

TTA Technical Report

기술보고서

TTAR-xx.xxxx

제정일: 20xx년 xx월 xx일

C-V2X 기술 및 서비스 도입 방안
(기술보고서)

C-V2X Technology and Service Deployment
Strategy (Technical Report)



한국정보통신기술협회
Telecommunications Technology Association

기술보고서 검토
위원회

5G 버티컬 서비스 프레임워크 (SPG35)

기술보고서안 심의 위원회 5G 특별 기술위원회 (STC3)

	성명	소 속	직위	위원회 및 직위	기술보고서번호
기술보고서(과제) 제안	이동주	KANI	팀장	-	-
기술보고서 초안 작성자	박동주	에릭슨엘지	실장	부의장	TTAR-06.xxxx
	허재원	KANI	대리	-	-
	-	5G 포럼 교통융합 위원회	-	-	-
사무국 담당	오충근	TTA	책임	간사	-

본 문서에 대한 저작권은 TTA에 있으며, TTA와 사전 협의 없이 이 문서의 전체 또는 일부를 상업적 목적으로 복제 또는 배포해서는 안 됩니다.

본 기술보고서 발간 이전에 접수된 지식재산권 협약서 정보는 본 기술보고서의 '부록(지식재산권 협약서 정보)'에 명시하고 있으며, 이후 접수된 지식재산권 협약서는 TTA 웹사이트에서 확인할 수 있습니다.
본 기술보고서와 관련하여 접수된 협약서 외의 지식재산권이 존재할 수 있습니다.

발행인 : 한국정보통신기술협회 회장

발행처 : 한국정보통신기술협회

13591, 경기도 성남시 분당구 분당로 47

Tel : 031-724-0114, Fax : 031-724-0109

발행일 : 2018.12

서 문

1 기술보고서의 목적

이 기술보고서의 목적은 2019년 상용화가 예상되는 5G 이동통신의 주요 서비스 중, C-V2X 기술 개발에 있어 참고자료로 활용하고 C-V2X를 준비하는 기업, 관심이 있는 연구자를 대상으로 최신정보 및 이슈를 지속적으로 제공함으로써 2019년 5G 상용화를 대비할 수 있는 기초 자료로 활용될 것으로 기대한다.

2 주요 내용 요약

이 기술보고서는 C-V2X 관련 기술 동향, 글로벌 추진 동향, 주요 use case를 기술하고, 사업 모델 및 재난 안전통신망 구축방안 비교를 제시한다. 또한 C-V2X와 WAVE는 기술을 비교/분석한다.

3 인용 기술보고서와의 비교

3.1 인용 기술보고서와의 관련성

- 해당사항 없음

3.2 인용 표준과 본 기술보고서의 비교표

- 해당사항 없음

Preface

1 Purpose

The purpose of this Technical Report is to provide the most up-to-date information of C-V2X, which is expected to be 5G mobile communication commercialized in 2019, as a reference for future C-V2X technology development, information and issues, it is expected to be used as basic data to prepare for 5G commercialization in 2019.

2 Summary

This technical report describes the technology, global and major use case trends related to C-V2X and presents of business model, disaster safety network build plans. In this report, C-V2X and WAVE technologies are compared and analyzed.

3 Relationship to Reference Standards

- None

목 차

1 적용 범위	i
2 인용 표준	i
3 용어 정의	i
4 약어	i
5 C-V2X 동향	2
5.1 서론	2
6 기술동향	3
6.1 V2X 기술 비교 : WAVE vs. C-V2X	3
6.2 3GPP LTE-V2X/-eV2X 및 NR-V2X 기술	7
6.3 V2X 주파수 할당 및 활용 현황	9
7 글로벌 추진 동향	11
7.1 C-ITS 정책 동향	11
7.2 C-V2X 시범 현황	12
8 Use Case	15
8.1 LTE-V2X Use Case	15
8.2 5G V2X Use Case	19
9 사업 모델	24
9.1 V2X 서비스 네트워크 구축 방안 비교	24
9.2 C-V2X RSU 투자비 분석	25
부록 I-1 재난안전통신망 구축 방안 비교	28
부록 II-1 지식재산권 요약서 정보	31
II-2 시험인증 관련 사항	32
II-3 본 기술보고서의 연계(family) 기술보고서	33
II-4 참고 문헌	34
II-5 영문기술보고서 해설서	35
II-6 기술보고서의 이력	36

C-V2X 기술 및 서비스 도입 방안 (기술보고서)

