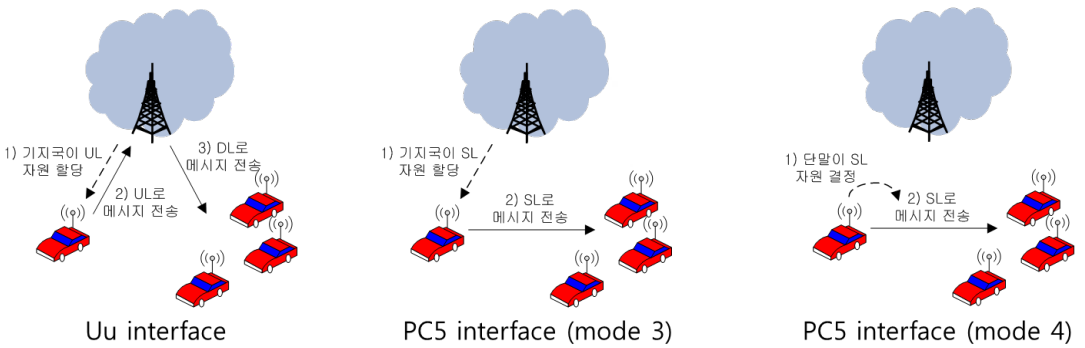
4. C-V2X 기술현황

본 장의 4.1절에서는 자율주행 자동차에 활용되는 C-V2X 기술에 대하여 WAVE 기술과의 비교를 통해 그 특징을 설명한다. 4.2절에서는 C-V2X 기술을 3GPP의 표준화 단계별 기술로 세분화하여 해당 세부 기술들의 주요 사항들을 기술하고, 자율주행 단계에 따른 적용 세부기술 관계와 지원 Use Case들을 설명한다. C-V2X 기술의 시험인증 표준화 및 체계와 측정 시스템 개발 현황은 4.3절에서 기술한다.

4.1 C-V2X와 WAVE 기술 비교

4.1.1 C-V2X 및 WAVE 플랫폼 구조

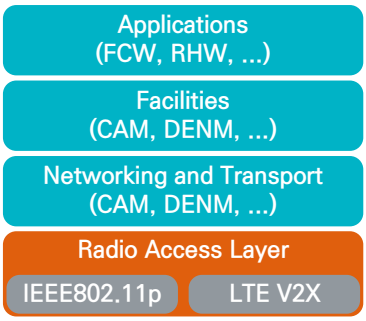
C-V2X는 3GPP에서 제정된 자율주행 차량용 무선 전송 기술 표준으로 이동통신 기지국과 단말 간 종래의 상향/하향링크 (Uu 인터페이스)와 더불어 차량 단말 간 직접 통신 링크 (PC5 인터페이스; Sidelink(SL))를 지원하고 있다. C-V2X Sidelink의 전송 기법으로 [그림 4-1]과 같이 전송자원 결정을 기지국이 수행하는 Tx Mode 3와 단말이 직접 수행하는 Tx Mode 4로 구분한다.



[그림 4-1] C-V2X Uu 인터페이스 및 PC5 인터페이스 Tx Mode 별 자원 설정 전송 방법

반면 WAVE(Wireless Access Vehicle Environment)는 2016년에 개정된 자율주행 차량용 IEEE 기술 표준으로 물리계층과 MAC계층 프로토콜은 IEEE802.11p를 차용하고 네트워크계층과 상위응용계층 프로토콜과 보안 규격을 IEEE1609.1~4 표준으로 구성하고 있다. WAVE와 C-V2X는 네트워크 및 전송 계층 이상의 상위 프로토콜은 공유하도록 설계할 수 있으며, 결국 Radio Access 계층 (물리계층

및 MAC계층) 기술 간 차이로써 시스템 기술 비교가 가능하다. WAVE Radio Access 계층 기술인 IEEE802.11p과 C-V2X Radio Access 계층 기술인 3GPP LTE SL Tx Mode 4 간의 상기 공유를 전제로 한 시스템 구성을 ETSI ITS 프로토콜 구조 기준으로 [그림 4-2]와 같이 도시할 수 있다.



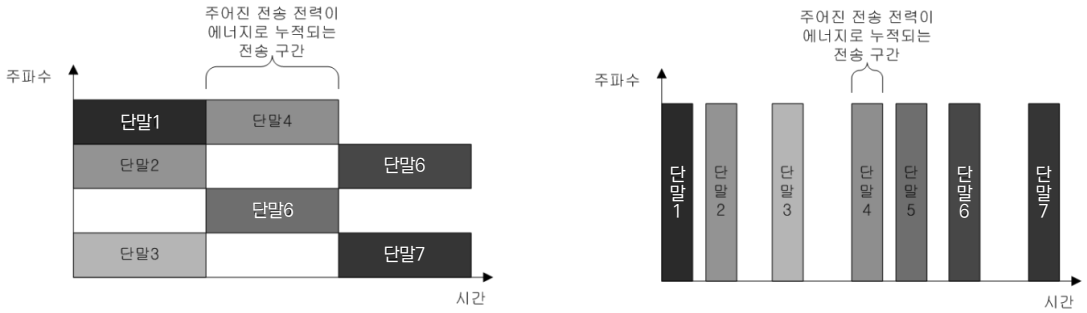
[그림 4-2] ETSI ITS 프로토콜 구조 기반 Radio Access 계층 기술 정합 관계

4.1.2 Radio Access Layer 기술 비교: WAVE IEEE 802.11p VS. LTE PC5 TX Mode 4

상기 LTE PC5 TX Mode 4와 WAVE IEEE802.11p의 두 Radio Access 기술은 5.9 GHz(ITS 주파수 대역)에서의 전송 전력과 불요 발사 전력 등의 기술 기준에 대응할 수 있으며 기지국 및 이동통신 네트워크 없이 무선 통신이 가능하다는 점에 공통점이 있으나, 다음과 같은 기술 차이점들을 가지고 있다.

① 차이점 #1: 복수 단말에 대한 전송 자원 할당 기법

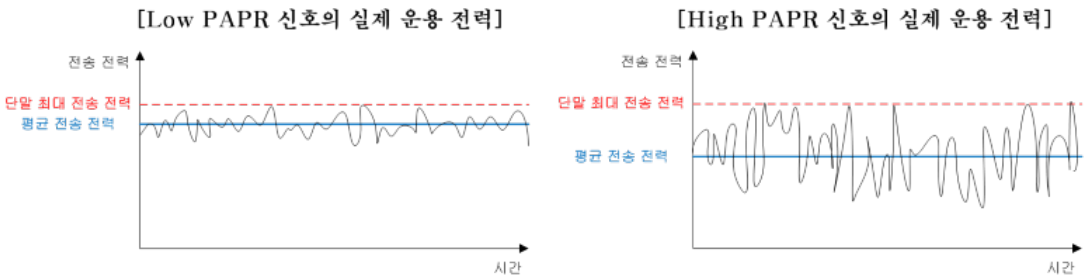
[그림 4-3]에서 도시하는 바와 같이, 802.11p는 비동기 기반의 시간 분할 형태의 단말 전송자원 할당을 수행하며 단말 수가 많은 상황에서 개별 단말이 확보하는 전송 시간이 줄어들게 되어 전송에 사용되는 에너지가 같이 감소하게 되는 반면 LTE PC5 TX Mode 4는 시간 분할과 동시에 주파수 분할 형태의 단말 전송자원 할당을 수행하며 단말 수가 많은 상황에서 802.11p 대비 상대적으로 효율적인 전송자원 할당이 가능한 관계로 전송 사용 에너지 확보가 용이하게 되어 전송 커버리지 확대나 유효 커버리지 내 전송 성능 향상이 가능하다는 장점이 있다.



[그림 4-3] LTE PC5 TX Mode 4와 WAVE IEEE802.11p 간 전송 자원 할당 기법 비교

② 차이점 #2: 무선 신호 파형 상의 평균 대비 전력 변화율 (PAPR: Peak-to-Average Power Ratio)

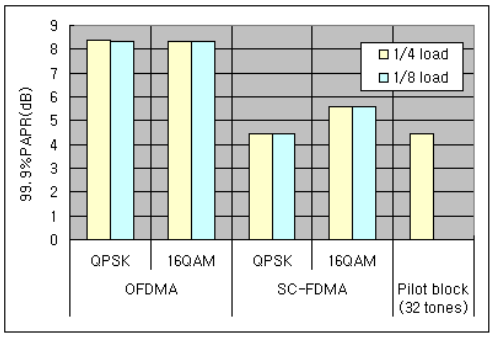
시간 축에서 신호 파형 상의 PAPR이 큰 경우, 송신기 신호 증폭기 (파워 앰프) 상의 실제 전송 전력을 최대 출력에 근접하게 높일 때 순시적 신호 전력이 최대 출력 기준을 초과하여 출력 증폭 신호의 왜곡이 발생하게 되어 최대 전송 전력 대비 신호 왜곡이 발생하지 않는 수준의 전송 전력 값이 실질 최대 전송 전력이 되는 Backoff가 필요하게 된다. [그림 4-4]에서 표현하는 바와 같이 높은 PAPR 특성을 갖는 전송 신호의 경우 실질 최대 전송 전력은 상대적으로 낮아지게 되어 이는 전송 커버리지 확보 또는 일정 거리 상의 통신 성능 향상에 있어 성능 열화를 초래하게 된다.



[그림 4-4] PAPR에 따른 실제(평균) 전송 전력 운용 한계

WAVE의 IEEE802.11p는 높은 PAPR이 발생하는 다중 캐리어 OFDM 기반 신호 파형을 사용하는데 반해 3GPP LTE PC5 TX Mode 4는 상대적으로 PAPR이 낮은 SC-FDMA 신호 파형을 사용하여 송신기 신호 증폭기가 제공하는 최대 전력에 근접한 실제 전송 전력 사용이 가능하다. OFDM과 SC-FDMA 신호 파형 간의 PAPR 차이를 Pulse Shaping Filter를 적용하고 전체 주파수 Tone 중 신호 에너지가 실리는 Load 비율과 QPSK, 16QAM를 적용하여 산출하면 [그림 4-5]에 표시되는 바와 같이

2.5dB에서 3.8dB 수준의 차이가 나며 이는 그대로 운용 가능한 최대 전송 전력의 차이로 연결되어 최대 전송 거리 확보 및 통신 성능의 차이로 연결된다.



[그림 4-5] Pulse Shaping Filter 적용 상태에서의 OFDMA와 SC-FDMA 간 PAPR 비교

③ 차이점 #3: 물리계층 규격 적용 기술 및 성능 규격 지원

다중 안테나 지원, 채널 코딩, 단말 성능 규격 지원 등의 통신 기술 적용 측면에서 802.11p과 LTE PC5 TX Mode 4 간 주요 차이를 정리하면 〈표 4-1〉과 같다.

〈표 4-1〉 802.11p와 LTE PC5 TX Mode 4 간 물리계층 기술 규격 차이

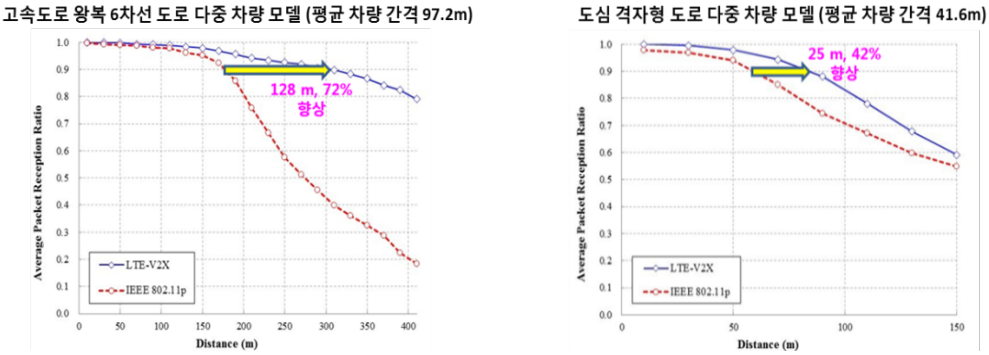
차이점	802.11p	LTE PC5 TX Mode 4
다중 안테나 적용	관련 기술 규격 없음	2개의 수신 안테나 의무화
채널 부호화 방식	Convolutional Coding	Turbo Coding
단말 성능 규격 지원	독자 성능 규격 부재로 인해 상위 표준/규제를 통한 정지 상태의 수신 성능 기준 마련 고려 중	다양한 이동환경에서의 단말 수신 성능 요구사항을 규격화 함.

④ 차이점 #4: 복수 차량 이동 환경에서의 유효 커버리지 성능

3GPP와 5GAA를 중심으로 고속도로와 혼잡 도심 도로 교통 상황을 반영한 복수 차량 이동 환경을 모델링하여 4G와 5G 표준화 기술 설계에 적용한 방법과 동일한 시뮬레이션을 수행한 결과, 정상 데이터 패킷 수신율 (PRR) 90% 수준으로 제공하는 유효 전송 커버리지를 WAVE IEEE 802.11p 대비 LTE PC5 TX Mode 4가 최소 40% 이상 더 확보할 수 있다는 것이 [그림 4-6]와 같이 확인되었다. [그림 4-6]의 시뮬레이션 결과는 왕복 6차선 도로의 차량 평균 속도 120km/h와 도심 격자형 도로의 차량 평균 속도 60km/h 모델들을 적용하였고, 각각 평균 차량 간격 97.2m와 41.6m를 적용한 다중

차량 주행 상황의 무선 전송 성능을 나타내고 있다. 이러한 성능 편차의 발생 사유는 상기 기술 간 차이점 #1~3으로 인한 수신 신호 품질 및 에너지 확보의 차이가 주요 요인으로 분석되고 있다.

[그림 4-6] 다중 차량 주행 모델에서의 통신 거리 대비 PRR 성능 시뮬레이션 결과



반면 IEEE 802.11p는 규격 표준화 단계에서 통신 성능 분석을 통한 성능 요구조건의 규격화가 미비한 상태이다. 개발한 WAVE의 하드웨어 활용한 실증 테스트가 현재 진행되고 있으나, 대부분 단일 차량 내지 소수 차량 기준으로 실행되고 있어 실제 혼잡 상황의 상용 환경에서의 성능과는 괴리가 클 것으로 예상된다. 상기 LTE PC5 TX Mode 4와 WAVE IEEE 802.11p 간의 기술 비교 사항들을 종합하여 요약하면 다음의 〈표 4-2〉와 같다.

〈표 4-2〉 802.11p와 LTE PC5 TX Mode 4 기술 비교 요약

비교점	802.11p	LTE PC5 TX Mode 4	분석 결과
자원 할당 방식	시간 분할	시간-주파수 분할	〈: 자원 분할 자유도로 수신 에너지 확보 용이
신호 파형	OFDM(high PAPR)	SC-FDMA(low PAPR)	〈: 높은 전송 전력 확보
다중 안테나 송수신	기술 규격 미지원	2 Rx. 안테나 의무	〈: 수신 품질 강화 가능
채널 부호화	Convolutional Coding	Turbo Coding	〈: 수신 성능 개선
단말 성능 규격	독자 규격 부재	이동 환경 성능 규격	〈: 개발 요구 기준 확보
유효 전송 커버리지	- 다중 차량 환경 시뮬레이션을 통해 데이터 패킷 수신율 90%기준으로 LTE PC5 TX Mode 4가 최소 40% 이상의 커버리지 이득 확보 검증 - 최근 WAVE HW 실증 테스트는 상용 차량 혼잡 상황을 반영하지 못함.		

C-V2X의 경우 3GPP를 통해 단계적인 기술 진화가 이루어지고 있음을 감안하여 LTE-V2X와 5G-V2X (LTE-eV2X 및 NR-V2X) 통신 성능을 비교하면 〈표 4-3〉과 같다.

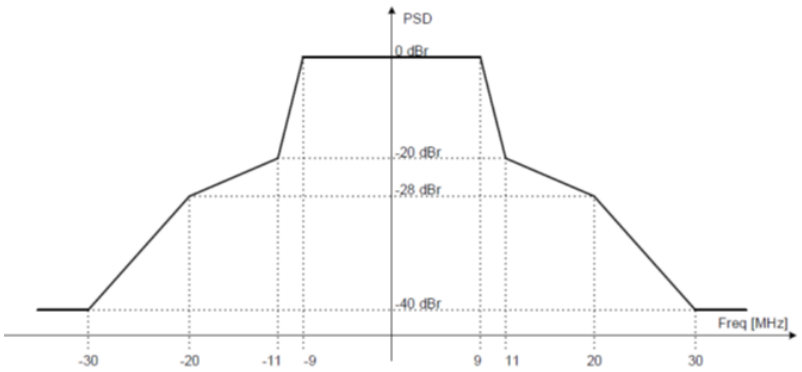
〈표 4-3〉 WAVE, C-V2X 성능 비교

항목	WAVE (IEEE 802.11p)	LTE-V2X	5G-V2X (LTE-eV2X, NR-V2X)
Data Rate	최대 27Mbps	최대 100Mbps	최대 20Gbps (eMBB)
Reliability	95~99%	95~99%	99.9~99.999% (URLLC)
Latency	〈100ms	〈100ms	〈10ms (URLLC)
Density	가능	가능	적합(제곱km당 10^6대:mMTC)
Mobility	가능(최대 200km/h)	가능(160km/h)	가능(최대 500km/h)
Positioning	부적합(〈50m)	부적합(〈50m)	가능(〈0.1m)
Coverage	가능 (평균 250~300m)	적합 (대략 수 킬로미터)	적합 (대략 수 킬로미터)
V2I & V2N	가능	적합	적합
차량 트래픽 혼잡 상황 대응	CSMA-CA 적용으로 전송 성능 열화	• 효율적 자원 할당으로 높은 트래픽 용량 제공 • 기지국 SPS 스케쥴링 지원 시 혼잡 상황 해소 지원 가능	

4.1.3 인접채널 간섭 분석 및 C-V2X와 WAVE 간 Co-Existence Study

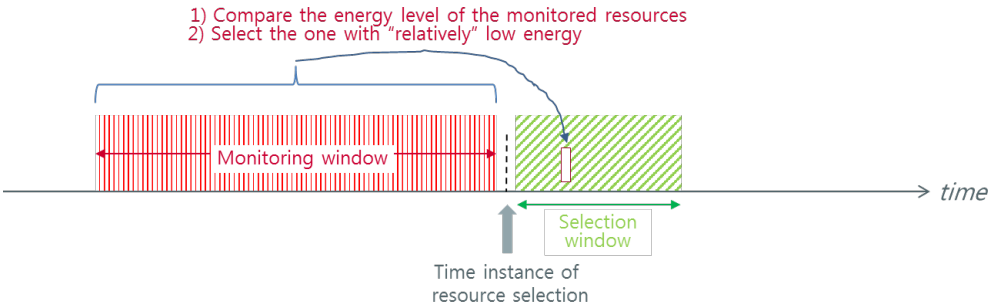
현재 한국을 비롯한 다수의 국가에서 5.9GHz에서 5.855~9.925GHz의 70MHz의 대역을 10MHz 단위 7개 채널로 운영하는 주파수 할당 방식으로 채택하고 있는 상황이다. 이러한 복수 주파수 채널을 운용함에 있어, 인접 채널 간에 OOB Emission으로 인한 ACLR 관점의 누설 신호 전력이 간섭으로 작용하여 통신 성능을 저해할 가능성이 있다. 또한 추후 정책적 결정에 의해 해당 밴드에서 C-V2X와 WAVE가 인접 채널에서 운용되는 경우 이의 상호 성능 영향에 대한 분석이 필요하다. 본 절의 이하에서는 두 무선 기술 간 자원 설정 관점과 설정 자원에 대한 무선 전송 성능 관점에서 인접 채널 간섭 영향도 분석을 진행하여 기술한다. 우선 자원 설정 관점에서 보면, WAVE IEEE 802.11p의 경우 캐리어 센싱을 통해 전송 가능 무선 자원 유무를 판단하는 과정에서 주변 신호 에너지의 절대값이 -65dB 이하인 경우에 기기 전송을 진행할 수 있도록 하는 방식을 채택하고 있는 반면에 저가의 통신 모듈 구현을 위해 셀룰러 통신에 비해 상당히 높은

누설 전류를 제공하는 [그림 4-7]의 Spectrum Mask를 규격 상에 정의하고 있다. (물론 구현 상에서 다른 형태의 High Cost Spectrum Mask 구현 가능) 이로 인하여 WAVE IEEE 802.11p의 인접채널 간섭으로 인한 통신 두절 상황 발생의 관찰이 학계와 산업계에서 보고되고 있는 상황이며, 상기 -65dB의 캐리어 센싱 Threshold 값을 Free Space 전파 감쇄 모델과 [그림 4-7]의 IEEE 802.11 규격 Spectrum Mask 적용하여 인접 채널 사용 기기가 해당 기기의 통신 단절을 유발할 수 있는 거리 범위를 최대 전송 파워 30dBm 기준 1.69미터, 최대 EIRP 36dBm 기준 3.39미터로 산출할 수 있다. 즉, 본 거리 이내에 인접 채널을 사용하는 기기가 위치하는 경우 전송 자원 확보가 가능하지 않게 되어 통신 단절이 발생할 수 있음을 의미한다.