C-V2X Technology and Service Deployment Strategy (Technical Report)

1 적용 범위

현재 많은 자동차 기업뿐만 아니라, IT 기업들이 자율주행자동차를 개발 중이다. 자율주행자동차 산업은 자동차/도로 기술과 ICT(통신, 센서, 컴퓨터) 기술간 융복합 서비스로서 기술개발이 진행 중이다. 이 기술 중에서 차량간 통신이 중요하며 3GPP에서 C-V2X 기술 표준을 개발하고 있다. 이 기술보고서는 3GPP R14/15의 LTE-V2X와 5G-V2X의 동향, 글로벌 추진 동향, 주요 use case를 기술하고, 가능한 사업 모델을 제안한다. 또한, 서비스의 한 예로 재난 안전통신망 구축 방안을 살펴보고 이를 부록 I-1로 제시한다.

2 인용 표준

- 해당사항 없음

3 용어 정의

- 해당사항 없음

4 약어

- 해당사항 없음

5 C-V2X 동향

5.1 서론

본 C-V2X 동향 보고서에서는 C-V2X 관련 기술 동향(6장), 글로벌 추진 동향(7장), 주요 use case(8장)을 기술하고, 사업 모델(9장) 및 재난안전통신망 구축방안 비교(부록 I-1)를 제시한다. WAVE와의 비교는 6장의 기술 비교 분석에 한정하고, 이외의 내용들은

C-V2X에 국한하여 기술하고 있다. 서론의 이하 내용은 자율주행 자동차 및 C-ITS의 개요를 기술한다.

5.1.1 자율주행 자동차 개요

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.

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

자율주행 자동차는 <표 5-1>의 단계 1에서 단계 5를 향해 발전하고 있으며 국내는 2020년 자율주행 단계 3의 상용화를 국가 목표로 추진하고 있다.

- A) 일부 차량 업체는 자율주행 단계 3에서 바로 단계 5 실현으로의 개발 선언

<표 5-1> 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 기술실현 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

5.1.2 C-ITS 개요 (Cooperative Intelligent Transport System)

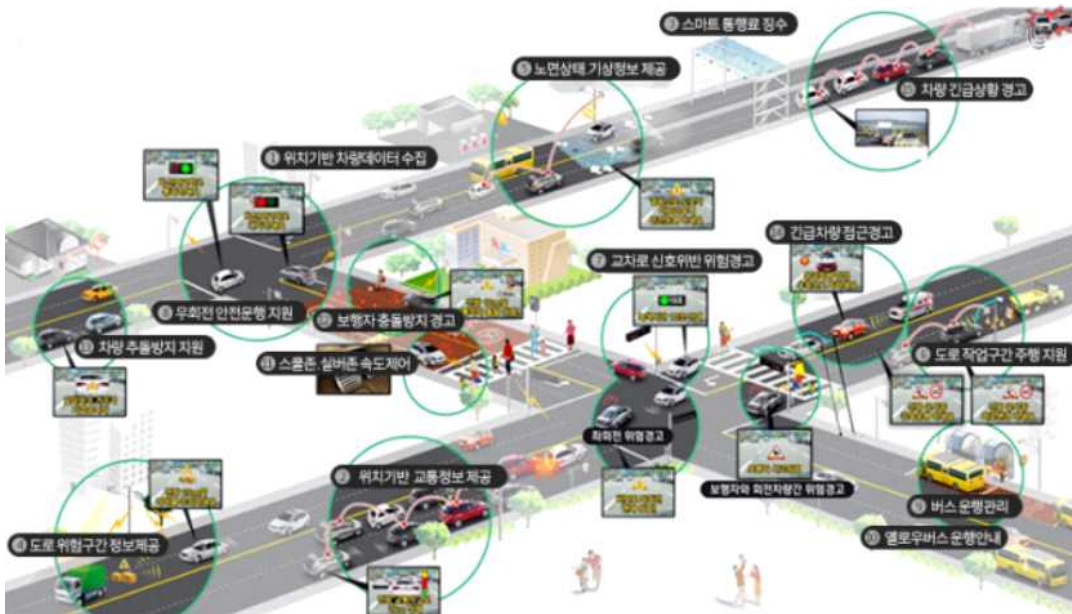
자율주행 발전단계의 단계 3에서의 안전성 강화뿐만 아니라 단계 4/5로 도약 발전하기 위한 핵심 기술로서 교통 정보의 효과적 교환 및 공유와 이를 수집, 관리, 통제하는 C-ITS 구축이 필수적으로 요구된다.