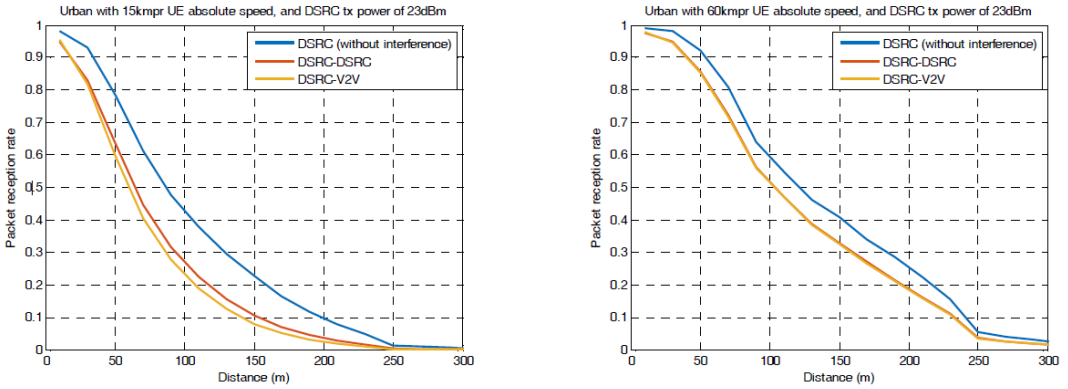
[그림 4-7] IEEE 802.11 규격 상의 20MHz PPDU 기준 Spectrum Mask

반면 LTE PC5 TX Mode 4의 경우, IEEE 802.11p와 달리 하기 [그림 4-8]과 같이 모니터링 윈도우 내에 자원 할당 주파수 자원 단위로 에너지 레벨을 모니터링하여 상대적으로 가장 낮은 에너지 레벨이 관측되는 주파수 자원을 전송 자원으로 선택하여 적정 전송률 모드로 전송하는 방식을 채택하고 있다. 본 방식에 기반하여 인접 채널 인접 기기 간섭이 상존한다 하더라도 통신 자원 선택하여 전송하는 과정이 이루어지기 때문에 간섭 에너지 레벨에 따른 통신 단절은 발생하지 않는다.



[그림 4-8] LTE PC5 TX Mode 4의 자원 설정 기법

다른 분석 관점으로서 자원 설정이 진행되었다는 전제 하에 무선 전송 성능 관점에서 인접 채널 간섭에 대한 영향을 PRR (Packet Reception Rate) 지표로 시뮬레이션한 결과는 [그림 4-9]과 같다.

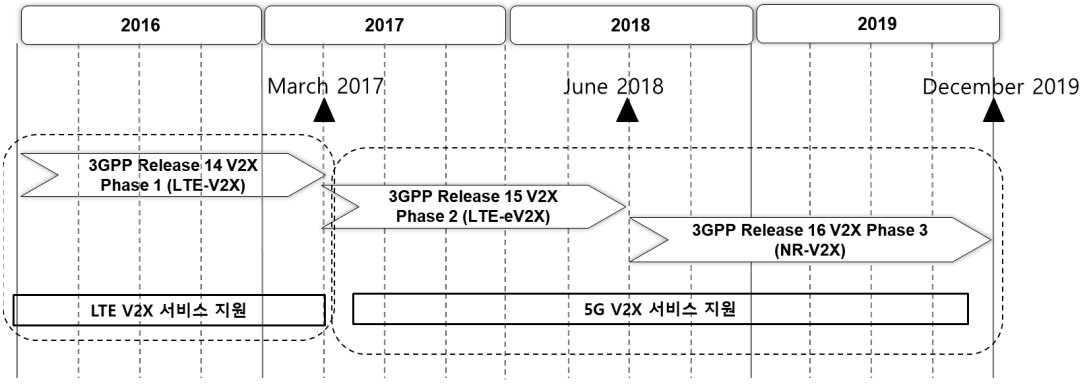


[그림 4-9] IEEE 기술은 802.11p (DSRC)의 인접 채널 간섭에 따른 PRR 성능 영향도

[그림 4-9]의 결과를 보면, IEEE 802.11p의 경우 인접 채널 간섭 유무에 따른 PRR 성능 차이가 발생하는 것을 파악할 수 있으며, 인접 채널 간섭 발생 주체가 IEEE 802.11p인 경우와 LTE PC5 TX Mode 4인 경우 간의 성능 차이는 거의 없는 것으로 분석된다. 반면 LTE PC5 TX Mode 4의 경우에는 시-주파수 분할 다중 접속 방식에 자원 모니터링을 통한 최선의 주파수 자원을 선택하는 기법을 적용하고 부호화 율, 변조 차수 조정을 통한 적정 전송률 정합(AMC) 및 전력 제어를 운용하는 관계로 인접 채널의 ACLR 정도의 누설 신호 간섭에 따른 전송 성능 차이가 IEEE 802.11p 대비 상대적으로 매우 작게 발생하며 이는 3G, 4G, 5G로 이어지는 무선 패킷 시스템 상의 풍부한 운용 성능 경험을 통해 충분히 파악할 수 있다.

4.2 C-V2X 무선접속 및 네트워크 기술 현황

3GPP에서는 LTE V2X 서비스와 5G 적용을 전제한 5G V2X 서비스를 각각 LTE-V2X 기술과 LTE-eV2X 및 NR-V2X 기술 규격화를 통해 지원하도록 표준화를 진행하고 있으며 3GPP RAN WG의 C-V2X 표준화 일정은 [그림 4-10]과 같이 진행되고 있다.



주) New Radio(NR) 는 5G를 위한 신규 무선 접속 기술을 지칭한다.

[그림 4-10] 3GPP RAN WG의 V2X 기술 표준화 일정

3GPP에서 LTE V2X 서비스 및 5G V2X 서비스를 지원하기 위해 정의한 서비스 별 성능 요구사항들은 〈표 4-4〉에 정리한다.

〈표 4-4〉 3GPP V2X 기술 별 서비스 성능 요구사항

요구사항	LTE-V2X	5G-V2X (LTE-eV2X & NR-V2X)
최대 지연 시간	100 msec 20 msec (특정 이벤트) 1000 msec (3GPP망 경유시)	3~100 msec
Reliability*	80~95%	90~99.999%
메시지 크기	50~300 Bytes (주기성) 1200 Bytes (이벤트성)	300~12000 Bytes
최대 차량 속도	250 Km/h (절대 속도) 500 Km/h (상대 속도)	250 Km/h (절대 속도) 500 Km/h (상대 속도)
최소 유효 서비스 범위**	20~320 미터	50~1000 미터

* Reliability는 정해진 시간 (= 최대지연시간)에 유효 서비스 범위에서 X bytes 크기의 메시지 데이터 패킷이 성공적으로 수신될 확률

** 최소 유효 서비스 범위는 차량 속도와 반응 시간 및 차량 수 밀도에 비례하여 결정됨.

[그림 4-10]의 각 표준화 단계 별 LTE-V2X, LTE-eV2X, NR-V2X 기술들에 대한 상세 사항은 4.2.1절, 4.2.4절, 4.2.3절에서 설명하며, 기술들의 주요 차이점은 다음의 〈표 4-5〉에서 정리한다.

〈표 4-5〉 3GPP V2X 표준화 기술 별 주요 차이점

<table>
<tr><th>LTE-V2X</th><th>LTE-eV2X</th><th>NR-V2X</th></tr>
<tr><td colspan="3">LTE V2X 서비스 지원</td><td>5G V2X 서비스 지원 (LTE-V2X 서비스 지원 포함)</td></tr>
<tr><td>3GPP Release 14
(2017년 3월 완료)</td><td>3GPP Release 15
(2018년 6월 완료)</td><td>3GPP Release 16
(2019년 12월 완료 예정)</td></tr>
<tr><td>전송 자원 선정:
기지국 스케줄링 (Mode 3) 또는 단말 스스로 선택 (Mode 4)</td><td>전송 자원 선정 방법은
LTE-V2X와 동일</td><td rowspan="4">2018년 8월부터 기술 논의 시작

NR-V2X 기술은 LTE-eV2X 보다 강화된 서비스 성능 요구 사항을 지원할 수 있어야 함</td></tr>
<tr><td>지연시간 (Latency)에 따라 서비스 차별화</td><td>지연시간 및 Reliability에 따라 서비스 차별화</td></tr>
<tr><td>단일 Carrier</td><td>Carrier Aggregation 지원
(최대 8개 Carrier)</td></tr>
<tr><td>20 msec 지연 시간
(Over-the-Air 무선 지연)</td><td>10 msec 지연 시간
(Over-the-Air 무선 지연)</td></tr>
<tr><td></td><td>LTE-V2X 보다 높은 데이터 전송율 지원
(단말의 Carrier Aggregation 능력에 따라 다름)</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>LTE-V2X 단말과 공존</td><td>LTE-V2X 및 LTE-eV2X 단말과 공존</td></tr>
</table>

4.2.1 LTE-V2X 기술 개요

LTE-V2X 시스템은 단말-기지국 간 통신 프로토콜 및 단말 간 직접 통신 프로토콜을 지원한다. 단말-기지국 간 통신 프로토콜은 Uu 인터페이스를 통해서 V2X 서비스 메시지를 송수신하는 방안을 정의하고, 단말 간 직접 통신 프로토콜은 PC5 인터페이스를 통해서 V2X 서비스 메시지를 송수신하는 방안을 정의한다.

4.2.1.1 단말-기지국 간 통신 프로토콜

기존 LTE 기반 기지국과 단말 간 통신 프로토콜을 사용하며 LTE V2X 서비스를 지원하기 위해 다음과 같은 기능들이 추가로 정의되었다.

① 상향링크 SPS(Semi Persistence Scheduling) 설정을 8개까지 지원

V2X 서비스를 지원하기 위해 설정된 1개 이상의 SPS 설정이 동시에 활성화 될 수 있으며 일반 SPS C-RNTI와 별도로 V2X UL SPS RNTI가 정의되어 있다. 각 V2X UL SPS의 활성화 및 비활성화를 지시하는 용도로 DCI 0번을 사용한다. 단말은 기지국에서 V2X 서비스를 위한 SPS를 설정하는데 필요한 정보를 제공할 수 있으며, V2X 서비스 패킷의 특성을 반영한 SPS 주기, 최대 TB 크기, 논리 채널 (Logical Channel) 식별자 등의 정보가 이에 해당한다.

② eMBMS (Evolved Multimedia Broadcast Multicast Services) 및 SC-PTM에서 V2X 서비스 용도로 파라미터 값 정의

LTE 시스템에서 멀티캐스트 또는 브로드캐스트를 지원하기 위해 정의된 eMBMS 와 SC-PTM 기능이 V2X 서비스 패킷 전송에 적용된다. V2X 서비스의 지연시간 요구사항을 만족할 수 있도록 eMBMS의 경우 기존보다 짧은 MCCH (Multicast Control Channel) 스케줄링 주기 파라미터 값을 정의하였고 SC-PTM의 경우도 기존보다 짧은 SC-MCCH 변경 주기 파라미터 값을 정의하였다.

③ V2X 서비스용도 QCI 3, 75, 79을 정의

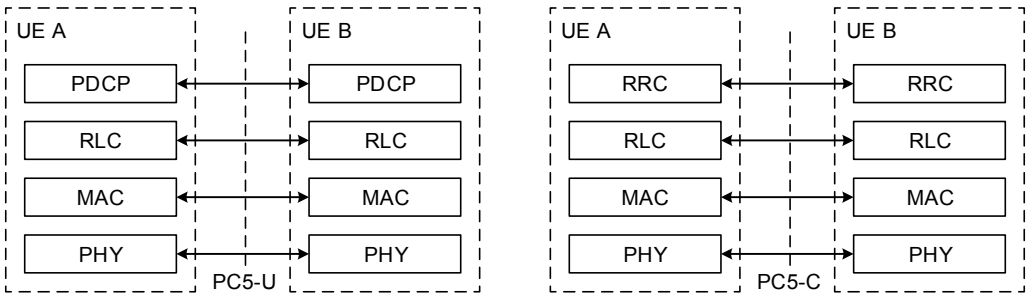
50 ms 지연시간, 최소 99% 전송 신뢰도를 요구하는 유니캐스트 및 브로드캐스트 전송을 지원하는 QCI 값을 V2X 서비스에 사용할 수 있도록 정의한다. V2X 서비스용도 QCI는 〈표 4-6〉과 같이 정의된다.

〈표 4-6〉 3GPP V2X QCI

QCI	Resource Type	Priority Level	Packet Delay Budget	Packet Error Loss Rate	Example Services
3	GBR	3	50 ms	10-3	Real Time Gaming, V2X Messages (Unicast)
75	GBR	2.5	50 ms	10-2	V2X Messages (Broadcast)
79	Non-GBR	6.5	50 ms	10-2	V2X Messages (Unicast)

4.2.1.2 단말 간 직접 통신 프로토콜

단말 간 직접 통신용 PC5 인터페이스의 프로토콜 스택은 다음 [그림 4-11]과 같다. 사용자평면 프로토콜 스택은 STCH (Sidelink Traffic Channel)를 통한 V2X Sidelink 통신에 적용되고, 제어평면 프로토콜 스택은 SBCCH (Sidelink Broadcast Control Channel)를 통한 V2X Sidelink 통신에 적용된다.



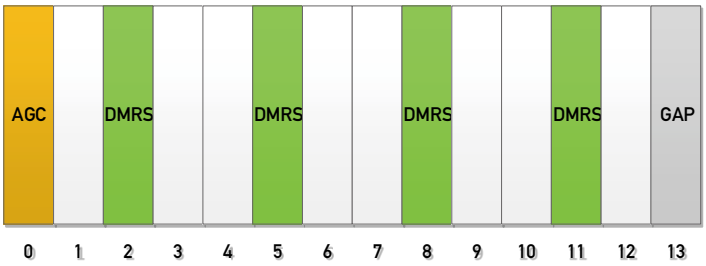
(a) 사용자평면 프로토콜 스택 (b) 제어평면 프로토콜 스택

[그림 4-11] 단말 직접 통신 프로토콜 스택

단말 간 직접 통신을 지원하기 위해 다음과 같은 기능들이 정의되었다.

① 고속 지원을 위한 DM-RS 패턴

Sidelink 물리채널, PSCCH (Physical Sidelink Control Channel)과 PSSCH (Physical Sidelink Shared Channel)은 고속으로 이동하는 차량을 지원하기 위해 서브프레임마다 4개의 DM-RS 심볼을 갖도록 설계되었다. [그림 4-12]과 같이 2번, 5번, 8번, 11번 심볼이 DM-RS로 사용된다.



[그림 4-12] Sidelink 물리채널의 DM-RS 패턴

② 전송 자원 선택 모드

단말 간 직접 통신의 경우 2가지 전송 자원 선택 모드를 지원한다. 모드 3은 기지국이 단말 간 직접 통신에 사용할 송신 자원을 스케줄링하는 기법이며 모드 4는 단말이 스스로 단말 간 직접 통신에 사용할

송신 자원을 선택하는 기법이다. 모드 3의 경우 기지국은 단말에게 PC5 인터페이스에서 사용할 전송 자원을 동적 스케줄링 (One Shot 전송) 또는 Sidelink SPS 스케줄링 방식을 사용하여 할당할 수 있다. 모드 4의 경우 기지국 관여 없이 송신 단말은 PC5 인터페이스에서 사용할 전송 자원을 스스로 선택한다. 단말이 직접 전송 자원을 선택하는 경우 전송 자원 풀 (TX Resource Pool)을 센싱하는 기법이 사용되며 예외적으로 임의 선택 (Random Selection) 기법을 사용할 수 있다.

③ 8개 SPS (Semi Persistence Scheduling) 사용 지원

Sidelink SPS의 경우 상향링크 SPS처럼 최대 8개 설정을 지원한다. Sidelink SPS 자원을 할당하는 경우에 SL Semi-Persistent Scheduling V-RNTI이 사용된다. 상향링크 SPS와 같이 단말은 기지국에게 V2X 서비스를 위한 Sidelink SPS를 설정하는데 필요한 정보를 제공할 수 있으며, V2X 서비스 패킷의 특성을 반영한 SPS 주기, 최대 TB 크기, PPPP (패킷당 우선순위) 등의 정보가 이에 해당한다.

④ 모드 4 센싱 기반 자원 선택시 충돌 회피 지원 (타 단말의 자원 예약 정보 디코딩 및 에너지 Detection)

모드 4에서 전송 자원 풀에 대한 센싱을 기반으로 전송 자원을 선택하는 경우, 다른 단말과 동일한 자원을 선택함으로써 발생할 수 있는 충돌을 줄이기 위해 두 단계 절차가 사용된다. 첫 번째 단계에서 단말은 다른 단말의 스케줄링 정보 (Scheduling Assignment)를 디코딩하여 충돌되거나 충돌될 것으로 예상되는 자원을 제외한다. 두 번째 단계에서 단말은 첫 번째 단계를 수행한 결과 제외되지 않은 자원에 대해서 에너지 측정 (평균 S-RSSI 기준)을 수행하여 에너지 값이 높은 자원부터 제외한다. 두 번째 단계에서 제외되지 않은 자원이 20 퍼센트 수준이 되면 해당 자원 중에서 전송 자원을 선택한다.

⑤ 패킷 우선 전송 지원

PPPP는 응용계층에서 전달되는 V2X 서비스 패킷의 우선순위를 표시하는 파라미터이며 PC5 인터페이스를 통해 전송하는 V2X 서비스 패킷에 적용된다. PPPP값은 V2X 서비스 패킷을 전송하는 데 요구되는 전송시간 (Packet Delay Budget)과 관련이 있으며 V2X 서비스 패킷의 요구 전송 시간이 짧을수록 높은 우선순위에 해당되는 PPPP값으로 설정된다. PPPP는 1부터 8의 값을 갖고 1이 가장 높은 우선순위에 해당된다. PPPP값은 MAC 계층에서 V2X 서비스 패킷의 논리 채널 우선순위를 결정하는 데 사용된다.

⑥ 채널 혼잡 제어 (Congestion Control) 지원

LTE-V2X 시스템은 PC5 인터페이스를 통해 V2X 서비스 패킷을 송수신할 때 발생할 수 있는 채널 혼잡 상황을 제어하는 기능들을 지원한다. 채널의 혼잡 수준에 따라 단말이 적용하는 전송 파라미터를 설정하여 채널 혼잡 수준을 낮추는 방안과 단말이 전송 자원 풀에 대해 혼잡 수준을 측정하고 기지국을 통해 측정 값을 보고하는 방안이 지원된다. 채널 혼잡 수준은 CBR (Channel Busy Ratio)를 기반으로

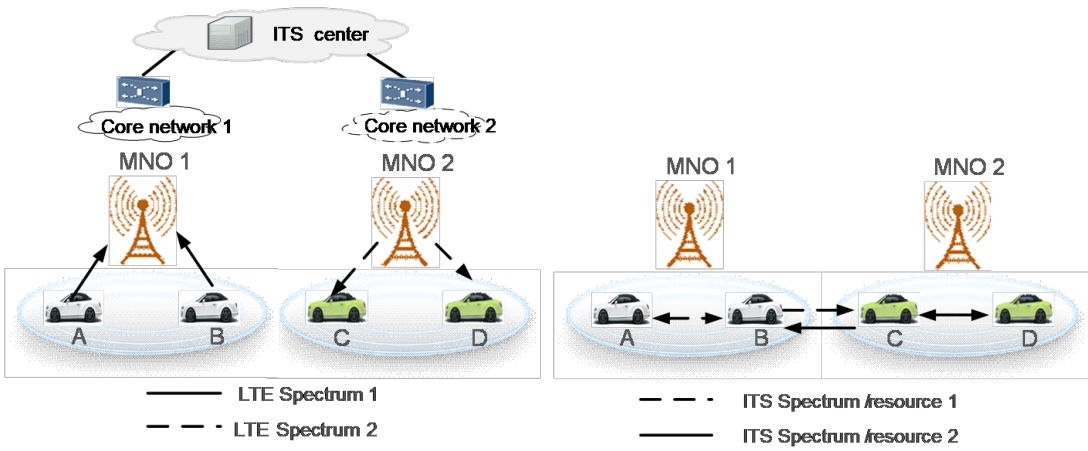
운용된다. 모드 4에서 첫 번째 방안을 운용하는 경우 단말은 CBR 측정 값을 기준으로 최대 전송전력, 패킷 재전송 횟수, 서브채널 개수, 변조 및 코딩 방식, 최대 채널 점유율 한계치 등 전송 파라미터를 조정하여 V2X 서비스 패킷을 전송한다. 이때 PPPP별로 다른 전송 파라미터를 적용함으로써 우선순위가 높은 서비스에 대한 우선 전송도 지원할 수 있다. 두 번째 방안을 운용하는 경우 측정 값을 보고하는 방식은 주기적 보고 방식과 이벤트 기반 보고 방식을 지원한다.

⑦ GNSS/셀룰러 기지국/타 단말을 통해 동기 획득

LTE-V2X 시스템에서 GNSS 또는 셀룰러 기지국 (eNB) 또는 단말이 동기 기준신호로서 사용될 수 있다. 단말은 사용 가능한 동기 기준 중 우선순위가 가장 높은 동기 기준을 선택한다. GNSS를 동기 기준신호로 사용하는 경우 현재 UTC 시간 및 프레임 오프셋(DFN Offset)을 기반으로 Sidelink 프레임 번호 및 서브프레임 번호를 도출한다. 셀룰러 기지국을 동기 기준신호로 사용하는 경우 PCell의 동기를 따른다. 단말이 동기 기준신호로 사용되는 경우 해당 단말이 전송하는 동기 신호를 따른다.

⑧ 타 사업자 단말로부터의 서비스 수신 가능

LTE-V2X 시스템은 다수 송신 체인을 갖고 있는 단말이 1개 이상의 캐리어를 통해 동시 전송이 가능하다. 다수 수신 체인을 갖고 있는 단말은 한 개 이상의 캐리어 및 한 개 이상의 PLMN에서 V2X 서비스를 동시에 수신할 수 있다. 타 사업자가 관리하는 주파수를 통한 V2X 서비스 패킷 송신은 허용되지 않으나 단말은 타 사업자가 관리하는 주파수 정보 및 수신 자원 정보를 통해 타 사업자의 주파수를 통한 V2X 서비스 패킷 수신을 할 수 있다. 타 사업자의 주파수 및 캐리어를 고려한 V2X 송수신 시나리오는 [그림 4-13]를 참고한다.



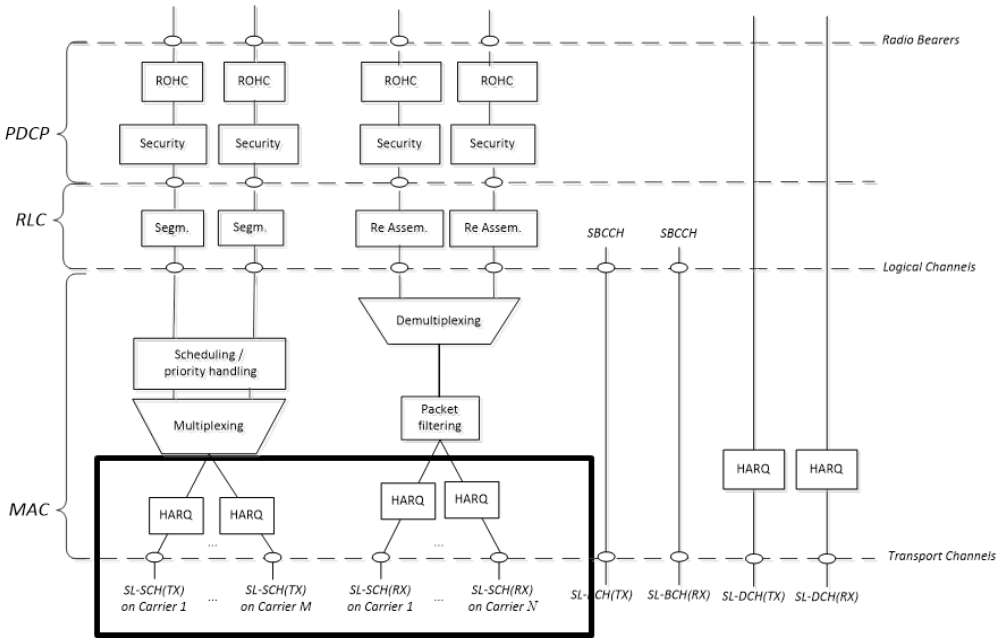
[그림 4-13] Inter-Carrier 및 Inter-PLMN 의 V2X 서비스 지원

4.2.2 LTE-eV2X 기술 개요

LTE-eV2X 시스템은 LTE-V2X 통신 프로토콜을 기본적으로 지원하며 Advanced V2X Use Case를 지원하기 위해 추가 기능을 정의한다. LTE-eV2X에서 지원하는 단말 간 직접 통신 프로토콜 기능은 다음과 같다.

① 최대 8개 캐리어 사용하여 Sidelink Carrier Aggregation 지원

LTE-eV2X의 경우 최대 8개의 캐리어를 이용하여 V2X 패킷을 송수신할 수 있다. [그림 4-14]은 Sidelink Carrier Aggregation의 구조를 나타낸다. 모드 3 단말은 LTE-V2X의 모드 3 단말의 동작과 유사하게 어떤 캐리어의 전송 자원을 이용하여 V2X 패킷을 송신할 수 있는지 기지국에서 지시 받을 수 있다. 스스로 전송 자원을 선택해야 하는 모드 4 단말은 다수 캐리어 중에서 전송 자원을 선택해야 하는데, 이때 PPPP값과 CBR값이 캐리어 선택의 기준 값으로 사용된다. PPPP별 CBR 임계치가 기지국에 의해 지시되거나 미리 설정될 수 있으며, 캐리어의 CBR값이 전송할 V2X 패킷의 PPPP에 대응되는 CBR 임계치보다 낮을 때 해당 캐리어는 후보 전송 캐리어가 된다. 후보 전송 캐리어가 2개 이상인 경우 CBR값이 가장 낮은 캐리어가 전송 캐리어로 선택된다. 모드 4 단말이 빈번하게 캐리어를 변경하는 오버헤드를 줄이기 위해 Hysteresis Margin의 역할을 하는 CBR 임계치도 정의되었다. 전송 캐리어를 선택할 때는 전송 단말의 지원 가능한 TX Capability도 고려된다.



[그림 4-14] Sidelink Carrier Aggregation 구조

② 변조 방식 64 QAM 지원

LTE-V2X는 Sidelink 통신에서 변조방식 16 QAM까지 지원하였고, LTE-eV2X는 Sidelink 통신에서 변조 방식 64 QAM까지 지원할 수 있다. 따라서 LTE-eV2X는 LTE-V2X와 다른 MCS (변조 및 코딩 방식)을 지원한다. 동일 MCS 인덱스가 LTE-V2X와 LTE-eV2X에서 다른 변조 방식 및 TBS (Transport Block Size)를 갖는다. MCS 17-28은 LTE-V2X의 16 QAM에 해당되나 LTE-eV2X에서는 64 QAM에 해당된다. LTE-eV2X에서는 0.8 Scaling Factor를 사용하므로 MCS 0-16은 LTE-V2X와 LTE-eV2X에서 다른 TBS에 사용된다. 서브프레임의 마지막 심볼에 레이트 매칭이 사용되는 경우, 〈표 4-7〉의 MCS Index 0부터 31을 사용, 그렇지 않은 경우 〈표 4-7〉의 MCS Index 0부터 28을 사용한다.

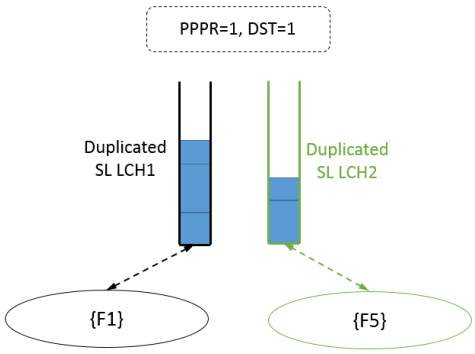
〈표 4-7〉 Sidelink 변조, TBS Index

MCS Index I_{MCS}	Modulation Order Q'_m	TBS Index I_{TBS}
0	2	0
1	2	1
2	2	2
3	2	3
4	2	4
5	2	5
6	2	6
7	2	7
8	2	8
9	2	9
10	2	10
11	4	10
12	4	11
13	4	12
14	4	13
15	4	14
16	4	15
17	4	16
18	4	17
19	4	18
20	4	19
21	6	19

MCS Index I_{MCS}	Modulation Order Q'_m	TBS Index I_{TBS}
22	6	20
23	6	21
24	6	22
25	6	23
26	6	24
27	6	25
28	6	26
29	6	30
30	6	31
31	6	33

③ Packet Duplication (패킷 복제 전송) 지원

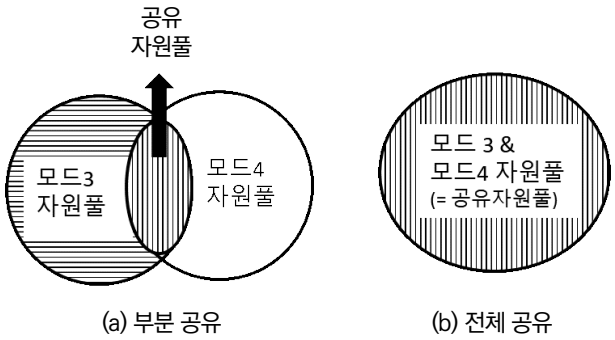
Basic Safety Use Case보다 높은 수준의 Reliability를 요구하는 Advanced Use Case를 지원하기 위해 LTE-eV2X에는 Sidelink에서 패킷 복제 전송 방안이 정의되었다. 패킷 복제 전송은 두 개의 Sidelink 캐리어로 동일 패킷을 전송하여 Reliability를 증대시킬 수 있다. 패킷 복제 전송을 적용할 패킷을 구분하기 위해 PPPR (ProSe Per Packet Reliability) 파라미터가 도입되었다. PPPR은 1부터 8의 값을 가지며 각 패킷의 PPPR값은 상위 계층에서 결정된다. Sidelink 패킷 복제는 PDCP 계층에서 수행된다. 패킷 복제 전송에 사용될 Orthogonal 캐리어 집합은 패킷 목적지별로 설정되어 있고 두 개의 논리 채널 (Logical Channel)이 각 캐리어에 매핑된다. [그림 4-15]는 패킷 목적지 1로 V2X 패킷을 전송하는 시나리오이며 F1 캐리어와 F5 캐리어를 이용하여 패킷 복제 전송하는 경우이다. 패킷 복제 전송으로 수신된 V2X 패킷은 수신 단말의 PDCP 계층에서 패킷 순차 정렬을 적용한 뒤 상위 계층으로 전달된다.



[그림 4-15] Packet Duplication

④ 모드 3와 모드 4 용도로 동일한 전송 자원 풀 지원

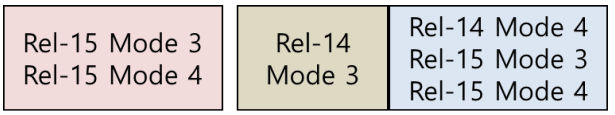
LTE-V2X의 경우 모드 3 단말이 사용하는 전송 자원 풀과 모드 4 단말이 사용하는 전송 자원 풀이 분리되어 있다. LTE-eV2X에서는 모드 3 단말과 모드 4 단말이 동일 전송 자원 풀을 사용하여 Sidelink 자원 사용율을 높일 수 있다. 모드 3 단말과 모드 4 단말이 전송 자원 풀을 공유하는 방식은 [그림 4-16]와 같이 모드 3 용도의 전송 자원 풀과 모드 4 용도의 전송 자원 풀의 일부를 공유하는 부분 공유 방식(a)과 1개의 전송 자원 풀을 모드 3 용도와 모드 4 용도로 전체 공유하는 방식(b)으로 구분할 수 있다. LTE-eV2X에서는 [그림 4-16] (b)의 전체 공유 방식을 지원한다.



[그림 4-16] 전송 자원 풀 공유 방식

LTE-eV2X과 LTE-V2X 간 전송 자원 풀 공유도 가능한데 이 기능은 LTE-V2X 단말의 성능에 영향을 최소화해야 한다. [그림 4-17]는 LTE-V2X 단말과 LTE-eV2X 단말 간 전송 자원 풀 공유 시나리오를 나타낸다. [그림 4-17]와 같이 LTE-eV2X의 모드 3 단말과 모드 4 단말 간 전송 자원 풀 공유 방식과 LTE-V2X 모드 4 단말, LTE-eV2X 모드 3 단말, LTE-eV2X 모드 4 단말 간 전송 자원 풀 공유 방식의 운용이 가능하다. LTE-V2X 모드 3 단말은 LTE-V2X 모드 4 단말과의 공유 자원 풀을 사용할 수 없는데 반해 LTE-eV2X 모드 3 단말은 모드 4 단말이 해석할 수 있는 스케줄링 포맷을 지원하도록 개선되었다.

[그림 4-17] LTE-V2X와 LTE-eV2X 공존 시 전송 자원 풀 공유 시나리오



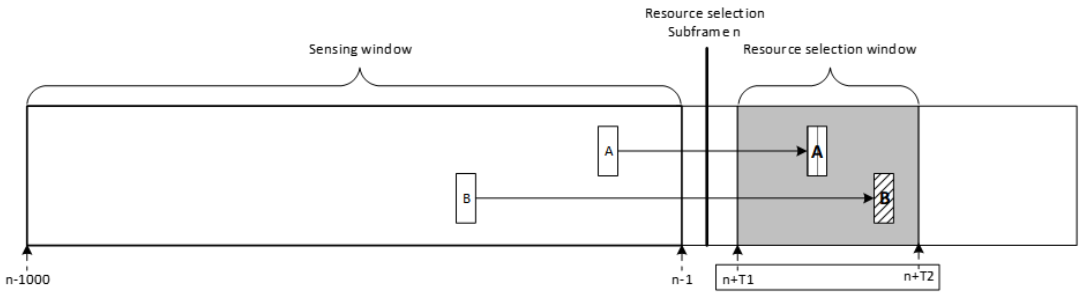
LTE-eV2X는 공유하는 전송 자원 풀의 혼잡도를 기지국에서 관리할 수 있도록 모드 3 단말이 공유 자원

풀을 센싱하여 혼잡도를 보고하는 방안을 지원한다. 모드 3 단말은 모드 4 단말이 센싱 기반으로 전송 자원을 선택하는 동작과 유사한 방식으로 공유 자원 풀을 센싱하며 주기적으로, 이전 보고와 공유 자원 풀의 상태가 달라지면 혼잡도를 보고한다.

⑤ 모드 4에서 센싱 기반 전송 자원 선택에 소요되는 시간 감소

보다 짧은 전송지연을 요구하는 Advanced Use Case를 지원하기 위해 LTE-eV2X는 패킷이 물리계층에 도착한 시간부터 해당 패킷을 송신하기 위한 전송 자원을 선택하는 시간 간격을 줄이는 방안을 도입하였다. 모드 4에서 전송 자원을 선택하는 데 소요되는 시간 관련 파라미터 중 Resource Selection Window의 크기를 결정하는 T2 값을 줄이는 방안이 표준화되었다. PPPP를 기준으로 T2의 최소값을 10ms와 20ms 사이의 정수 값으로 선택하도록 설계되었으며 LTE-eV2X 시스템은 LTE-V2X보다 짧은 Resource Selection Window를 운용할 수 있다.

[그림 4-18] 모드 4 전송 자원 선택 시나리오 중 Resource Selection Widow 운용



⑥ LTE-V2X 지원 단말과 LTE-eV2X 지원 단말의 공존 시나리오 지원

Basic Safety Use Case는 LTE-V2X 지원 단말도 송수신할 수 있어야 하므로 LTE-V2X 통신 방식을 사용해서 지원되어야 한다. Advanced Use Case는 LTE-V2X 지원 단말이 송수신할 필요는 없다. LTE-eV2X 시스템에는 Application이 Basic Safety Use Case에 해당되면 LTE-V2X 통신 방식을 사용하도록 설정하고 Application이 Advanced Use Case에 해당되면 LTE-eV2X 통신 방식을 사용하도록 설정할 수 있도록 TX 프로파일 파라미터가 도입되었다. 〈표 4.2.2-2〉와 같이 TX 프로파일 1은 LTE-V2X 단말과 호환 가능한 프로토콜을 사용하는 옵션이며 TX 프로파일 2는 LTE-V2X 단말과 호환되지 않는 프로토콜을 사용하는 옵션이다. TX 프로파일 1은 LTE-V2X에서 정의된 MCS를 사용하며, TX 프로파일 2는 LTE-eV2X에서 새로 정의된 MCS 및 레이트 매칭을 사용한다.

〈표 4-8〉 TX 프로파일

Index	TX 프로파일
1	TX 프로파일 1 (Release 14과 호환가능; Release 14 MCS 테이블 적용
2	TX 프로파일 2 (Release 14과 호환 불가; Release 15 MCS 테이블 및 레이트 매칭 적용

4.2.3 NR-V2X 기술 개요

NR-V2X 무선 기술 표준화는 2018년 8월부터 3GPP RAN 스터디 아이템 논의를 시작하였다. RAN 워킹그룹이 NR-V2X에서 추진하고자 하는 기술 목표는 다음과 같다.

① Sidelink 설계

- Advanced V2X 서비스 요구사항을 만족시킬 수 있도록 다음과 같은 NR Sidelink 기술을 설계한다. 데이터 속도 향상 및 Reliability를 증대시키기 위해 Sidelink 피드백 채널 설계에 대한 논의가 진행 중이다.
  - Sidelink 유니캐스트, 그룹캐스트, 브로드캐스트 기술 연구
  - Sidelink 물리계층 구조 및 절차 연구
  - Sidelink 동기 방식 연구
  - Sidelink 자원할당 방안 연구
  - Sidelink L2/L3 프로토콜 연구

② Advanced V2X Use Case 지원에 필요한 Uu 인터페이스 개선

- LTE Uu 프로토콜 및 NR Uu 프로토콜이 Advanced V2X Use Case를 지원할 수 있는지 검토하고 Uu 프로토콜 개선 방안을 연구한다.
- RAN2 WG에서는 NR-V2X Deployment 시나리오에 대한 논의가 진행 중이며 Standalone (5GC에 연결된 gNB 또는 ng-eNB) 기반의 NR Sidelink를 운용하는 시나리오를 MR DC 기반의 NR Sidelink 시나리오보다 우선적으로 고려할 예정이다.

③ 기지국 보조에 의한 Sidelink 자원 할당 및 설정 (LTE-V2X의 모드 3 또는 모드 4)

- 기지국을 통해 NR Sidelink를 제어, 관리할 수 있도록 LTE Uu 프로토콜 개선 방안을 연구한다.
- 기지국을 통해 LTE Sidelink를 제어, 관리할 수 있도록 NR Uu 프로토콜 개선 방안을 연구한다.

④ RAT/인터페이스 선택

- LTE PC5, NR PC5, LTE Uu 또는 NR Uu 인터페이스 선택 방안에 대해 연구한다.

⑤ QoS 관리

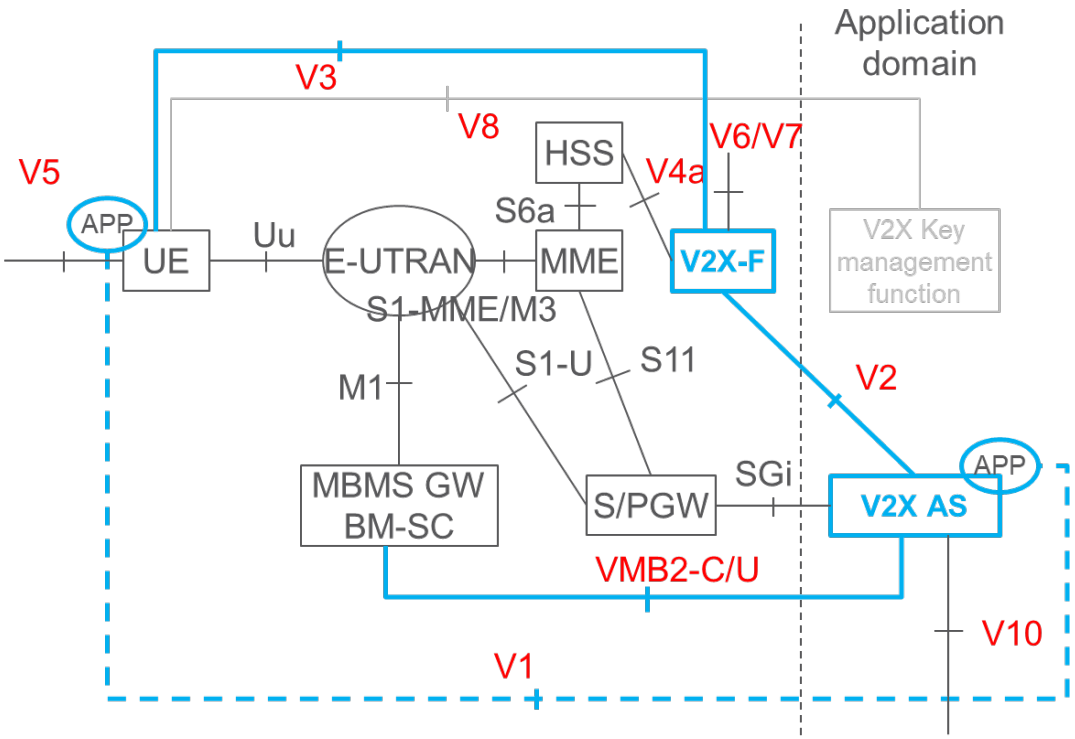
- Advanced Use Case를 지원하기 위한 Uu 및 Sidelink 인터페이스의 QoS 관리 방안에 대해 연구한다.