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

C-ITS의 종래 주요 서비스는 도로·교통안전과 자율주행 지원을 목적으로 구성되었으나, 최근 5G의 적용을 통한 정밀 맵, 차량 인포테인먼트 등을 지원하는 진보된 서비스들

이 제시되고 있다.

국내 국토교통부 추진 C-ITS 사업은 다음 (그림 5-1)의 C-ITS 기반 교통안전·지능화 서비스에 대한 국가 추진 계획이 수립되어 진행 중이며, 5G 적용에 따른 진보된 신규 서비스들의 편입이 필요하다.



(그림 5-1) C-ITS 기반 교통안전/지능화 서비스
(국토부 한국도로공사 차세대 ITS 홍보관, 2016)

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

- A) IEEE802.11p 무선통신 기술 기반: WAVE (IEEE), ITS-G5 (ETSI)
- B) 3GPP 셀룰러 무선통신 기술 기반: C-V2X

6 기술 동향

6.1 V2X 기술 비교 : WAVE vs. C-V2X

6.1.1 WAVE와 C-V2X 기술 소개 및 비교

WAVE(Wireless Access Vehicle Environment)는 2016년에 개정된 IEEE 기술 표준으로 물리계층과 MAC계층 프로토콜은 IEEE802.11p를 차용하고 네트워크 계층과 상위응용 계층 프로토콜과 보안 규격을 IEEE1609.1~4 표준으로 구성하고 있다.

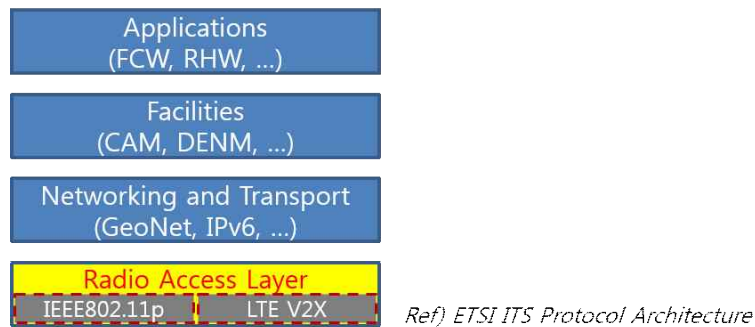
C-V2X는 3GPP에서 제정된 자율주행 차량용 무선 전송 기술 표준으로 이동통신 기지국과 단말 간 종래의 상향/하향링크 (Uu 인터페이스)와 더불어 차량 단말 간 직접 통신

링크 (PC5 인터페이스; Sidelink(SL))를 지원하고 있다.

- A) PC5 인터페이스 상의 전송 기법으로 전송자원 결정을 기지국이 수행하는 Tx mode 3와 단말이 직접 수행하는 Tx mode 4로 구분함

WAVE와 C-V2X는 (그림 6-1)의 ETSI ITS 프로토콜 구조 기준으로 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.

- A) WAVE Radio Access 계층 기술: IEEE802.11p
- B) C-V2X Radio Access 계층 기술: 3GPP LTE PC5 mode 4



(그림 6-1) ETSI ITS 프로토콜 구조 기반 Radio Access 계층 기술 정합 관계

6.1.2 IEEE802.11p(WAVE)와 LTE PC5 mode 4(C-V2X) 기술 비교

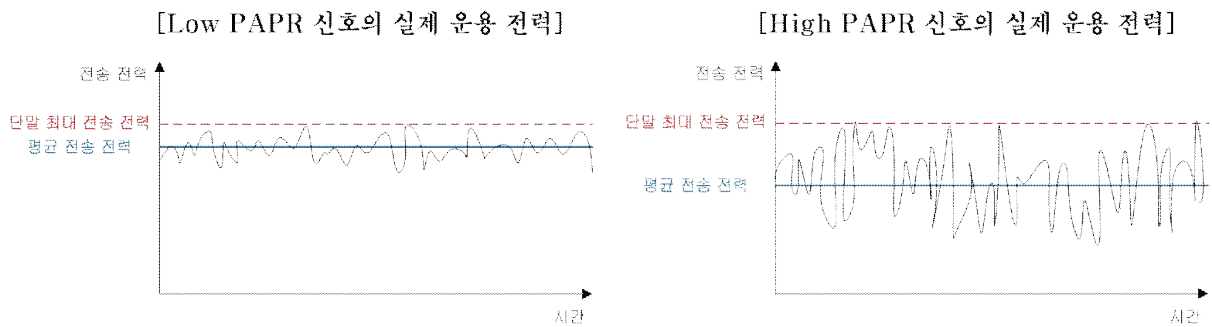
상기 두 Radio Access 기술은 5.9 GHz(ITS 주파수 대역)에서의 전송 전력과 불요 발사 전력 등의 기술 기준에 대응할 수 있으며 기지국 및 이동통신 네트워크 없이 무선 통신이 가능하다는 점이 공통점이나, 다음과 같은 기술 차이점을 가지고 있다.