⑥ 공존 시나리오

- 디바이스 내부의 이종 기술 공존: 한 차량 내에 NR Sidelink 기술과 LTE Sidelink 기술을 장착할 수 있는 방안에 대해 연구한다. NR Sidelink 기술과 LTE Sidelink 기술이 인접 채널 또는 충분히 떨어져 있는 채널을 사용하는 경우 (동일 채널 제외)를 가정한다.
- 비 3GPP 기술과의 공존 연구는 논의하지 않는다.

4.2.4 네트워크/인프라 구축 기술

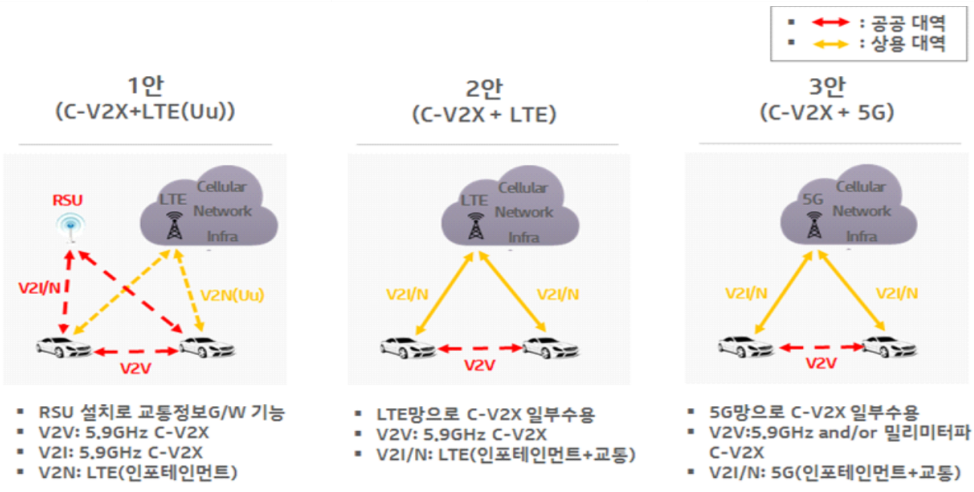
Cellular 기반 V2X 서비스 네트워크는 다음 [그림 4-19]과 같은 구조를 가지고 있다. 3GPP의 GCSE 구조를 기반으로 구성된다.



[그림 4-19] V2X 서비스 네트워크 3GPP 표준 구조

C-V2X에서는 V2V, V2I, V2P 통신을 위해 PC5와 Uu 인터페이스를 사용할 수 있는데 PC5를 사용한 V2V, V2I, V2P 통신을 직접통신 (Direct Communication)이라 하고, 기지국을 사용한 V2V, V2I, V2P 통신을 간접통신 (Indirect Communication) 이라 지칭한다. 많은 V2X 사업에는 V2I 서비스를 위해 RSU를 고려하고 있다. RSU는 802.11p에서 사용되는 용어이며, LTE와 5G 기반의 C-V2X에서 RSU는 기지국(NodeB) 혹은 단말의 형태로 구성될 수 있는데 RSU가 기지국으로 구성될 경우 단말로 동작하는 차량은 기지국 기능의 RSU와 Uu 인터페이스를 통해 통신하며, RSU가 단말로 구성될 경우에는 단말로 동작하는 차량과 단말로 동작하는 RSU 사이에 PC5 인터페이스를 통해 통신한다. C-ITS와 자율주행의 다양한 서비스들 중 많은 서비스는 극도로 짧은 데이터 전송 지연을 요구하는 경우가 있으며, 비디오 데이터 등 고용량 데이터의 전송을 요구하는 경우도 있다. 이런 저지연 요구와 고용량 데이터 전송 요구를 효과적으로 만족시키기 위해 Edge Computing이 고려되고 있으며, 3GPP에서는 Edge Computing을 구현할 수 있도록 표준화가 추진 되었다. Edge Computing은 기지국 형태의 RSU나 간접 통신에서 사용할 수 있으며, 네트워크의 기능을 단말이 있는 네트워크 종단에 위치하여 지연을 최소화하고 데이터에 대한 캐쉬 기능을 구현하는 등 대용량 데이터를 효과적으로 처리할 수 있다. 전용망 및 상용망을 활용하여 V2X 서비스 네트워크를 구축하는 3가지 방안을 〈표 4-9〉에서 제안하고 각 방안을 비교하여 설명한다. 그리고 제안된 방안들 별 장단점 비교는 〈표 4-10〉에서 정리하였다.

〈표 4-9〉 V2X 서비스 네트워크 구축 방안

	1안	2안	3안
정의	차량 간의 교통정보는 5.9GHz V2V 통신, RSU와는 5.9GHz V2I 통신, 그 외 V2N(Uu) 통신은 LTE 이용	차량 간의 교통정보는 5.9GHz V2V 통신, 그 외 V2I/N 통신은 LTE 이용	차량 간의 교통정보는 5.9GHz V2V 통신, 그 외 V2I/N 통신은 5G 이용
개념도			

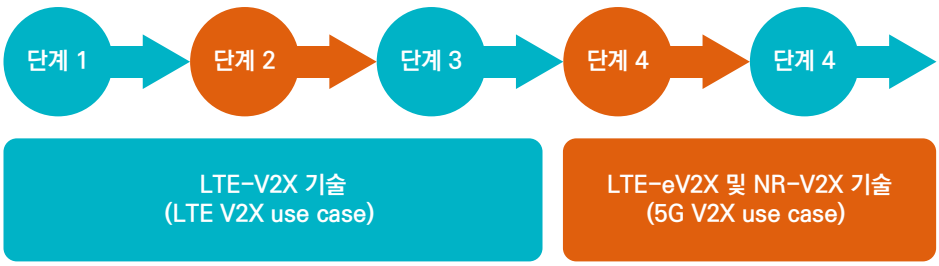
〈표 4-10〉 V2X 서비스 네트워크 구축 방안 별 장단점 비교

	1안	2안	3안
장점	저지연 교통정보 전송	QoS 제어 및 보안성 향상 RSU 추가투자비 없음	초저지연 (Short TTI, Edge Cloud, Network Slice 적용) RSU 추가투자비 없음
단점	다수 단말 지원 시 간섭 (V2V/V2I 채널 공유시) 커버리지 한계 RSU 추가투자비 발생	교통정보 전송 시 추가 지연 발생 가능성 (1안 대비)	적용시기 늦음

※ ITS대역을 사용하는 ITS 전용망은 정부 투자, 상용주파수대역을 사용하는 상용망은 사업자 투자 조건

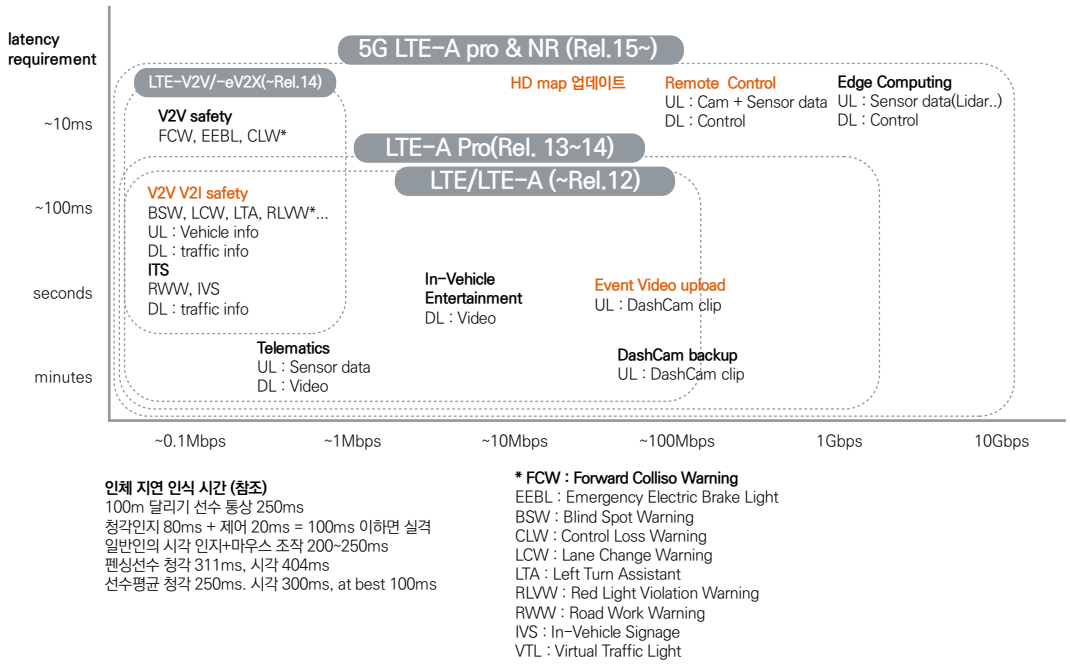
4.2.5 C-V2X Use Case와 기술 진화

이 챕터는 V2X Use Case, C-V2X 기술 및 자율주행 진화 관계를 설명한다. 본 백서의 챕터 2에서 기술한 LTE V2X Use Case 는 자율주행 1단계, 2단계, 3단계에서 LTE-V2X 기술을 적용하여 실현할 수 있을 것이다. 5G V2X Use Case는 자율주행 4단계 및 5단계 시나리오에서 고려될 수 있는데 요구되는 시나리오에 따라서 LTE-eV2X 기술 및 NR-V2X 기술을 적용할 수 있을 것으로 예상된다. [그림 4-20]은 3GPP V2X 기술로 지원 가능하다고 판단되는 V2X Use Case 및 자율주행 발전 단계를 보여 준다.



[그림 4-20] 3GPP V2X기술, V2X Use Case와 자율주행 발전단계 간 관계

[그림 4-21]는 성능 요구사항들 중 전송 지연 및 전송 대역의 요구조건을 기준으로 3GPP 표준화 기술 즉, LTE-V2X, LTE-eV2X를 비롯한 LTE/LTE-A, LTE-A Pro, NR을 적용하여 지원 가능한 서비스들을 보여준다.



[그림 4-21] 전송지연 및 전송대역 요구조건 기준 3GPP 표준화 기술/서비스

4.3 C-V2X 시험인증 및 측정 시스템 현황

본 4.3절에서는 GCF/PTCRB를 중심으로 C-V2X 기술의 적합성 시험규격 표준화 현황을 정리하고 현재 개발되고 있는 시험인증 체계의 현황과 시험인증의 구체적 범위 및 절차에 대해 기술한다.

4.3.1 시험기술 표준화 현황

현재 이동통신 기반의 자율주행을 위한 차량통신 기술(C-V2X)에 대한 표준화 작업은 유럽의 3GPP(3rd Generation Partnership Project)에서 진행 중이다. 3GPP는 Release 14에서 LTE 기반 자율주행을 위해 기본적인 기능과 성능, 서비스 요구사항을 정의하고 있으며, Release 15에서는 5G LTE를 통해 보다 향상된 성능과 저지연, 고신뢰성을 보장하여 높은 수준의 자율주행 서비스를 가능케한다. 마지막으로 Release 16에서는 5G의 새로운 무선기술(NR) 기반의 고도화된 서비스를 목표로 단계적으로 진화된 기술 표준화를 진행할 예정이다. 이 기술 표준규격을 바탕으로 시험인증포럼인 GCF(Global Certification Forum)에서 표준적합성 인증을 위한 인증 프로그램을 준비하고 있다. 3GPP는 현재까지 Release 14 LTE V2X에 대한

시험규격 개발은 완료하였으며, 표준이 완료된 Release 15 5G(LTE)-eV2X에 대한 표준적합성 시험규격을 개발 중이다. 3GPP의 자율주행 차량통신 기술 표준화 계획과 이에 대응되는 GCF의 표준적합성 시험규격 개발 계획에 대한 로드맵은 다음 〈표 4-11〉과 같다.

〈표 4-11〉 3GPP 자율주행 기술표준/시험규격 및 GCF 표준적합성 인증프로그램 개발 로드맵

구분	2017년	2018년	2019년	2020년
3GPP (기술/시험규격)	Release 14 LTE - V2X (~'17.6월)	Release 15 5G (LTE) - eV2X (~'18.6월)	Release 16 5G (NR) - V2X (~'19.12월)	
GCF (인증프로그램)	-	Release 14 LTE - V2X (~'18.6월)	Release 15 5G (LTE) - eV2X (~'19.6월 예상)	Release 16 5G (NR) - V2X (~'20.12월 예상)

GCF는 2018년 4월, CAG(Conformance and Interoperability Agreement Group) 54차 회의에서 V2V(Vehicle to Vehicle) 및 V2X(Vehicle to Everything) Work Item을 승인하였으며, 2018년 6월, TDD47(5.9 GHz) 밴드에 대한 LTE Sidelink V2V, V2X 적합성 시험항목을 Work Item에 추가하였다.

- WI-281: Vehicle to Vehicle (V2V) for E-UTRAN Release 14
- WI-282: Vehicle to Everything (V2X) for E-UTRAN Release 14

Release 14 적합성 시험항목에 관련된 3GPP 기술규격(Core Specification)은 다음과 같다.

- 3GPP TS 24.385: V2X Services Management Object (MO)
- 3GPP TS 36.321: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) Protocol Specification
- 3GPP TS 36.322: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Link Control (RLC) Protocol Specification
- 3GPP TS 36.323: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Packet Data Convergence Protocol (PDCP) Specification
- 3GPP TS 36.101: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) Radio Transmission and Reception
- 3GPP TS 36.133: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Requirements for Support of Radio Resource Management

- 3GPP TS 36.211: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation
- 3GPP TS 36.212: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and Channel Coding
- 3GPP TS 36.213: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Layer Procedures
- 3GPP TS 36.304: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) Procedures in Idle Mode
- 3GPP TS 36.306: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) Radio Access Capabilities
- 3GPP TS 36.300: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall Description; Stage 2
- 3GPP TS 36.331: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification

GCF의 시험항목은 크게 RF(Radio Frequency), RRM(Radio Resource Management) 및 프로토콜 시험으로 구분되고, 관련 시험규격(Test Specification)은 다음과 같다. 또한 구체적인 시험항목은 다음 표와 같다.

- 3GPP TS 36.521-1: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) Conformance Specification; Radio Transmission and Reception; Part 1: Conformance Testing
- 3GPP TS 36.521-2: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) Conformance Specification; Radio Transmission and Reception; Part 2: Implementation Conformance Statement (ICS)
- 3GPP TS 36.521-3: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) Conformance Specification; Radio Transmission and Reception; Part 3: Radio Resource Management (RRM) Conformance Testing
- 3GPP TS 36.523-1: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC); User Equipment (UE) Conformance Specification; Part 1: Protocol Conformance Specification
- 3GPP TS 36.523-2: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC); User Equipment (UE) Conformance Specification; Part 2: Implementation

Conformance Statement (ICS) Proforma Specification

- 3GPP TS 36.523-3: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC); User Equipment (UE) Conformance Specification; Part 3: Test suites

〈표 4-12〉 LTE Sidelink V2V

Type of Test	Test Specification	Test Case	TC Description	Band
RF	36.521-1	6.2.3G.1.1	Maximum Power Reduction (MPR) for V2X Communication / Power class 3 / Contiguous Allocation of PSCCH and PSSCH	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.3G.1.2	Maximum Power Reduction (MPR) for V2X Communication / Power class 3 / Non-contiguous Allocation of PSCCH and PSSCH	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.4G.1	Additional Maximum Power Reduction (A-MPR) for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.5G.1	Configured UE transmitted Output Power for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.2G.1	Minimum Output Power for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.3G.1	UE Transmit OFF Power for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.4G.1	General ON/OFF Time Mask for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.4G.4	PSSS/SSSS Time Mask for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.5G.1	Power Control Absolute Power Tolerance for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.1G.1	Frequency Error for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.2.1G.1	Error Vector Magnitude (EVM) for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.2.2G.1	Carrier leakage for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.2.3G.1	In-band Emissions for non-allocated RB for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.2.4G.1	EVM Equalizer Spectrum Flatness for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx

Type of Test	Test Specification	Test Case	TC Description	Band
RF	36.521-1	6.6.1.1G.1	Occupied Bandwidth for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.2.1G.1	Spectrum Emission Mask for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.2.2G.1	Additional Spectrum Emission Mask for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.2.3G.1	Adjacent Channel Leakage Power Ratio for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.3G.1	Spurious emission for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.3G.1_1	Spurious Emission Band UE co-existence for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.7G1	Transmit Intermodulation for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.3G.1	Reference Sensitivity level for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.4G.1	Maximum input Level for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.5G.1	Adjacent Channel Selectivity (ACS) for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.6.1G.1	In-band Blocking for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.6.2G.1	Out-of-band Blocking for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.7G.1	Spurious Response for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.8G.1	Wide Band Intermodulation for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.9G.1	Spurious Emissions for V2X Communication / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	14.2	Demodulation of PSSCH / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	14.3	Demodulation of PSCCH / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	14.4	Power imbalance performance with two links / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RRM	36.521-3	11.1	V2V UE Transmission Timing Accuracy Test	FDD xx TDD xx

Type of Test	Test Specification	Test Case	TC Description	Band
RRM	36.521-3	11.2	Interruptions Due to V2V Sidelink Communication	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.2	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in RRC_IDLE or RRC_Connected on an E-UTRAN cell not Operating on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration / UE out of Coverage on the Frequency used for V2X Sidelink Communication / Utilisation of the Pre-configured Resources / Transmission	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.4	V2X Sidelink Communication/ Pre-configured authorisation / UE in RRC_IDLE or RRC_Connected on an E-UTRAN cell not Operating on the Anchor Carrier Frequency provisioned for V2X Configuration / UE out of Coverage on the Frequency used for V2X Sidelink Communication / Utilisation of the Pre-configured Resources / Reception	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.9	V2X Sidelink Communication/ Pre-configured Authorisation / UE in RRC_IDLE or RRC_Connected on an E-UTRAN cell not Operating on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X configuration / UE out of Coverage on the Frequency used for V2X Sidelink Communication / Utilisation of the Pre-configured Resources / Transmission Based on Zoning	FDD xx TDD xx

〈표 4-13〉 LTE V2X

Type of Test	Test Specification	Test Case	TC Description	Band
RF	36.521-1	6.2.2G.1	UE Maximum Output Power for V2X Commincation / Non-concurrent with E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.2G.2	UE Maximum Output Power for V2X Commincation / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmission	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.2G.3	UE Maximum Output Power for V2X Commincation / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.2G.4	UE Maximum Output Power for V2X Commincation / Power Class 2	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.3G.1.3	Maximum Power Reduction (MPR) for V2X Communication / Power Class 3 / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmission	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.3G.1.4	Maximum Power Reduction (MPR) for V2X Communication / Power Class 3 / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.3G.2.1	Maximum Power Reduction (MPR) for V2X Communication / Power Class 2 / Contiguous Allocation of PSCCH and PSSCH	FDD xx TDD xx

Type of Test	Test Specification	Test Case	TC Description	Band
RF	36.521-1	6.2.3G.2.2	Maximum Power Reduction (MPR) for V2X Communication / Power Class 2 / Non-contiguous Allocation of PSCCH and PSSCH	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.4G.2	Additional Maximum Power Reduction (A-MPR) for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmission	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.5G.2	Configured UE Transmitted Output Power for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.2.5G.3	Configured UE Transmitted Output Power for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.2G.2	Minimum Output Power for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.2G.3	Minimum Output Power for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.3G.2	UE Transmit OFF Power for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.3G.3	UE Transmit OFF Power for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.4G.2	General ON/OFF Time Mask for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.4G.3	General ON/OFF Time Mask for V2X Communication / Intra-Band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.4G.4	PSSS/SSSS Time Mask for V2X Communication	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.5G.2	Power Control Absolute Power Tolerance for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.3.5G.3	Power Control Absolute Power Tolerance for V2X Communication / Intra-band Contiguous Multi-carrier Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.1G.2	Frequency Error for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.2.1G.2	Error Vector Magnitude (EVM) for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.2.1G.3	Error Vector Magnitude (EVM) for V2X Communication / Intra-Band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.2.2G.2	Carrier Leakage for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.2.2G.3	Carrier Leakage for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx

Type of Test	Test Specification	Test Case	TC Description	Band
RF	36.521-1	6.5.2.3G.2	In-band Emissions for non-allocated RB for V2X Communication /Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.2.3G.3	In-band Emissions for non-allocated RB for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.5.2.4G.3	EVM Equalizer Spectrum Flatness for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.1G.1	Occupied Bandwidth for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.1G.2	Occupied Bandwidth for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.1G.3	Occupied Bandwidth for V2X Communication / Intra-band Contiguous Multi-carrier Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.2.1G.2	Spectrum Emission Mask for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.2.1G.3	Spectrum Emission Mask for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.2.2G.2	Additional Spectrum Emission Mask for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.2.2G.3	Additional Spectrum Emission Mask for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.2.3G.2	Adjacent Channel Leakage power Ratio for V2X Communication /Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.2.3G.3	Adjacent Channel Leakage Power Ratio for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.3G.2	Spurious Emission for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.3G.2_1	Spurious Emission band UE co-existence for V2X Communication /Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.3G.3	Spurious Emission for V2X Communication / Intra-band contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.6.3G.3_1	Spurious Emission band UE Co-existence for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	6.7G.2	Transmit Intermodulation for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx

Type of Test	Test Specification	Test Case	TC Description	Band
RF	36.521-1	6.7G.3	Transmit Intermodulation for V2X Communication / Intra-band Contiguous Multi-carrier Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.3G.2	Reference Sensitivity level for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.3G.3	Reference Sensitivity Level for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.4G.2	Maximum Input Level for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.4G.3	Maximum Input Level for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.5G.2	Adjacent Channel Selectivity (ACS) for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.5G.3	Adjacent Channel Selectivity (ACS) for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.6.1G.2	In-band Blocking for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.6.1G.3	In-band Blocking for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.6.2G.2	Out-of-band Blocking for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.6.2G.3	Out-of-band Blocking for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.7G.2	Spurious Response for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.7G.3	Spurious Response for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.8.1G.2	Wide Band Intermodulation for V2X Communication / Simultaneous E-UTRA V2X Sidelink and E-UTRA Uplink Transmissions	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.8.1G.3	Wide Band Intermodulation for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RF	36.521-1	7.10G.1	Receiver Image for V2X Communication / Intra-band Contiguous MCC Operation	FDD xx TDD xx
RRM	36.521-3	12.1.1	V2X UE Transmission Timing Accuracy Test for eNB as Timing Reference	FDD xx TDD xx
RRM	36.521-3	12.1.2	V2X UE Transmission Timing Accuracy Test for SyncRef UE as Timing Reference	FDD xx TDD xx

Type of Test	Test Specification	Test Case	TC Description	Band
RRM	36.521-3	12.2.1	Initiation/Cease of SLSS Transmission with V2X Sidelink Communication for eNB as Timing Reference	FDD xx TDD xx
RRM	36.521-3	12.2.2	Initiation/Cease of SLSS Transmission with V2X Sidelink Communication for SyncRef UE as Timing Reference	FDD xx TDD xx
RRM	36.521-3	12.3.1	V2X Synchronization Reference Selection/Reselection Tests for GNSS configured as the highest priority	FDD xx TDD xx
RRM	36.521-3	12.3.2	V2X Synchronization Reference Selection/Reselection Tests for eNB configured as the highest priority	FDD xx TDD xx
RRM	36.521-3	12.4	Congestion Control Measurement Test for V2X UE	FDD xx TDD xx
RRM	36.521-3	12.5	Interruptions due to V2X Sidelink Communication	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	7.3.9.1	PDCP SDU transmission/ V2X Sidelink Communication/ No Header Compression for Non-IP type / No Confidentiality Protection for Both Non-IP type and IP type	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.1	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in RRC_IDLE on an E-UTRAN cell Operating on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration / Utilisation of the Resources of (serving) Cells/PLMNs / Transmission	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.3	V2X Sidelink Communication/ Pre-configured Authorisation / UE in RRC_IDLE on an E-UTRAN cell Operating on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration / Utilisation of the Resources of (Serving) cells/PLMNs / Reception	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.5	V2X Sidelink Communication/ Pre-configured Authorisation / UE in RRC_CONNECTED on an E-UTRAN cell Operating on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration / Utilisation of the Resources of (serving) cells/PLMNs / Transmission / RRC Connection Reconfiguration with/without Mobilitycontrolinfo / RRC Connection Re-establishment	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.6	V2X Sidelink Communication/ Pre-configured Authorisation / UE in RRC_CONNECTED on an E-UTRAN cell Operating on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration / Utilisation of the Resources of (serving) cells/PLMNs / Transmission / RRC Connection Reconfiguration with/without Mobilitycontrolinfo / Handover	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.7	V2X Sidelink Communication/ Pre-configured Authorisation / UE in RRC_CONNECTED on an E-UTRAN cell Operating on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration / Utilisation of the Resources of (Serving) cells/PLMNs / Reception / RRC Connection Reconfiguration with Mobilitycontrolinfo / Handover	FDD xx TDD xx

Type of Test	Test Specification	Test Case	TC Description	Band
Protocol	36.523-1	24.1.8	V2X Sidelink Communication/ Pre-configured Authorisation / UE Camped on an E-UTRAN cell Operating on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration / Utilisation of the Resources of cells/PLMNs / Transmission Based on Zoning	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.10	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in RRC_Connected on an E-UTRAN cell Operating on the Anchor Carrier Frequency for V2X Configuration/ UE is Scheduled to Transmit V2X Messages on the Frequency used for V2X Sidelink Communication / Inter-frequency Scheduled Transmission	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.11	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in RRC_Connected on an E-UTRAN cell Operating on the Carrier Frequency for V2X Configuration/ UE Measures CBR of Configured Tx Resource Pools and Report CBR Results to eNB	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.12	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in RRC_IDLE on an E-UTRAN cell Operating on the Carrier Frequency for V2X Configuration/ UE Transmits V2X Sidelink Communication Using Tx Parameters Based on Measured CBR and PPPP	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.13	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in RRC_Connected on an E-UTRAN cell Operating on the Carrier Frequency for V2X Configuration/ Utilisation of the SL SPS Resources Configured by eNB/ Transmission	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.14	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in RRC_Connected on an E-UTRAN cell Operating on the Carrier Frequency for V2X Configuration / Transmission SLSS	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.15	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE out of Coverage on the Frequency used for V2X Sidelink Communication / Operation with/without SyncRef UE/ Transmission SLSS	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.16	V2X Sidelink Communication / Sync Reference Source Selection	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.17	V2X Sidelink Communication / Pre-configured authorisation / UE in RRC_IDLE on an E-UTRAN cell Operating on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration / UE uses Tx Resource Pool which is Associated with the Synchronization Reference Source Selected	FDD xx TDD xx

Type of Test	Test Specification	Test Case	TC Description	Band
Protocol	36.523-1	24.1.18	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE out of Coverage on the Frequency used for V2X Sidelink Communication and without Inter-frequency V2X Configuration on Anchor Carriers/ Operation with/without SyncRef UE/ SLSS and MasterInformationBlock-SL-V2X Message Transmission/ Syncpriority in SL-V2X-Preconfiguration is set to eNB	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.19	V2X Sidelink Communication/ Pre-configured Authorisation / Utilisation of the pre-configured Resources / CBR Measurement/Transmission based on CR Limit	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.20	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in Limited Service State on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration /Transmission	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.1.20	V2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in Limited Service State on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration /Transmission	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.2.1	P2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in RRC_IDLE on an E-UTRAN cell Operating on the Anchor Carrier Frequency Provisioned for V2X Configuration / Utilisation of the Resources of (serving) cells/PLMNs / Transmission	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.2.2	P2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / Utilisation of the Pre-configured Resources / Transmission	FDD xx TDD xx
Protocol	36.523-1	24.2.3	P2X Sidelink Communication / Pre-configured Authorisation / UE in RRC_IDLE on an E-UTRAN cell Operating on the Anchor Carrier Frequency for V2X Configuration/ UE Transmits V2X Sidelink Communication using Tx Parameters Based on PPPP and Configured CBR	FDD xx TDD xx

북미 이동통신 시험인증포럼인 PTCRB(PCS Type Certification Review Board)에서는 아직 자율주행 차량통신에 대한 시험기술 표준화가 진행되고 있지 않으며, 향후 GCF와 같이 표준적합성 시험규격을 개발하고 인증 프로그램을 제공할 것으로 예상한다.

4.3.2 시험인증 현황 및 전망

3GPP 기술표준을 따르는 이동통신 단말은 GCF 인증을 통해 3GPP 규격의 요구사항을 만족한다는 것을 증명한다. 인증절차는 시험을 통해 수행되기 때문에, 시험에 사용되는 측정시스템(측정장비)은 당연히 기술표준의 요구사항을 충실하게 반영해야 한다. 이를 확인하기 위해 GCF는 측정시스템에 대해 검증 절차를 요구한다. 이러한 측정시스템에 대한 검증 절차를 GCF에서는 Validation이라는 단계로 표현하고

있다. 3GPP에서 정의한 시험규격(Test Specification)은 각 시험 분야에 따라 크게 RF, RRM, 프로토콜 등으로 분류되며, 해당 시험규격에서 규정한 시험항목(Test Case)별로 각각 Validation을 수행하게 된다. 즉, 전체 시험규격을 한 개의 큰 카테고리로 묶어서 수행하는 것이 아니라, 각각의 시험항목별로 Validation을 관리하고 있다. 따라서, 측정시스템 제조사들은 이들 시험항목들에 대한 개별적인 검증 단계를 따로따로 수행 하여야만 한다. 측정시스템 제조사들은 시험항목을 구현하기 위해 3GPP에서 배포하는 TTCN(Testing and Test Control Notation) 언어를 사용한다. 3GPP에서는 시험항목의 구현의 차이에 따른 오류를 최소화하기 위해 TTCN 기반으로 시험항목을 코딩하여 배포하고 있으며, 각각의 제조사들은 이를 바탕으로 자사의 측정시스템 하드웨어를 구동하여 측정을 수행할 수 있는 소프트웨어를 구현하게 된다. 일반적으로 측정시스템의 Validation을 위해서는 한 대 내지는 두 대 이상의 상용 단말을 기준으로 시험이 성공할 수 있어야 한다. 즉, 기 검증된 상용 단말을 기준으로 측정시스템이 정상적으로 작동하는지를 확인하는 개념으로, 이 과정을 통해 측정시스템의 규격 요구사항 반영 여부 등을 검증한다고 할 수 있다. Validation이 완료되면, 해당 측정시스템은 테스트플랫폼이라는 이름으로 GCF 상에 등재된다. 해당 시험항목에 대한 검증이 완료된 신뢰할 수 있는 측정 플랫폼이라는 의미를 부여 받는 것이다. 그리고, 어떤 제조사의 어떤 측정시스템이 Validation 되었는지는 GCF 산하의 DCC(Device Certification Criteria)를 통해 언제든지 확인할 수 있다. Validation은 위에서 설명한 것처럼 여러 가지 조건을 가지고 수행되는 일련의 검증 작업의 결과물이다. 따라서 이들 조건이 만족되지 못할 경우, Validation이 완료될 수 없는 경우가 생길 수 있다. 이런 이유로 인해 Validation이 완료되지 못한 상태를 Verification 단계라고 명명하고, 이 Verification 단계는 Validation의 전 단계로서 측정 소프트웨어와 하드웨어는 가용한 상태라고 이해할 수 있다. C-V2X 기술 또한 3GPP의 Release 14 규격을 기본으로 하고 있기 때문에, 기존의 LTE와 같은 이동통신 기술에서 요구되는 과정을 동일하게 적용한다. 즉, C-V2X에 대해 배포된 시험항목들(4.3.1절 참조)은 각각 분야에 따라 Work Item(WI)으로 분류가 되며, 이들을 기준으로 Verification과 Validation 단계를 거치면 해당 인증시험 측정시스템은 공식적인 테스트플랫폼으로 인정되는 것이다. 테스트플랫폼과 단말에 대한 엄격한 검증 과정은 결과적으로 GCF에서 주장하는 “Test Once, Use Anywhere”의 모토를 만드는 근간이 되고 있다. Release 14의 C-V2X는 LTE 기술을 기반으로 하는 LTE-V2X 기술이며, 이미 GCF에서는 V2V와 V2X의 차량통신 기술들을 인증 프로그램에 포함시키겠다는 공식적인 발표를 하였기 때문에, 차량 내 단말 공급사나 차량 제조사들은 C-V2X 단말을 기준으로 하는 인증 시험의 적용을 받게 된다. 이러한 인증 시험을 정해진 규격대로 수행하고 인증을 완료하기 위해서는 Validation이 완료된 테스트플랫폼의 존재는 매우 중요한 의미를 지니게 된다. LTE-V2X는 Release 14에 포함되어 있으나, 실제 Validation이 완료된 테스트플랫폼은 현재까지 전무한 상태이며, 테스트플랫폼 제조사들이 Validation을 위한 Verification 단계를 수행하고 있는 상황이다. 측정시스템의 검증은 테스트플랫폼 제조사들과 단말 제조사 간의 협력이 필요한 분야이다. 따라서 테스트플랫폼 제조사들은 Verification 진행을 위해 칩셋

제조사들과 긴밀하게 협력하고 있다. 특히, 새로 출시되는 기술을 검증하기 위해서는 칩셋 제조사와 테스트플랫폼 제조사가 개발 단계에서부터 협력하며 기능을 구현하는 경우가 많다. GCF는 Release 14 LTE Sidelink V2V 및 V2X의 인증을 위해, '18년 7월 CAG 55차 회의에서 시험항목별 시험장비의 검증 완료를 목표하였으나, 테스트플랫폼 제조사에서 장비 검증에 필요한 칩셋 수급 등의 문제로 여전이 검증 작업은 진행 중이다. 현재 시험장비는 Rohde&Schwarz 및 Keysight 등을 중심으로 계속 개발되고 있으나, 장비의 검증을 선도하고 있는 Rohde&Schwarz사의 검증 현황은 다음과 같다. Rohde&Schwarz사는 CMW500 Wideband Radio Communication Tester 장비에 대해 Verification을 진행하고 있다. 특히, V2V의 경우 PC5 Sidelink 인터페이스를 이용하는 통신 기능이 핵심이라 할 수 있다. PC5 인터페이스는 재난 안전 통신망을 위해 사용되는 PS-LTE(Public Safety LTE) 기술의 D2D(Device-to-Device) 기능을 위해 소개된 기능으로 기존 LTE 등의 상용 이동통신에서 사용되지 않던 방식이기 때문에 이에 대한 검증이 중요하다. Verification이 완료된 WI281은 PC5 인터페이스를 이용한 Sidelink 통신을 시험하는 항목으로 V2V, V2P, V2I 통신의 기반이라 할 수 있다. Qualcomm Technologies사의 Qualcomm® 9150 C-V2X 칩셋 솔루션을 활용하여 검증된 CMW500의 시험항목 패키지는 PC5 인터페이스를 시험하는 WI281 항목을 지원하며, 이러한 Verification 작업은 PC5 인터페이스를 사용하는 V2X 단말의 적합성 시험의 구현을 더욱 가속화 시킬 것으로 예상된다. 결과적으로 C-V2X의 적합성 시험을 위한 Validation은 GCF WI을 기반으로 구성되며, 3GPP와 GCF의 체계적인 Validation 과정은 C-V2X 단말들의 성능 확보와 상호호환성을 확보하는 기반으로서, 현재 Verification이 진행되는 단계에 있으며, 이는 PC5 인터페이스를 통한 C-V2X의 상용화를 더욱 앞당기는 매개체가 될 것으로 전망된다. GCF에서는 측정시스템에 대한 검증이 완료되면 인증 프로그램을 제공할 예정이다. 측정장비의 검증은 '19년도 상반기에 완료될 예정이며, 공인인증 서비스는 '19년도 하반기부터 제공될 것으로 예상하고 있다. GCF는 Release 14 LTE V2X 인증에 이어서 5G V2X(Release 15 LTE-eV2X, Release 16 NR-V2X)에 대한 인증 프로그램을 제공할 예정이며, 예상되는 일정은 다음과 같다.

〈표 4-14〉 자율주행 표준화 단계별 인증서비스 예상 시기

표준 규격	Release 14 LTE - V2X	Release 15 5G(LTE) - eV2X	Release 16 5G(NR) - V2X
인증서비스 시기	'19년 3Q ~ 4Q	'19년 4Q ~ '20년 1Q	'20년 4Q ~ '21년 1Q

OmniAir는 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment) 통신 기반의 도로 요금징수 및 Connected Vehicle 등에 대한 상호운용성 보장을 위한 인증제도를 마련하고 관련 산업활성화를 촉진하는 미국의 ITS 컨소시엄으로, 우리나라의 자동차부품연구원, 한국지능형교통체계협회 등을 포함하여 전 세계적으로 약 60여 개의 기업 및 교통 관련 기관이 가입되어 있다. 2017년부터 시험인증을 위한 시험장비

검증과 시험소 지정작업을 완료하고 공식 시험인증서비스를 제공하고 있으며, OmniAir의 시험소(OATL: OmniAir Authorized Test Laboratory)는 2017년 10월 7-Layers를 시작으로, 2018년에 UL, INTERTEK 그리고 DEKRA가 추가로 지정되었다. 공인된 시험장비인 OQTL(OmniAir Qualified Test Tools)로는 3M, DANLAW 그리고 SPIRENT사의 장비가 있으며, 각 장비 별 시험범위는 아래와 같다.

〈표 4-15〉 OmniAir 공인시험소

회사명	시험자격	위치
7-Layers	DSRC-V2X Conformance Release 1	Irvine, California, USA
INTERTEK	DSRC-V2V Conformance Release 1	Lexington, Kentucky, USA
UL LLC	DSRC-V2V Conformance Release 1	Novi, Michigan, USA
DEKRA	DSRC-V2V Conformance Release 1	Malaga, Spain

〈표 4-16〉 OmniAir 공인시험장비(V2X-DSRC Release 1)

제조사	장비명	시험범위
3M	5.9GHz Multi-Channel Test Tool	WAVE V2X Packet Sniffer
DANLAW	Mx-DSRC	SAE J2735, J2945/1 IEEE 1609.2/3/4 IEEE 802.11p
SPIRENT	TTsuite-WAVE-DSRC	SAE J2735, J2945/1 IEEE 1609.2/3/4

OmniAir의 시험인증 범위는 WAVE 기술과 SAE(Society of Automotive Engineers)에서 정의한 차량통신 메시지 집합 표준인 J2735와 J2945/1을 포함한다. 인증을 위한 시험은 OATL에서 수행하며, 인증은 OmniAir에서 심의를 거쳐 발급된다. WAVE는 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)에서 정의한 차량-차량 및 차량-기지국 간의 단거리에 사용되는 V2X(Vehicle to Everything) 통신기술로, 북미에서는 일반적으로 DSRC(Dedicated Short Range Communication)로 불린다.

- IEEE 802.11p: 물리/MAC 계층 규격(Wireless LAN, MAC and PHY Specifications, WAVE, 2010.7.15. 제정)
- IEEE 1609.2: 보안규격(WAVE Security Services for Applications and Management Messages, 2016.3.1. 개정)

- IEEE 1609.3: 네트워크 규격(WAVE Networking Services, 2016.4.29. 개정)
- IEEE 1609.4: 다중채널동작 규격(WAVE Multi-Channel Operation, 2016.3.21. 개정)

SAE는 자동차 및 항공·우주 산업분야의 응용 표준을 개발하는 기구로, SAE 산하 DSRC Technical Committee에서는 WAVE/DSRC 통신에 적용할 수 있는 메시지 및 프레임 규격 등을 정의한 J2735와, 차량 간 안전 메시지 요구사항인 J2945/1 표준을 제정하였다. 또한 J3161 표준을 통하여 Cellular(Release 14 LTE) 기반 차량통신 기기의 요구사항을 개발하고 있다.

- SAE J2735: DSRC 메시지 셋 사전(Dedicated Short Range Communication Message Set Dictionary, 2016.3.30. 개정)
- SAE J2945/1: 차량단말기 요구사항(On-Board System Requirements for V2V Safety Communication, 2016.3.30. 개정)
- SAE J3161: On-Board System Requirements for LTE V2X V2V Safety Communications (Developing)

OmniAir는 현재 Connected Vehicle의 통신기술 인증 1단계(Connected Vehicle V2X-DSRC Conformity Assessment - Release 1)로 WAVE 기술의 표준적합성(V2X-DSRC)에 대한 시험인증 서비스를 제공하고 있다. Release 2에서는 V2X-DSRC의 상호운용성 시험과 현장시험이 추가될 예정이며, 2019년 이후에는 이동통신 기반의 차량통신 기술인 C-V2X(V2X-C/OmniAir)에 대한 표준적합성과 상호운용성 시험으로 점차 V2X 시험인증 영역을 넓혀갈 계획이다.