차이점 #1: 복수 단말에 대한 전송 자원 할당 기법

- A) 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 감소한다.
- B) LTE PC5 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 용이하다.

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

- A) 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 된다. 이를 방지하기 위해 (그림 6-2)과 같이 전송 신호의 평균 전송 전력을 상대적으로 낮게 운용하면 전송 커버리지가 줄어들어 RSU 구축 비용을 증가시킨다.
- B) 802.11p는 높은 PAPR이 발생하는 다중 캐리어 OFDM 기반 신호 파형을 사용하는데 반해 LTE PC5 mode 4는 상대적으로 PAPR이 낮은 단일 캐리어 FDMA를 사용하여 송신기 신호 증폭기가 제공하는 최대 출력에 근접한 실제 전송 전력 사용이 가능하다.



(그림 6-2) PAPR에 따른 실제(평균) 전송 전력 운용 한계

차이점 #3: 물리계층 규격 적용 기술 및 성능 규격 지원

- A) 상기 외 다중 안테나 지원, 채널 코딩, 단말 성능 규격 지원 등의 측면에서 802.11p과 LTE PC5 mode 4 간 차이를 다음의 <표 6-1>로 정리한다.

<표 6-1> 802.11P와 LTE PC5 mode 4 간 물리계층 기술 규격 차이

차이점	802.11p	LTE PC5 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.

차이점 #4: 복수 차량 이동 환경에서의 유효 커버리지 성능

- A) 3GPP와 5GAA를 중심으로 고속도로와 혼잡 도심 도로 교통 상황을 반영한 복수 차량 이동 환경을 모델링하여 4G와 5G 표준화 기술 설계에 적용한 시뮬레이션을 수행한 결과, 정상 데이터 패킷 수신율 90% 기준 유효 전송 커버리지를 802.11p 대비 LTE PC5 mode 4가 최소 40% 이상 확보함을 확인함. 이러

한 성능 편차는 상기 기술 간 차이점 #1~3으로 인한 수신 신호 품질 및 에너지 확보의 차이가 주요 요인으로 분석되고 있다.

B) 반면 802.11p 적용 WAVE의 하드웨어 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 기술 비교 내용을 요약하면 다음의 <표 6-2>과 같다.

<표 6-2> 802.11p와 LTE PC5 mode 4 기술 비교 요약

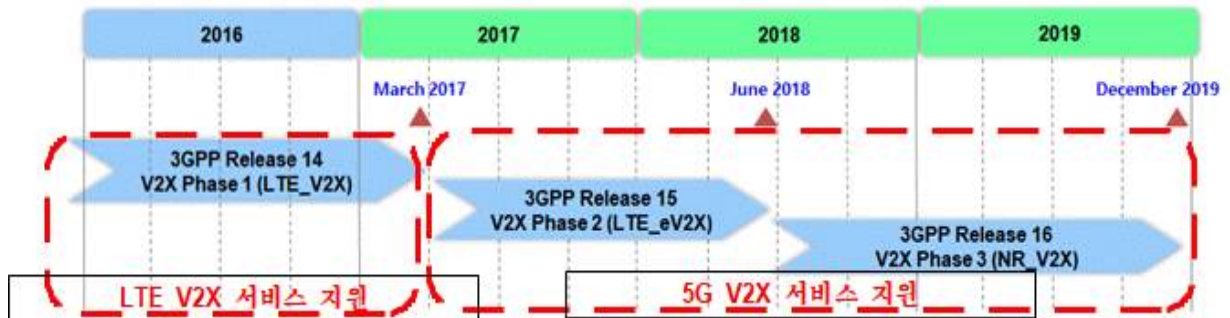
비교점	802.11p	LTE PC5 mode 4	분석 결과
자원 할당 방식	시간 분할	시간-주파수 분할	<: 자원 분할 자유도로 수신 에너지 확보 용이
신호 파형	OFDM(high PAPR)	SC-FDMA(low PAPR)	<: 높은 전송 전력 확보
다중 안테나 송수신	기술 규격 미지원	2 Rx. 안테나 의무	<: 수신 품질 강화 가능
채널 부호화	Convolutional Coding	Turbo Coding	<: 수신 성능 개선
단말 성능 규격	독자 규격 부재	이동 환경 성능 규격	<: 개발 요구 기준 확보
유효 전송 커버리지	- 다중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