〈표 4-17〉 OmniAir Connected Vehicle 시험범위 및 계획

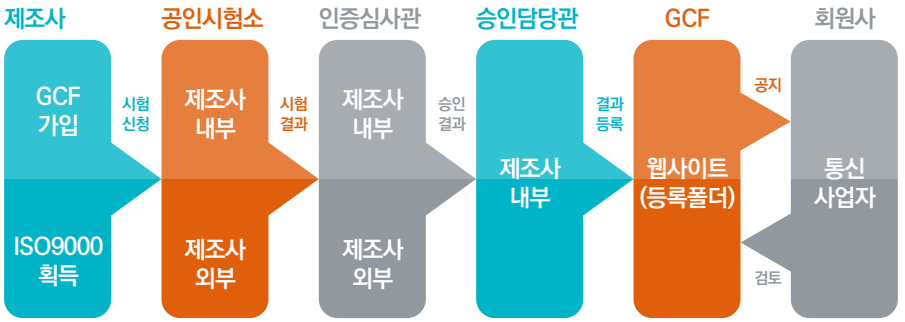
일정	구분/단계	시험범위
2017.10	DSRC-V2X Release 1	Conformance Test - Message Set(SAE J2735, J2945/1) - WAVE Protocol(IEEE 802.11p, 1609.x)
2018.10	DSRC-V2X Release 2	Interoperability & Field Sampling Test
2019.10	C2X-C Conformance Test	미정
2019.10	V2X-C Interoperability Test	미정

4.3.3 시험인증 범위 및 절차

C-V2X 시험 및 인증 종류는 표준적합성, 상호운용성과 필드 성능시험으로 구분할 수 있다.표준적합성 시험은 C-V2X 제품이 표준에 따라 적합하게 구현되었는지를 검증하는 단계로 제품간 상호호환성을 보장하기 위해 기본적으로 필요한 시험이다. 시험대상으로는 C-V2X 단말, 기지국, 칩셋, 모듈 등 C-V2X 기능이 구현된 모든 제품이 될 수 있다. 현재 C-V2X 표준 적합성 인증기관으로는 GCF가 유일하며, Release 14 LTE V2X 시험규격을 시작으로 점차 5G(LTE, NR)로 확대하여 인증서비스를 제공할 예정이다. 상호운용성 시험은 표준적합성을 통과한 제품을 대상으로 제품간 상호호환성이 가능한지 검증하는 단계로 제품이 표준에 따라 개발되어 제품간 상호연동이 보장되는지 확인하기 위해 필요한 시험이다. 현재 C-V2X에 대한 상호운용성 시험에 대한 인증 프로그램은 없으나, 시장이 성숙 단계에 진입하면 제품의 상호운용성 인증은 더욱 중요할 것으로 예상된다. C-V2X 상호운용성 시험규격은 GSMA에서 제정하고(예: TS 11: Device Field and Lab Test Guidelines), 인증 서비스는 GCF에서 제공할 것으로 예상된다. 필드성능 시험은 시험실 수준에서 표준적합성 및 상호운용성이 검증된 제품이 실제 네트워크 환경에서 정상적으로 동작하고 성능품질을 만족하는지 검증하는 단계로 제품의 성능을 정확하게 측정할 수 있는 시험이다. C-V2X 필드성능 시험에 대한 시험규격과 인증 프로그램은 별도로 제공되지 않지만 제품 수요자 입장에서는 매우 중요한 시험으로 자체적인 시험규격을 제정하고 품질기준을 제시할 수 있다. 서비스 시험은 실 사용자 수준에서 해당 서비스가 사전에 정해진 절차(시나리오)대로 동작하는지 검증하는 시험이다. 서비스 Use Cases와 관련하여 3GPP에서는 TS22.185(Service Requirements for V2X Services/Release 14) 규격에서 전방충돌경고(Forward Collision Warning)와 같은 27개의 C-V2X 응용 서비스에 대한 요구사항 등을 정의하였고, TS22.186(Enhancement of 3GPP Support for V2X Scenarios, Stage 1/Release 15)에서는 군집주행(Vehicles Platooning), 첨단주행(Advanced Driving), 센서확장(Extended Sensors) 그리고 원격운전(Remote Driving) 등 5G 기반의 진보된 서비스에 대해 정의하고 있다. 서비스 시험은 사업자 시험과 국제공인시험으로 구분할 수 있는데, 사업자 시험은 C-V2X를 활용한 자율주행 사업자(SP: Service Provider)가 사업모델을 발굴하고 자사만의 고유한 서비스 제공을 위해 사업자가 이를 직접 검증하거나 외부기관 등을 활용하는 시험을 말한다. 그리고 국제공인시험은 5GAA나 OmniAir와 같은 자율주행 산업발전을 위한 별도기관이 C-V2X 서비스를 위한 공통 요구사항 및 필수 검증항목을 도출하고 이를 제도화한 국제공인인증 시험을 말한다. 현재는 C-V2X를 적용한 시범사업 등 상용화를 위한 검증작업이 진행 중으로, 서비스 사업자를 포함하여 구체적인 서비스 모델 및 인증제도는 없으나, 향후 5GAA나 GCF 등을 통한 C-V2X 시험인증 프로그램이 운영될 것으로 예상된다.

GCF는 유럽향 이동통신 관련 사업자, 단말 제조사, 시험기관 등의 협력으로 1999년에 설립된 이동통신 시험인증 기구로서, 이동통신 단말기와 네트워크 간의 전 세계적인 상호호환성을 보장하기 위한 시험인증

제도를 운영한다. GCF는 설립 이후, GSM(Global System for Mobile Communications) 기술에 대한 시험인증을 제공할 뿐만 아니라, 이동통신 분야 신기술에 대한 연구개발을 통해 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access), LTE(long Term Evolution) 등으로 시험인증 분야를 확대했고, 현재 5G 이동통신 기술에 대한 시험인증을 준비하고 있다. GCF는 상위 그룹인 SG(Steering Group)와 두 개의 하위 작업반(Agreement Group)인CAG(Conformance and Interoperability Agreement Group)와 FTAG(Field Trial Agreement Group)으로 구성된다. 이 중 CAG는 이동통신 단말기의 규격 적합성에 대한 시험인증 방법과 신기술 검증에 대해 논의를 하는 그룹이다. GCF 인증은 각 국가의 강제 인증제도의 주요 요구사항을 포함하고 있으며, 단말기의 표준적합성, 상호운용성 및 IoT, V2X 등 단말기가 지원하는 다양한 기능을 시험한다. 이는 사용자에게 단말기가 표준규격에 따라 설계, 제조, 시험 되었으므로 전 세계 이동통신 네트워크에서 문제없이 동작할 것이라는 신뢰를 제공한다. 또한, 통신 사업자는 GCF에서 인증된 단말기가 해당 통신사업자의 네트워크 내에서 정확하고 안전하게 동작하고, 사용자들에게 GCF 회원사인 다른 통신사업자의 네트워크를 통해서도 끊김 없는 로밍 서비스를 제공한다는 믿음을 가질 수 있다. GCF 인증 단말기는 3GPP 또는 기타 표준제정 기구에서 개발된 최신 시험규격을 토대로 GCF CAG을 통해 지속적으로 시험항목을 갱신하고 있으며, IoT, V2X 등의 최신 기능도 GCF 시험인증 항목 내에 포함하고 있다. GCF 인증을 획득하기 위해서 제조사는 기본적으로 GCF 회원으로 가입하여야 하며, 1S09000 시리즈 혹은 그와 동등한 조건을 만족하는 품질보증 프로그램을 갖추어야 한다. 이는 제조사가 이동통신 단말기의 설계, 개발, 제조의 과정에서 국제적으로 승인된 품질보증 프로그램을 구축하고 활용하고 있음을 의미한다. 제조사는 GCF-CC(GCF Certification Criteria, GCF 인증에 대한 적합성 평가를 위한 기준)문서와 관련된 PRD(Permanent Reference Documents, GCF 인증 및 협회운영 등에 필요한 원칙 또는 절차 정의) 문서에 정의된 인증기준에 부합하는지 여부에 대한 시험을 각 단말기에 대해 수행하며, 해당 결과를 제조업체 내부 혹은 외부 인증 심사관을 통하여 평가한다. 이 때, 시험은 GCF로부터 공인시험소로 지정 받은 내부 또는 외부 시험소를 이용할 수 있다. 평가가 완료된 후, 관련 시험 결과물과 인증에 필요한 선언문들은 제조사 내의 단말기 승인담당관에 의해서 GCF 웹사이트 내 컴플라이언스 폴더(Compliance Folder)에 등록된다. 등록이 완료되고 나면, GCF 사무국은 새로운 단말기가 인증 되었음을 공지한다. 공지된 단말기의 시험결과 및 관련 선언문은 GCF 회원 자격을 가진 통신사업자 회원들이 검토할 수 있다.



[그림 4-22] GCF 인증체계 및 절차

GCF 인증을 받은 단말기들의 정보는 GCF 웹사이트를 통하여 일반에게도 공개되나, 최근에는 단말기 제조사에서 마케팅, 영업비밀 유지 등의 이유로 GCF 인증 후 일반에게 공개되기까지 최대 90일까지 단말기 정보공개 지연을 요청할 수 있다.

OmniAir의 Connected Vehicle 시험인증은 차량 단말기인 OBU(On Board Unit)와 노변 기지국인 RSU(Road Side Unit)를 대상으로 WAVE 통신 프로토콜과 차량안전 메시지인 SAE J2945/1에 대해 시험하여 기준을 만족한 제품에 인증서를 발행한다. OmniAir의 시험인증을 위해서는 먼저 OmniAir 회원사로 가입해야 하며, 시험인증 절차는 다음과 같이 진행된다.



[그림 4-23] OmniAir 인증체계 및 절차

5. ITS 주파수 및 규제

5. ITS 주파수 및 규제

본 장에서는 주요 국가(한국, 미국, 유럽, 중국, 일본)의 ITS (지능형교통시스템) 주파수 할당 현황, 정책 및 규제 사항을 기술한다. 또한 Basic Safety Use Case 및 Advanced Use Case에서 요구되는 ITS 주파수 용량 분석, 복수 개 기술이 ITS 주파수를 사용하는 방안에 대한 연구 동향 등 ITS 주파수 사용에서 고려해야 할 사안들을 기술한다.

5.1 국가별 ITS 주파수 사용 현황 및 정책

현재 글로벌 ITS (지능형 교통시스템) 주파수라고 할 수 있는 5.9 GHz (5,855 ~ 5,925 MHz) 대역은 3GPP 표준에서 “Band 47”로 지정되어 있고 3GPP Release 14 LTE-V2X 및 Release 15 LTE-eV2X Sidelink를 이용한 단말 간 직접 통신용도로 정의되어 있다. 5.9 GHz 대역에 대한 주요 국가의 ITS 규제 현황을 살펴 보면, 미국은 DSRC 전용, 중국은 LTE-V2X 전용, 유럽/한국은 기술 중립으로 지정되어 있다. 일본은 5.9 GHz 대역은 방송 중계기용도로 지정하였고 ITS는 700 MHz/5.8 GHz 대역을 사용하도록 지정되어 있다. 최근 유럽에서는 신규 ITS 주파수로서 5,925~6,425 MHz 대역을 추가하고자 하는 논의가 있으며 추가된 주파수는 3GPP NR-V2X 기반 Advanced V2X Use Case 등 광대역 V2X 서비스 용도로 고려되고 있다.

〈표 5-1〉 국가별 ITS 주파수 현황

국가	ITS 주파수 (MHz)
한국	5,855 - 5,925
미국	5,850 - 5,925
유럽	5,855 - 5,925 63,000 - 64,000
중국	5,905 - 5,925 (실험용) 5,905 - 5,925 (2018년 10월 LTE-V2X 사업용으로 공고)
일본	755.5-764.5 5,770 - 5,850

이후에서는 한국, 미국, 유럽, 중국 및 일본의 ITS 주파수 현황과 사용정책을 상세히 살펴볼 예정이다.

5.1.1 한국

5.1.1.1 주파수 현황 및 규제

한국 ITS 주파수 5,855~5,925 MHz에 대한 기술기준은 2016년에 고시된 국립전파연구원고시 제2016-21호의 제19조에 정의되어 있다. 자세한 기술기준 사항은 다음과 같다.

- 점유주파수대역폭은 10 ㎒ 이하일 것
- 변조방식은 디지털변조일 것
- 발사하는 전파의 중심주파수는 다음 표를 따를 것. 다만, 차량 안전을 위해 5번 채널은 제어용으로만 사용할 것

〈표 5-2〉 한국 ITS 주파수 채널

채널	1	2	3	4	5	6	7
주파수(㎒)	5,860	5,870	5,880	5,890	5,900	5,910	5,920

- 안테나공급전력은 100 ㎽ 이하, 등가등방복사전력은 2 W 이하일 것
- 주파수허용편차는 ±20×10-6 이내일 것
- 스퓨리어스 영역에서의 불요발사는 다음의 기준 값 이하일 것

〈표 5-3〉 스퓨리어스 영역의 불요 발사 기준

주파수 범위	기준값	분해대역폭
1 ㎓ 미만	-36 dBm	100 ㎑
1 ㎓ 이상	-30 dBm	1 ㎒

5.1.1.2 주파수 사용 정책

ITS 용도로 지정된 5,855-5,925 MHz (총 70 MHz)를 사용하는 단말기는 비면허기기처럼 인증을 받은 후에 사용을 할 수 있으며 RSU(노변장치)은 과학기술정통부의 허가를 받은 후에 사용이 가능하다. 또한, ITS 주파수는 특정 무선기술로 제한되어 있지 않고 어떤 무선기술을 사용해도 되는 기술중립으로 되어 있다. 국내 C-ITS 1차 및 2차 시범사업용 ITS 주파수 사용 현황은 다음 표와 같다.

- 주파수 기술 기준은 1차, 2차 사업 동일하게 2016년에 고시된 국립전파연구원고시 제2016-21호의 제19조를 따른다.
- 1번 채널은 무선국 (단말기) 용도로 사용한다.

■ 4번 채널 (톨링 서비스 용도) 외에 5번, 6번, 7번 채널이 실험국 (RSU) 용도로 허가되어 있다.

〈표 5-4〉 C-ITS 시범사업용 ITS 주파수 사용

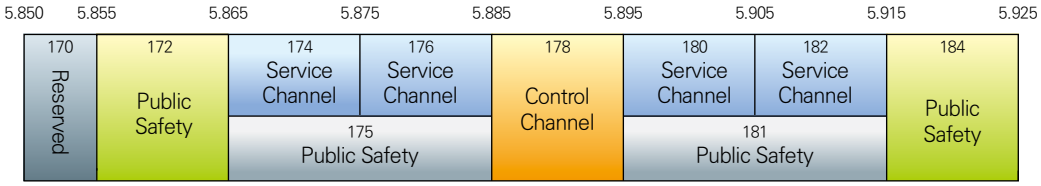
채널	1	2	3	4	5	6	7
채널운영	V2V	예비	예비	톨링	제어	I2V	PVD/보안

최근 V2X 서비스를 지원하는 1개 이상의 무선기술이 국내에 도입됨에 따라 복수 기술에 대한 ITS 주파수 사용 연구가 진행되고 있다. ITS 주파수 대역에서 복수 기술을 사용하는 방법으로서 현재 주파수 기술기준과 같이 기술중립을 유지하면서 국내 및 글로벌 시장 동향에 따라 각 기술의 ITS 주파수 사용을 조정하는 방안을 고려할 수 있다. 또한 V2X Use Case가 진화함에 따라 Advanced V2X Use Case 및 NR-V2X 기술 용도의 ITS 주파수에 대한 연구도 같이 진행되어야 한다.

5.1.2 미국

5.1.2.1 주파수 현황 및 규제

미국 FCC는 1999년 5,850-5,925 MHz (총 75 MHz)를 DSRC 기반 ITS 서비스에 사용할 수 있도록 지정하였다. 미국 ITS 주파수 채널 사용은 아래 [그림 5-1]과 같다.



[그림 5-1] 미국 ITS 주파수 채널 사용

FCC R&R 파트-90의 서브파트-M은 DSRC 기반 서비스를 사용하는 RSU에 대한 규제 사항을 명시한다. FCC R&R 파트-95의 서브파트-L은 DSRC 기반 서비스를 사용하는 OBU(On-Board Unit)에 대한 규제 사항을 명시한다. 해당 주파수 대역에서 동작하는 RSU는 American Society for Testing and Materials (ASTM) E2213-03 규격을 준수해야 한다. RSU 클래스별 최대 출력 파워, 통신 영역에 대한 규제는 다음 〈표 5-5〉와 같다.

〈표 5-5〉 RSU 클래스

RSU Class	Max. output power (dBm)	Communications zone (meters)
A	0	15
B	10	100
C	20	400
D	28.8	1000

ASTM-DSRC 규격은 출력 파워를 28.8 dBm으로 제한하지만 안테나 입력 파워가 28.8 dBm을 초과하지 않고 EIRP가 44.8 dBm을 초과하지 않는 한 안테나 케이블 손실이 발생하지 않도록 더 큰 파워를 허용한다. ITS 주파수 채널별 파워 제한은 〈표 5-6〉와 같다.

〈표 5-6〉 미국 ITS 주파수 채널별 파워제한

채널 번호	사용
178	(제어 채널) high 우선순위 안전 메시지 전송, 서비스 채널에 대한 정보 전송 파워 제한: 44.8 dBm EIRP
174, 176	Shared Public Safety/Private: Mid-Power, Mid-Range서비스 파워 제한: 33 dBm EIRP
180, 182	Shared Public Safety/Private: Low-Power, Short Range 서비스 파워 제한: 23 dBm EIRP
184	Dedicated Public Safety: High-power, High Range Safety-of-Life Applications (예, 교차로 충돌 회피) 파워 제한: 40 dBm EIRP
172	Dedicated Public Safety (High Availability, 기본 안전서비스) 파워 제한: 33 dBm EIRP

■ 파워 제한:

모든 디바이스 (On-Board, 포터블, RSU)의 Power Limit은 23 dBm EIRP를 만족해야 한다.

■ 발사 제한:

스퓨리어스 발사 수준은 -25 dBm/100 kHz EIRP를 초과하지 않아야 한다.

■ 대역외 발사 제한:

〈표 5-7〉은 채널 대역폭 당 Spectrum Emission Limit을 나타낸다.

〈표 5-7〉 채널 대역폭 당 Spectrum Emission Limit

Spectrum Emission Limit (dBm) / Channel Bandwidth							
Δf_{OOB} (MHz)	1.4 MHz	3.0 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	Measurement Bandwidth
±0-1	-10	-13	-15	-18	-20	-21	30 kHz
±1-2.5	-10	-10	-10	-10	-10	-10	1 kHz
±2.5-2.8	-25	-10	-10	-10	-10	-10	1 kHz
±2.8-5		-10	-10	-10	-10	-10	1 kHz
±5-6		-25	-13	-13	-13	-13	1 kHz
±6-10			-25	-13	-13	-13	1 kHz
±10-15				-25	-13	-13	1 kHz
±15-20					-25	-13	1 kHz
±20-25						-25	1 kHz

Class C 디바이스의 대역외 발사제한은 〈표 5-8〉와 같다.

〈표 5-8〉 Class C 장치의 대역 외 발사제한

Offset from Center Frequency	Attenuation
± 5 MHz	26 dBr/100kHz
±5.5 MHz	32 dBr/100kHz
±10 MHz	40 dBr/100kHz
±15 MHz	50 dBr/100kHz

※ 현재는 DSRC 디바이스에 해당됨.

RF Exposure (노출) 요구사항은 다음과 같다. 모바일용 또는 포터블용 장치는 각각 FCC 규칙 §2.1091, §2.1093의 절차에 따라 검증될 수 있다. RSU는 FCC 규칙 §1.1310의 최대 허용 노출(Maximum

Permissible Exposure) 한계를 따라야 한다. RSU에 대한 각 채널의 사용 용도 및 규제 사항은 아래 〈표 5-9〉와 같다.

〈표 5-9〉 미국 ITS 주파수 채널 규제 (RSU)

채널 번호	주파수 범위 (MHz)	Max. EIRP (dBm)	채널 사용
170	5,850-5,855		Reserved
172	5,855-5,865	33	Service
174	5,865-5,875	33	Service
175	5,865-5,885	23	Service
176	5,875-5,885	33	Service
178	5,885-5,895	33/44.8	Control
180	5,895-5,905	23	Service
181	5,895-5,915	23	Service
182	5,905-5,915	23	Service
184	5,915-5,925	33/40	Service

- 5,850~5,855 MHz의 5 MHz는 미 사용 채널이다.
- 10 MHz 대역폭을 갖는 7개 채널로 구성되는데, 20 MHz 대역폭 채널 사용도 가능하다. 20 MHz 대역폭 채널 사용하는 경우에는 174번 채널과 176번 채널이 묶인 175번 채널, 180번 채널과 182번 채널이 묶인 181번 채널이 정의된다.
- 178번 채널은 나머지 서비스 채널에서의 서비스를 알리는 제어 용도로 사용하고, 나머지 채널 (172, 174, 175, 176, 180, 181, 182, 184번)은 서비스 용도로 사용한다.
- 172번 채널은 Public Safety Application 용도로 지정되어 있으며 현재 V2V 시나리오의 BSM (Basic Safety Message) 전송을 테스트하는 데 사용하고 있다.
- 184번 채널은 Public Safety Application 용도로 지정되어 있으며 90.373(a) 요구사항을 만족하는 엔터티만 이 채널을 사용할 수 있다.

OBU에 대한 각 채널의 사용 용도는 다음 〈표 5-10〉와 같다.

〈표 5-10〉 OBU 용도 채널 사용

채널 번호	채널 사용	주파수 범위 (MHz)
170	Reserved	5,850-5,855
172	Service	5,855-5,865
174	Service	5,865-5,875
175	Service	5,865-5,885
176	Service	5,875-5,885
178	Control	5,885-5,895
180	Service	5,895-5,905
181	Service	5,895-5,915
182	Service	5,905-5,915
184	Service	5,915-5,925

5.1.2.2 주파수 사용 정책

미국 도로교통안전국 (NHTSA)는 신차 대상으로 “V2V 의무 탑재”를 법제화하는 초안 (Notice of Proposed Rule Making, NPRM)을 2017년 1월에 공시하였으나 2017년 11월에는 해당 NPRM은 미 결정 사항이며 검토 중이라는 입장을 발표하였다. 따라서 해당 NPRM은 장기 미결의제로 분류되는 분위기이며 해당 법안이 언제 결정될지 미정인 것으로 판단된다. 현재 FCC 규칙에는 5,850-5,925 MHz의 ITS 대역이 DSRC 기술 용도로 명시되어 있으나 해당 대역을 기술 중립으로 변경해야 한다는 코멘트가 제출되고 있으며 일부 FCC Commissioner들도 이에 대해 긍정적인 의견을 보여주고 있다. 이와 관련하여 FCC는 5.8 GHz 대역 앞 부분을 사용하는 Wi-Fi 기술과의 채널 공유 및 간섭 연구를 진행하고 있는데 이 연구의 결과가 5.9 GHz ITS 대역 정책에 끼치게 될 영향을 주시할 필요가 있다. 2018년 11월 5GAA는 5.9 GHz 대역에서 C-V2X 기반 ITS 서비스를 허용하는 Waiver 신청서를 FCC에 제출하였으며, FCC는 2019년 1월 중에 해당 Waiver 신청서에 대한 코멘트를 수렴할 예정이다. 또한 2018년 10월 FCC는 5,925~7,125 MHz (6 GHz 대역의 1200 MHz)를 신규 무선 서비스 용도로 사용하는 법안 (NPRM, FCC 18- 147)을 제시하였다. 이 신규 법안에 따라 6 GHz 대역이 신규 무선 서비스 용도로 사용되는 경우 5.9 GHz ITS 밴드에 대해 6 GHz 대역에서의 간섭 영향 분석 및 간섭 규제하는 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 예상된다.

5.1.3 유럽

5.1.3.1 주파수 현황 및 규제

5,850-5,925MHz를 사용하는 유럽의 ITS 기술기준은 EN 302 571에 정의 되어 있으면 현재 2017년 2월에 나온 V2.1.1이 가장 최근의 기술기준이다. 자세한 내용을 보면 5 GHz ITS Frequency Band Segmentation는 아래 〈표 5-11〉와 같다.

〈표 5-11〉 유럽 ITS 주파수

Frequency Range	Usage	Regulation
5 855 MHz to 5 875 MHz	ITS Non-Safety Applications	ECC Recommendation (08)01[i.2]
5 875 MHz to 5 905 MHz	ITS Road Safety	Commission Decision 2008/671/EC [i.3], ECC Decision (08)01 [i.1]
5 905 MHz to 5 925 MHz	Future ITS Applications	ECC Decision (08)01 [i.1]

■ 중심주파수(fc)와 최대 점유주파수대역폭(Max CH BW)는 〈표 5-12〉와 같다.

〈표 5-12〉 유럽 ITS 중심 주파수와 최대 대역폭

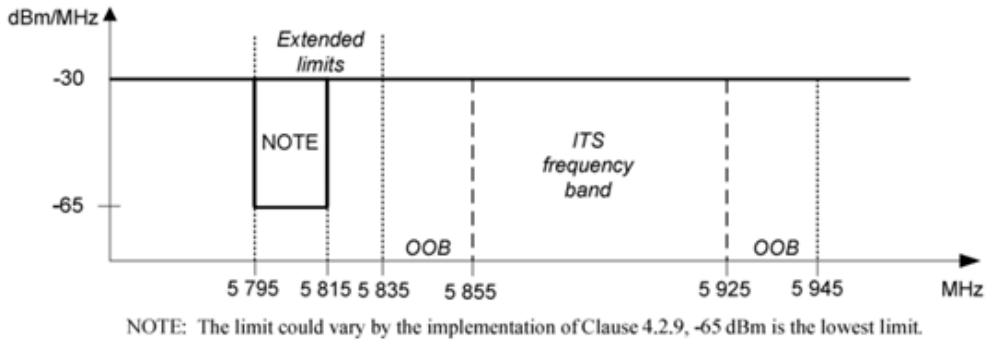
Carrier Centre Frequency f_c (MHz)	Maximum Channel Bandwidth (MHz)
5 860	10
5 870	10
5 880	10
5 890	10
5 900	10
5 910	10
5 920	10

■ 최대 중심주파수 허용편차: fc± 20 ppm

■ 최대 전파출력은 33dBm(EIRP)를 넘지 못하고 최대 전파 PSD(Power Spectral Density)는 23dBm/

MHz(EIRP)를 넘지 못한다.

- Transmit Power Control(TPC)의 범위는 요금소에서 CEN DSRC와 공유를 위하여 최소한 3dBm이어야 하며 최대 전파출력은 33dBm(EIRP)까지 이다.
- 최대 불요발사는 아래 [그림 5-2]와 같다.



[그림 5-2] 유럽 5.9 GHz ITS 주파수 최대 불요 발사

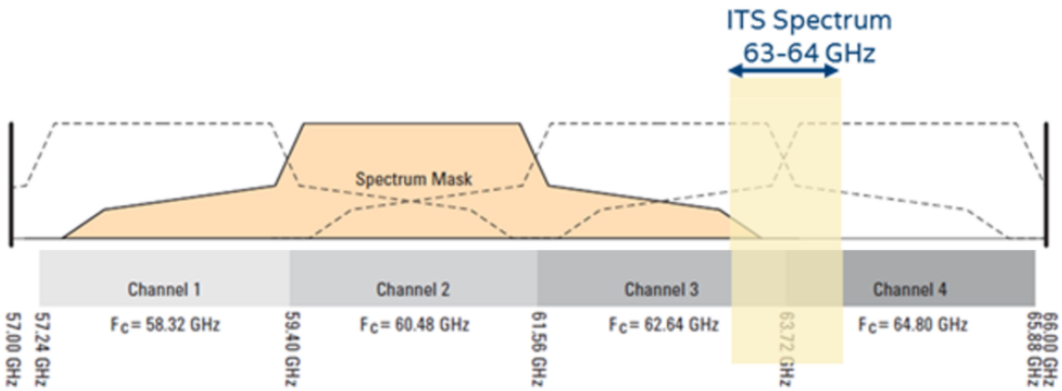
5,795-5,815MHz의 불요발사를 추가적으로 제한하는 것은 이 주파수에서 동작하는 CEN DSRC와 HDR DSRC를 보호하기 위함 이고 추가적인 정보는 ETSI TS 102 792[4]에 정의되어 있다.

- 송신기 스펙트럼 마스크

〈표 5-13〉 유럽 ITS 주파수 송신기 스펙트럼 마스크 (10 MHz 채널 대역 기준)

Carrier Frequency f_c (dBc)	±4,5 MHz Offset (dBc)	±5,0 MHz Offset (dBc)	±5,5 MHz Offset (dBc)	±10 MHz Offset (dBc)	±15 MHz Offset (dBc)
0	0	-26	-32	-40	-50

그 외에 유럽에서는 60 GHz대역을 사용할 수 있도록 63-64 GHz를 ITS로 할당을 하였으나 배타적으로 사용하는 것이 아니고 다른 비면허대역 기기 (예를 들면 802.11ad, 802.11ay)와 공유하여 사용을 하여야 한다. 그런데 아래 [그림 5-3]에서 보듯이 ITS 63-64 GHz가 802.11ad의 Channel 3번과 4번에 걸쳐 있어 간섭의 확률이 높아 효율이 낮아지는 문제가 있다. 따라서 63-64 GHz의 ITS 할당을 Channel 4번이나 3번 주파수 안으로 옮기는 것을 산업체들이 추진을 하고 있다.



[그림 5-3] 유럽 63-64 GHz ITS 주파수

5.1.3.2 주파수 사용 정책

2018년 10월 현재 Mobility와 Transport의 EU 정책을 관장하는 EC DG MOVE에서 Cellular V2X는 제외되고 EN 302 663 (ITS-G5 무선접속기술표준, [5])의 Annex 2에 있는 IEEE 802.11p를 유럽에서 실질적으로 강제화 하는 법안 (Delegated Act)을 제출하려고 하지만 5GAA를 중심으로 기술발전을 저해할 수 있는 이 Delegated Act 법안을 반대하고 기술중립을 옹호하는 활동을 활발히 하고 있다. 현재 독일은 이 법안을 옹호하고 있지만 프랑스, 네덜란드 그리고 덴마크가 기술중립을 옹호하고 있기 때문에 논의 결과가 어떻게 될지 주의 깊게 살펴 보아야 할 것이다. 또한 5GAA, DIGITAL EUROPE을 중심으로 C-V2X진영은 기술중립을 옹호하는, 즉 DSRC가 사실상 강제화 되지 않도록, 활동을 계속할 계획이다.

5.1.4 중국

5.1.4.1 주파수 현황 및 규제

중국 MIIT BRR (Bureau of Radio Regulation, 공신부)는 2016년 11월에 6개 도시 (베이징, 상하이, 종칭, 창춘, 우한, 항저우)에서 C-V2X 파일럿 구축에 사용할 실험용 주파수로 5,905~5,925 MHz를 할당하였다. 공신부는 State Radio Regulation of China (SRRC)과 Telematics Industry Application Alliance (TIAA)에 ITS 서비스에 요구되는 주파수 요구량 분석, Coexistence 분석, ITS 주파수 관리 방법론 분석 등을 의뢰하였으며 이는 2018년 상업용 ITS 주파수 할당에 활용되었다. 공신부는 2018년 10월에 5.9 GHz 대역 20 MHz (5,905~5,925 MHz)를 LTE-V2X 직접 통신 링크 기반의 IOV (Internet of Vehicle) 용도로 공시하였고 이 규제는 2018년 12월 1일부터 적용될 예정이다. 직접 통신 링크는 V2V, V2I, V2P 통신을 사용하는 RSU, OBU 및 포터블 무선 장치에 해당한다. 또한 중국의 경우 2019년내 C-V2X 관련

중국 표준 및 인증을 완료하고 2020년 C-V2X를 상용화할 것으로 예상된다. 이번에 공시된 5,905~5,925 MHz ITS 주파수에 대한 규제 사항은 다음과 같다.

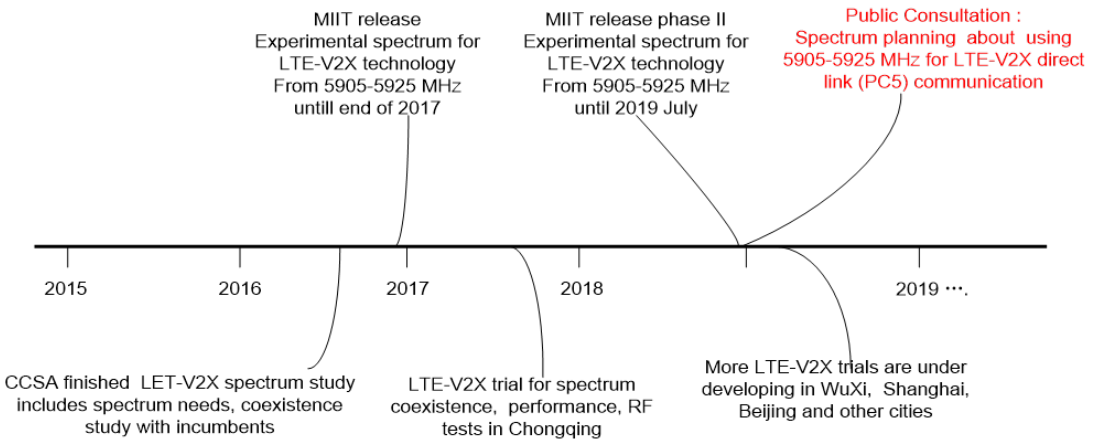
- RSU의 경우 주파수 면허와 장치 면허가 필요하다. 상업용 서비스에 사용하는 경우 해당 서비스 운용 면허가 필요하다.
- OBU 및 포터블 무선 장치의 경우 주파수 면허와 장치 면허가 필요 없다.
- V2X 무선 장치는 5,905~5,925 MHz 대역을 현재 사용 중인 기존 장치(FSS, Radio Location, Fixed Service 용도)에 심각한 간섭을 주지 않아야 한다. 이를 위해 V2X 무선 장치는 Radio Station으로부터 7 Km 이상 떨어진 곳에서 운용, 위성 지상국으로부터 2 Km 이상 떨어진 곳에서 운용되어야 한다. V2X 무선장치에서 기존 장치에게 심각한 간섭 영향을 주는 경우가 신고되면 SRRC가 간섭이슈를 해결하는 방안을 제시할 것이다.
- 채널 대역폭은 20 MHz이다.
- Tx 파워 제한은 OBU 또는 포터블 무선 장치의 경우 26dBm EIRP, RSU의 경우는 29dBm EIRP 이다.
- 주파수허용편차는 +/-0.1×10-6이다.
- 인접채널누설비 (ACLR)은 〉31dB이다.
- 불요 발사 (Operating Band Unwanted Emission)는 다음 〈표 5-14〉와 같다.

〈표 5-14〉 채널 대역폭별 불요 발사

Frequency Offset to the Channel Edge	Tx Emission Limits for 20MHz BW	Measurement Bandwidth	Detection Measure
0-1MHz	-21dBm	30 kHz	RMS
1-2.5MHz	-10dBm	1 MHz	RMS
2.5-2.8MHz	-10dBm	1 MHz	RMS
2.8-5MHz	-10dBm	1 MHz	RMS
5-6MHz	-13dBm	1 MHz	RMS
6-10MHz	-13dBm	1 MHz	RMS
10-15MHz	-13dBm	1 MHz	RMS
15-20MHz	-13dBm	1 MHz	RMS
20-25MHz	-25dBm	1 MHz	RMS

5.1.4.2 주파수 사용 정책

공신부는 5,905~5,925 MHz 대역을 LTE-V2X 직접 통신 기술 기반의 차량용으로 사용하는 정책을 2018년 10월에 공표하였다.



(출처: CCSA presentation in CJK IMT #53, 2018.09)

[그림 5-4] LTE-V2X 주파수 연구 현황

IMT-2020 (5G) Promotion Group은 5,905~5,925 MHz (총 20MHz) 대역에서 LTE-V2X 직접 통신 기술을 테스트하고 있는데 단계별 일정은 [그림 5-5]과 같다. 1단계와 2단계는 종료되었으며 소규모 실험실 테스트와 필드 테스트를 진행하였다. 3단계는 상용화를 위한 대규모 성능 실험 및 E2E 서비스 검증실험을 진행할 예정이다.



(출처: CCSA Presentation in CJK IMT #53, 2018.09)

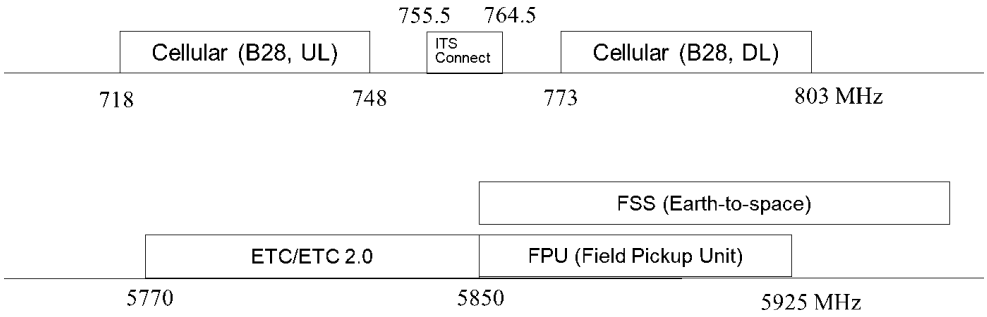
[그림 5-5] 단계별 LTE-V2X 테스트 일정

TIAA와 SRRC는 ITS 주파수 사용 정책 연구를 수행 중이며 OBU, RSU에 대한 License 및 License-Exemption, License 대상 Legal Entity 및 I2V 메시지의 오용을 막기 위해 Roadside 정보 서비스 제공자 허가방안의 필요성 등을 분석할 예정이다.

5.1.5 일본

5.1.5.1 주파수 현황 및 규제

일본의 경우 2개의 주파수 대역이 ITS 서비스 용도로 할당되어 있다. 그림 5-6과 같이 755.5 - 764.5 MHz 밴드는 ITS Connect 서비스 용도로 지정되어 있고, 5,770 - 5,850 MHz 밴드는 ETC/ETC2.0 서비스 용도로 지정되어 있다. 그림 5-6에서 보는 바와 같이 글로벌 ITS 대역에 해당하는 5,850-5,925 MHz 대역은 ESS 및 FPU 용도로 지정되어 있다.



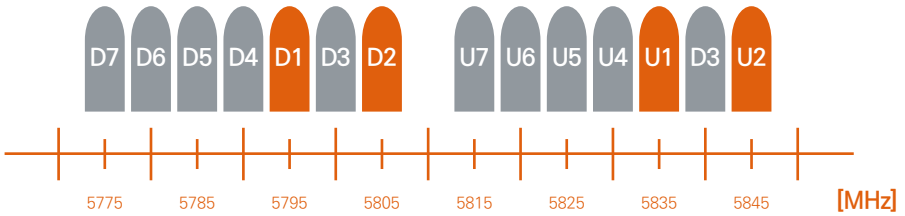
[그림 5-6] 일본 ITS 주파수 현황

ITS Connect와 ETC/ETC2.0의 주파수를 포함한 현황은 아래 〈표 5-15〉과 같다.

〈표 5-15〉 일본 ITS 서비스별 현황

이름	주파수 (MHz)	용도	무선 접속 기술 규격
ITS Connect	755.5 - 764.5	V2V 및 V2I ITS Safety (2015년 10월부터 상업용 서비스 시작)	ARIB STD-T109 (IEEE 802.11 기반)
ETC/ETC 2.0	5,770 - 5,850	Road Tolls 및 Information Service를 위한 "ITS" Spot	ARIB STD-T75 (DSRC, TDMA-FDD)

755.5-764.5 MHz 밴드는 1개 채널로 구성되며 V2V, V2I, I2I 통신 기반의 ITS Connect 서비스에 사용된다. ETC/ETC2.0에 사용하는 5770-5850 MHz 밴드는 [그림 5-7]와 같이 7개의 FDD 채널로 구성되어 있다.



[그림 5-7] 일본 ETC 채널 할당

D1/U1과 D2/U2 채널은 유료 고속도로의 요금 정산소에서 ETC 서비스 용도로 사용된다. D1/U1과 D2/U2 채널을 포함한 모든 채널은 ETC2.0 서비스에서 사용된다. ETC/ETC2.0 기술 규제는 〈표 5-16〉에 정리되어 있다.

〈표 5-16〉 일본 ETC/ETC2.0 기술 규제

	기술 규제
주파수 대역	5.8 GHz (5,770 - 5,850 MHz)
변조 방식	ASK, QPSK
변조 심볼 비트 레이트	1.024 Mbps (ASK), 4.096 Mbps (QPSK)
채널 대역폭	4.4 MHz/Channel
Center Frequency Separation	5 MHz
최대 송신 전력	RSU: 300 mW (30 미터 이상 커버리지), 10 mW (30 미터 미만 커버리지) OBU: 10 mW

5.1.5.2 주파수 사용 정책

일본 총무성 (MIC)은 2017년부터 Connected Car Society 실현에 대해 3가지 프로젝트를 진행하고 있다. 이 프로젝트들의 기술 성능 및 사회적 영향력, 보안 및 프라이버시 평가를 위한 테스트베드도 구축될 예정이다.

■ Connected Network 프로젝트
- Edge Computing Model for Driving Assistance Cooperating with Infrastructure for Driving Assistance using LTE, etc. V2V Information Sharing Model

■ Connected Data 프로젝트
- Efficient Data Collection Cloud Utilization

■ Connected Platform 프로젝트
- System Architecture Cooperative Platform

총무성은 2017년 일본 주파수 Action Plan을 업데이트하면서 5.8 GHz 대역을 ITS 용도로 우선 지정하였다. 5.8 GHz 대역은 특정 ITS 기술에 한정되어 있지 않다. 2018년 일본 자동차 제조사, 전장업체, 통신 사업자, 통신장비회사가 3GPP Release 14규격 기반의 일본 최초 LTE-V2X 테스트를 진행하는 등 C-V2X에 대한 관심이 높아지면서 차세대 ITS 서비스 용도의 주파수 대역에 대한 연구도 수행되고 있다. 특히 글로벌 동향에 맞추어 일본도 5.9 GHz 대역을 ITS 용도로 지정할 가능성을 열어 두고 있다. 총무성은 2018년 8월 "Growth Strategy on Effective Use of Radio Resources"에 대해 Public Consultation 절차를 진행했고 이에 대한 후속으로 5.9 GHz를 ITS 서비스 용도로 지정하는 주파수 Action Plan을 고려하고 있다. 2018년 10월 현재 총무성은 5.9 GHz ITS 대역을 포함하는 주파수 Action Plan에 대한 코멘트를 수집 중이다. 순조롭게 진행될 경우 5.9 GHz 대역을 추가 ITS밴드로 지정하는 작업은 2020년경에 마무리될 것으로 예상되며 5.9 GHz 대역은 C-V2X 기술에 기반한 ITS 서비스 용도로 사용될 것으로 예상된다. 또한 총무성 주관으로 2018년 3월부터 2020년 3월까지 5.9 GHz 대역에서 공존 및 간섭 연구도 진행하고 있다.