<표 6-3> 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(제공 km당 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

6.2 3GPP LTE-V2X/-eV2X 및 NR-V2X 기술

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 다음 (그림 6-3)의 일정으로 진행되고 있다.



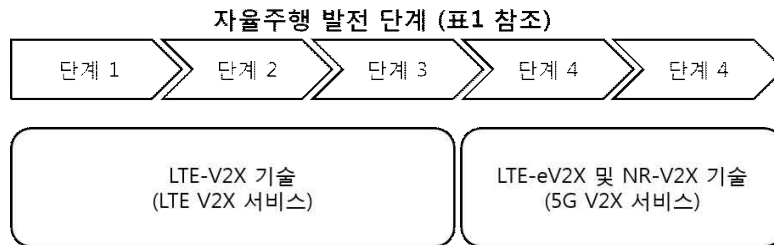
(그림 6-3) 3GPP V2X 기술 표준화 일정

상기 (그림 6-3)의 각 표준화 단계 별 LTE-V2X, LTE-eV2X, NR-V2X 기술들에 대한 주요 차이점들을 다음의 <표 6-4>로 정리한다.

<표 6-4> 3GPP V2X 표준화 기술 별 주요 차이점

LTE-V2X	LTE-eV2X	NR-V2X
LTE V2X 서비스 지원	5G V2X 서비스 지원 (LTE-V2X 서비스 지원 포함)	
3GPP Release 14 (2017년 3월 완료)	3GPP Release 15 (2018년 6월 완료)	3GPP Release 16 (2019년 12월 완료 목표)
전송 자원 선정: 기지국 스케줄링 (mode 3) 또는 단말 스스로 선택 (mode 4)	전송 자원 선정 방법은 LTE-V2X와 동일	
지연시간 (latency)에 따라 서비스 차별화	지연시간 및 Reliability에 따라 서비스 차별화	
단일 Carrier	Carrier Aggregation 지원 (최대 8개 carrier)	
20 msec 지연 시간 (Over-the-Air 무선 지연)	10 msec 지연 시간 (Over-the-Air 무선 지연)	
	LTE-V2X 보다 높은 데이터 전송률 지원 (단말의 carrier aggregation 능력에 따라 다름)	
	LTE-V2X와 공존	
	2018년 8월부터 기술 논의 시작. NR-V2X 기술은 LTE-eV2X 보다 강화된 서비스 성능 요구사항을 지원할 수 있어야 함	
	LTE-V2X 및 LTE-eV2X와 공존	

3GPP C-V2X 기술 표준과 지원 가능한 자율주행 자동차 발전 단계와의 관계를 (그림 6-4)에 도식화한다.



(그림 6-4) 3GPP C-V2X 기술, 서비스와 자율주행 발전 단계 간 지원 관계>

3GPP에서 정의한 C-V2X 기술 표준화 대상 서비스 별 성능 요구사항들을 <표 6-5>와 같이 정의한다.