5.2 ITS 주파수 사용에 대한 제언

챕터 5.1에서 살펴본 바와 같이 5.9 GHz 대역을 ITS 서비스 용도로 사용하는 것이 세계적인 추세이나 현재 사용 가능한 ITS 주파수 외에 진화하는 V2X Use Case에 필요한 ITS 주파수에 대한 고려가 필요하다. 또한 ITS 주파수를 C-ITS를 지원하는 기술에 관계 없이 운용하는 방안 (기술 중립성), ITS 주파수 내 C-ITS와 타 기술 (비면허대역, 도심 철도) 공존 방안 및 인접 대역 사용시 간섭영향 등을 고려하여 ITS 주파수를 운용하는 것이 필요하다.

5.2.1 주파수 필요 용량

ITS 주파수 선정 및 사용안을 결정하려면 ITS 서비스에서 요구하는 주파수 소요량을 고려할 필요가 있다. 최근 업체 및 관련 기관들에서 V2X Use Case에 따른 주파수 소요량 분석 연구를 수행하고 있다. 주파수 소요량 분석 연구는 3GPP 평가 방법론에 기반한 시뮬레이션 분석과 이론에 기반한 분석을 활용할 수 있는데 이론에 기반한 분석은 Traffic Loading, Spectral Efficiency, Channel Utilization에 기반하여 특정 무선 접속 기술에 한정되지 않고 일반적으로 V2X에서 요구되는 주파수 소요량을 도출할 수 있는 방법이다. 위의 두 가지 분석 방법을 기반으로 Basic Safety Use Case를 지원하려면 최소한 30 MHz 주파수가 필요하다는 연구 결과가 있다. 또한 Advanced Use Case에 필요한 주파수 소요량 연구도 진행되고 있는데 Advanced Safety를 지원하는 데 70 MHz 이상의 주파수가 필요할 것이라는 연구 결과가 있다.

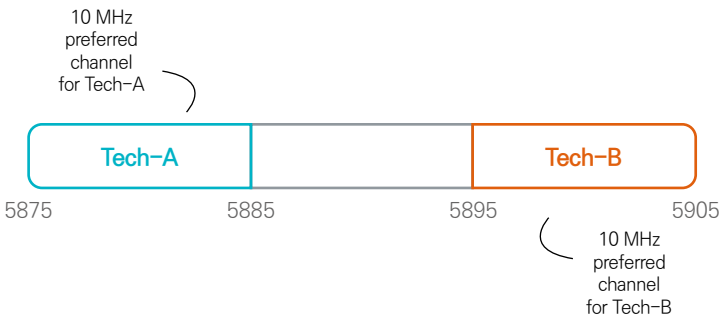
5.2.2 복수 개 기술의 ITS 주파수 사용

5GAA는 여러 기술 (ITS-G5 기술, C-V2X 기술)이 유럽에서 Basic Safety 용도로 지정된 5875~5905 MHz (30 MHz)를 공유하는 방안을 연구하였고 3단계 공유 방식을 제안한다[2].

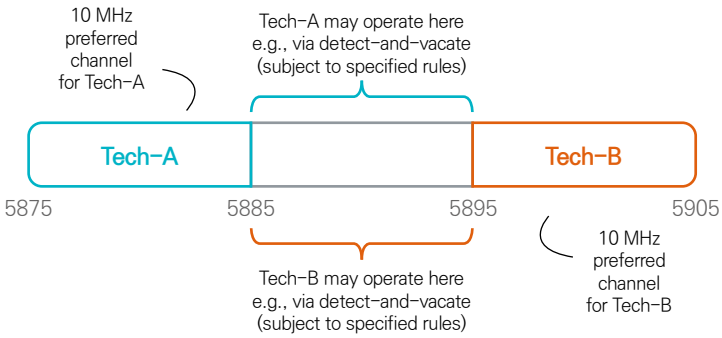
- 1단계: 기술별로 선호 채널을 할당한다.
  - ITS 주파수가 30 MHz 인 경우를 가정하면, 2개 기술이 10 MHz씩 사용하도록 선호 채널을 할당한다. 양 끝 10 MHz는 각 기술에 할당되고 가운데 10 MHz 채널은 비워 둔다. 이 단계는 ITS 기술이 시장에 도입되는 초반에 사용될 수 있으며 두 기술에 공정성을 부여하는 동시에 기술 간 발생할 수 있는 간섭을 회피할 수 있다.
- 2단계: 미할당 채널에 대해 Detect-and-Vacate 방식으로 사용한다.
  - 선호 채널 외에 1단계에서 할당하지 않았던 가운데 10 MHz 채널을 사용할 수 있는 방안을 제공한다. 예를 들어 10 MHz 채널을 사용하기 위해 두 기술은 Detect-and-Vacate 방식을 운용하는데 채널을 먼저 선점한 기술이 해당 채널을 사용하고 비워주는 방안이다.
- 3단계: 특정 기술의 선호 채널에 대해 Detect-and-Vacate 방식으로 다른 기술 허용한다.
  - 마지막 단계는 기술 별 선호 채널에서도 Detect-and-Vacate 방식을 운용하여 특정 기술의 선호 채널도 다른 기술이 사용할 수 있는 기회를 제공한다. 특정 기술의 선호 채널이 비어 있으면 다른 기술이 해당 채널을 사용하고 비워주는 방안이다.

[그림 5-8]은 위에서 설명한 바와 같이 기술 A와 기술 B가 ITS 주파수를 공유하는 3단계 시나리오를 보여준다.

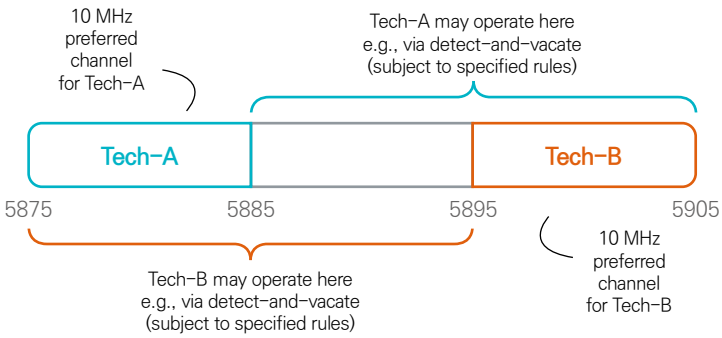
1단계:
기술별 선호 채널 할당



2단계:
미할당 채널에 대해
Detect-and-Vacate 방식으로
사용



3단계:
특정 기술의 선호 채널에 대해
Detect-and-Vacate 방식으로
다른 기술 허용



[그림 5-8] 복수 개 기술의 ITS 주파수 사용 시나리오

5G

결 론

결 론

셀룰러 기반의 차량 사물 통신 기술인 C-V2X는 IEEE 802.11p 기반 무선 기술보다 확장된 통신 범위로 높은 신뢰도의 대용량 데이터의 고속 전송을 제공한다. 이를 통해 C-ITS와 자율 협력 주행 관련 다양한 서비스를 높은 품질로 제공할 수 있어, 자동차 산업 생태계 전반의 핵심 기반 기술로 전폭적인 지지를 받고 있다.

1장에서는 먼저 도로에서 운전자와 보행자(자전거 등 탈 것 포함)의 안전 서비스, 도시에서의 효율적 교통 흐름 서비스, 운전자의 편의 서비스, 자율 주행의 안전을 위한 서비스를 제공하는 것을 목표로, 전세계의 주요 연구 기관, 표준화 단체, 장비 제조자, 통신 사업자, 자동차 업체 등에서 진행되고 있는 C-V2X 기술의 연구 현황을 정리하였다. 또한, 자동차 업체 및 표준화 참여 업체 간의 협업으로 진행중인 시범 시험, 성능 시험, 서비스 시연 사례를 찾아보고, 정부 부처, 지자체, 업체 간의 협력으로 진행중인 자율 주행을 위한 대규모 실증 단지 구축 및 시범 사업 동향을 살펴 보았다.

2장에서는 3GPP, 5GAA 등 표준화 그룹에서 다양한 V2X Use Case를 정의하고 있다. 통신장비 제조사, 자동차 OEM, 이동통신사업자 등으로 구성된 표준화 그룹은 사용자의 V2X 응용 요구사항을 고려하여 다양한 Use Case를 정의하고 있으며, 이를 토대로 시연과 시범 사업을 추진 중이다. 아직 상용화 이전의 단계인 현시점에서 본 백서에 기술한 모든 Use Case를 적용하여 시연하는 것은 현실적이지 않다. 따라서 본 백서는 V2X Use Case에 대한 분류와 요구조건에 대한 정보를 제공함으로써 새로운 Use Case 발굴 및 활용에 도움을 주고자 하였다.

3장에서는 C-V2X를 활용한 비즈니스 모델에 대해 살펴보았다. 먼저, C-V2X 네트워크 구축 방안을 고려하기 위해 V2V, V2I, V2N 각각을 LTE V2X, 5G, WAVE 기술들 간의 조합으로 구현할 경우 구조, 성능, 장단점 등의 특징을 알아보았다. 또한, RSU 설치 여부 및 장소에 따른 소요비용도 예측하였다. 그리고, C-V2X를 활용한 커넥티드 카 비즈니스 모델로 차량관리 서비스와 콘텐츠 서비스를 선택하고, 자율주행 비즈니스 모델로 주문형 교통 서비스, 물류 및 배송 서비스를 고려하여 각 서비스에 대한 정의, 시나리오, 생태계, C-V2X 기여요소에 대해 분석하였다. 마지막으로, C-V2X 기술을 활용하여 중소기업들이 수행할 수 있는 비즈니스 모델을 제시하였다.

4장에서는 차량 자율주행을 지원하는 C-V2X 차량 통신 기술의 주요 특징 및 현황을 기술한다. 먼저 C-V2X 통신 기술의 주요 사항 및 특징들을 PC5인터페이스 Tx Mode 4 기준으로 WAVE IEEE802.11p 기술과 대비하여 비교하고 상대적인 기술 장점들을 설명한다. 이어서 3GPP에서 규격 제정이 이루어지고 있는 C-V2X 통신 규격들을 단계적인 표준화 작업 진행 시점에 따라 각각 LTE-V2X, LTE-eV2X, NR-V2X로 구분하여 정의하고, 각 단계별로 주요 표준 규격 도입 기술들을 상세히 기술하고 주요 무선 전송 성능들을 설명한다. 또한 표준화 기술 규격 제정과 이를 기준으로 개발되는 C-V2X 상용 기기 제품들에 대해 시험인증 표준 규격 수립 관련 진행 현황을 기술하고, 국내 및 글로벌의 시험인증 시스템 및 프로세스 구축 현황을 비롯하여 기기 별 시험 인증 범위에 대한 주요 사항들을 설명한다.

마지막으로 5장에서는 현재 글로벌 ITS 주파수에 해당하는 5.9 GHz 대역 사용을 활성화하기 위한 중국, 유럽, 미국을 중심의 활발한 움직임을 기술하였다. 5.9 GHz 대역을 특정 무선통신 기술이 사용하도록 지정한 지역도 있으나, 대부분의 지역에서는 기술중립으로 시장의 선택에 맡기는 방향으로 운용될 것으로 예상된다. 또한 기본 안전 Use Case를 중심으로 하는 C-ITS 서비스가 Advanced Use Case 등 광대역 V2X 서비스로 확장될 것으로 예상되므로 신규 ITS 주파수에 대한 연구도 점차 활발하게 진행될 것이다.

5G 포럼 교통융합위원회의 백서는 향후 매년 정기적으로 발간할 예정으로 추가적인 기술 개발사항, 시장상황, 서비스 개발 및 실현 등을 포함함으로써 5G 통신 인프라를 활용하고자 하는 제조 및 서비스 산업체 및 연구소와 학계에 도움이 되고자 한다.

참고 문헌

1. 교통 융합 시장 및 기술 동향

[1] 5G 포럼 교통융합위원회, https://www.5gforum.org/transportationtf

[2] 전자신문, 과기정통부, 차세대 자율주행기술 'C-V2X' 활성화 속도, 2018.09

[3] Social LG 전자 뉴스룸, LG전자, 셀룰러 기반 차량통신 기술 주도, 2016.12

[4] https://netmanias.com/ko/?m=view&id=operator_news&no=13177

[5] SK telecom News, 한국교통안전공단, K-City에서 5G 자율주행차 간 협력 운행 시연, 2018. 02

[6] 삼성 뉴스룸, CES 2018에서 처음 선보인 삼성과 하만의 '자율주행 기술', 그 주역을 만나다, 2018.11

[7] GSA white paper, https://gsacom.com/paper/cellular-vehicle-everything-c-v2x-market-report/

[8] SAE international DSRC TG, https://www.sae.org/works/committeeHome.do?comtID=TEVDSRC

[9] SAE international C-V2X TG, https://www.sae.org/works/committeeHome.do?comtID=TEV5GET

[10] ACM, http://www.acmwillowrun.org/

[11] https://www.qualcomm.com/news/

[12] 5GAA white paper, http://5gaa.org/5gaa-in-motion/news/#white-papers

[13] 5GPPP Automotive WG white paper, https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2018/02/5G-PPP-Automotive-WG-White-Paper_Feb.2018.pdf

[14] Qualcomm press release, Groupe PSA and Qualcomm advance C-V2X testing for communication between vehicles, 2018.02

[15] PSA group media center, Groupe PSA showcases the leading-edge V2X communication technology for connected cars in China, 2018.09

[16] CCSA, http://www.ccsa.org.cn/english/

[17] IMT-2020 promotion group, http://www.imt-2020.org.cn/en

[18] CJK IMT WG#53 report, CJK-IMT53-009_C-V2X Technology and Industry Progress in China, 2018.09

[19] CJK IMT WG#53 report, CJK-IMT53-023_C-V2X Japan, 2018.09

[20] Qualcomm press release, China Mobile Develops Roadside Units for LTE-V2X PC5 Direct Communication Featuring Qualcomm C-V2X Chipset Solution, 2018.09

[21] Qualcomm코리아, Qualcomm C-V2X 기술로 보는 이동수단의 미래, Qualcomm코리아 포스트, 2018.2

[22] 정구민, 2018 MWC에서 살펴본 커넥티드 카 신기술, KAMA 웹진, 2018.4

[23] 정구민, [MWC2018] 차량사물통신, C-V2X 진화가 빨라진다, 아이뉴스24, 2018.3 5

[24] 5G-PPP, Study on 5G V2X Deployment, White paper, 2015. 10.

[25] 손장우, 한국, 미국, 일본, 중국, 유럽 통신사의 5G 추진 과정, 2018. 03

[26] Pandaily News, 차이나 모바일의 원격 주행 시연, 2018. 03

[27] SK telecom News, 기아차, CES 2018에서 5G 자율주행 기술 선보여, 2018.01

[28] KT News, KT 자율 주행 실증 단지 구축 사업 수주, 2017.11

[29] KT News, 5G 통신망 활용 자율주행 플랫폼, KT도 개발 나선다, 2018.04

[30] FierceWireless News, Qualcomm, Ford and Panasonic mark first U.S. C-V2X deployment in Colorado, 2018.06

[31] 5GMF 5G Field Trials, http://www.itu-apt.org/28-GHz-India-5G-Spectrum-Workshop/docs/satoh.pdf

3. C-V2X Business Model

[1] BI인텔리전스의 커넥티드 카 출하량

[2] Strategic Analytics의 세계시장 대비 국내시장 비율

[3] Watzenig, Daniel, and Martin Horn. "Introduction to Automated Driving." Automated Driving. SpringerInternational Publishing, 2017. 3-16.

[4] ATC, “글로벌 자율주행(무인차)차 시장전망과 기술개발 참여업체 사업전략 [1편-기술·시장편]”, Argo books, 2016. 04.01

[5] 5G Automotive Association, "The Case for Cellular V2X for Safety and Cooperative Driving", Nov. 2016

[6] 5G Americas, "V2X Cellular Solutions", Oct. 2016

[7] NGMN Alliance, "Perspectives on Vertical Industries and Implications for 5G", Oct. 2016

4. C-V2X 기술현황

[1] R1-050834, “Basic performance results for uplink OFDMA and SC-FDMA,” LG Electronics, 3GPP TSG RAN WG1#42.

[2] KIC2017-06-182, “LTE V2X와 DSRC간 인접채널 간섭 영향 분석”, 한국 통신학회

[3] LG Electronics, “Performance comparison of average PRR between C-V2X PC5 Tx mode 4 and IEEE802.11p”, NGMN V2X Task, 2017

[4] 3GPP TSG RAN TR36.785, “Vehicle to Vehicle (V2V) services based on LTE sidelink - User Equipment (UE) radio transmission and reception”

[5] 3GPP TSG RAN TR36.786, “Vehicle-to-Everything (V2X) services based on LTE - User Equipment (UE) radio transmission and reception”

[6] 3GPP TS 22.185 V14.3.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Service requirements for V2X services; Stage 1 (Release 14).

[7] 3GPP TR 22.885 V14.0.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on LTE support for Vehicle to Everything (V2X) services (Release 14).

[8] 3GPP TS 22.186 V15.1.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Enhancement of 3GPP support for V2X scenarios; Stage 1 (Release 15).

[9] 3GPP TR 22.886 V15.2.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services (Release 15).

[10] 3GPP TS 36.211 V14.3.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation (Release 14).

[11] 3GPP TS 36.212 V14.3.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding (Release 14).

[12] 3GPP TS 36.213 V14.3.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures (Release 14).

[13] 3GPP TS 36.300 V14.5.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2 (Release 14).

[14] 3GPP TS 36.306 V14.4.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio access capabilities (Release 14).

[15] 3GPP TS 36.321 V14.6.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) protocol specification (Release 14).

[16] 3GPP TS 36.322 V14.1.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Link Control (RLC) protocol specification (Release 14).

[17] 3GPP TS 36.323 V14.5.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Packet Data Convergence Protocol (PDCP) specification (Release 14).

[18] 3GPP TS 36.331 V14.5.1 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification (Release 14).

[19] 3GPP TS 36.213 V15.2.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures (Release 15).

[20] 3GPP TS 36.300 V15.2.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2 (Release 15).

[21] 3GPP TS 36.321 V15.2.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) protocol specification (Release 15).

[22] 3GPP TS 36.322 V15.1.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Link Control (RLC) protocol specification (Release 15).

[23] 3GPP TS 36.323 V15.0.0 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Packet Data Convergence Protocol (PDCP) specification (Release 15)

[24] 3GPP TS 36.331 V15.x.x 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification (Release 15).

[25] 3GPP RP-181429, New SID: Study on NR V2X, 2018. 06.

[26] 5G포럼 교통융합위원회 C-V2X 동향 보고서, 2018.06.

[27] 3GPP TR 38.885 V0.0.1 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; NR; Study on Vehicle-to-Everything (Release 16), 2018. 19.

[28] GCF, CAG-17-123r1, V2V for E-UTRAN R14, Aril 24, 2018

[29] GCF, CAG-17-124r1, V2X for E-UTRAN R14, Aril 24, 2018

[30] https://dcc.globalcertificationforum.org

[31] GCF-WP-GCF_Certification_Feb2018.pdf

[32] https://www.globalcertificationforum.org/news/v2vandv2x-certification-announcement.html

[33] SAE C-V2X TECHNICAL COMMITTEE, STANDARDS REPORT TO OMNIAIRCONSORTIUM, May 9, 2018

[34] https://www.globalcertificationforum.org/certification.html

[35] https://omniair.org/services/connected-vehicle-certification/

5. ITS 주파수 및 규제

[1] 5GAA White paper on ITS spectrum utilization in the Asia Pacific Region, 2018. 07.

[2] 5GAA position paper on Coexistence of C-V2X and 802.11p at 5.9 GHz, 2017. 06.

[3] ETSI EN 302 571 Intelligent Transport Systems (ITS); Radiocommunications equipment operating in the 5 855 MHz to 5 925 MHz frequency band; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU

[4] ETSI TS 102 792 Intelligent Transport Systems (ITS); Mitigation techniques to avoid interference between European CEN Dedicated Short Range Communication (CEN DSRC) equipment and Intelligent Transport Systems (ITS) operating in the 5 GHz frequency range

[5] ETSI EN 302 663, Intelligent Transport Systems (ITS); Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band

[6] 국립전파연구원고시 제2016-21호 간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준, 2016. 09.

[7] FCC Rules & Regulations for Title 47, https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=548eaa8d17c9a2db006e989a3f2aee4e&mc=true&tpl=/ecfrbrowse/Title47/47tab_02.tpl

[8] FCC 16-68 ET Docket No. 13-49, 2016. 06.

[9] IEEE 802.11p-2010, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications; Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments, 2010. 07.

[10] FCC Public Notice for 5GAA Petition Waiver, https://www.fcc.gov/edocs/daily-digest/2018/12/06

백서 편집위원회

편집장/검수	장경희(인하대)
편집 위원회	
편집위원장	황승훈(동국대)
부편집위원장	강현정(삼성전자)
편집위원	김경훈(SKT) 김상훈(KT) 박동주(에릭슨엘지) 배성용(TTA) 배정숙(ETRI) 이석원(KT) 정재훈(LG전자) 조진호(인텔) 최규민(LGU+) 최지홍(로데슈바르츠)

5G Forum

교통융합위원회 백서

비매품/무료

94560

9 791187 302087

ISBN 979-11-87302-08-7

ISBN 979-11-87302-07-0 (세트)

OPEN 출처표시 상업용금지

공공누리 공공저작물 자유이용허락