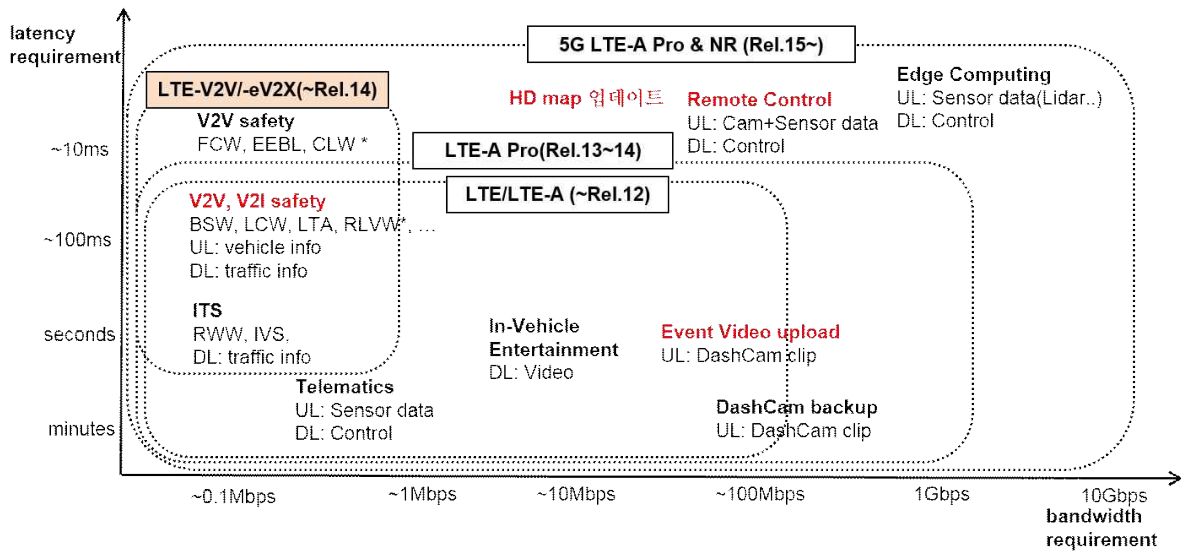
<표 6-5> 3GPP C-V2X 기술 별 서비스 성능 요구사항

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.

성능 요구사항 중 지연 및 전송 대역의 요구조건 기준으로 현재까지 3GPP에서 표준화 완료된 LTE-V2X/eV2X를 비롯한 LTE/LTE-Advanced, LTE-Advanced Pro, NR의 지원 가능한 서비스들을 다음의 (그림 6-5)에 도식화한다.



[연체 지연 인식 시간 (참조)]
 100m 달리기 선수 통상 250ms
 청각인지 80ms + 제어 20ms = 100ms 이하면 실격
 일반인의 시각 인지+마우스조작 200~250ms
 펜싱선수 청각 311ms, 시각 404ms
 선수평균 청각 250ms, 시각 300ms, at best 100ms

* FCW: Forward Collision Warning
 EEBL: Emergency Electric Brake Light
 BSW: Blind Spot Warning
 CLW: Control Loss Warning
 LCW: Lane Change Warning
 LTA: Left Turn Assistant
 RLWV: Red Light Violation Warning
 RWW: Road Work Warning
 IVS: In-Vehicle Signage
 VTL: Virtual Traffic Light

(그림 6-5) 지연 및 전송 대역 요구조건 기준 3GPP 표준화 기술/서비스

6.3 V2X 주파수 할당 및 활용 현황

6.3.1 각 국 ITS 주파수 사용 현황

대부분의 국가에서 5.9 GHz 대역이 ITS 용도로 지정되었다. 우리나라를 비롯하여 미국/유럽은 5.9 GHz ITS 대역을 특정 무선통신 기술에 제한하지 않는 방향으로 주파수 할당을 추진하고 있는 반면, 중국은 C-V2X 단일 기술 적용으로 추진 중이다. 추가적으로 5.9 GHz 대역에 인접한 6 GHz 대역 중 500MHz 대역을 ITS 용도 허용하는 방안과 63 GHz mmWave 대역에서 1GHz 대역을 할당하는 방안이 일부 지역(유럽)과 표준화 단체를 통해 고려되고 있다.

- A) 5G V2X 서비스 (자율 주행, Extended Sensors 등)에서 요구되는 고속 데이터 전송을 지원하기 위해 추가적인 ITS 주파수 할당 요구됨.

주요 국가들의 ITS 주파수 할당 현황은 <표 6-6>에 요약한다.

<표 6-6> 각국 ITS 주파수 할당 현황

	주파수 대역	출력 Power	비고
한국	5.855~5.925 GHz (70MHz)	Max. Power = 20 dBm (100mW) Max. EIRP = 33 dBm (2W)	10MHz Channelization 국립전파연구원 고시 제 2016-21호 및 대한민국 주파수 분배표 (2017년) 참조 기술 중립 (2017년 주파수 분배표에서 DSRC 명시 삭제되고 현재 ITS 용도 주파수로 명시됨)
미국	5.850~5.925 GHz (75MHz) [5.850~5.855 GHz (5MHz) 예비]	RSU Max. Power = 28.8 dBm (750mW) Max. EIRP = 23/33/40/44.8 dBm (10MHz 채널별 구분됨)	10MHz Channelization 현 FCC Title 47 §90.375~377에 DSRC 사용 명시 FCC는 5.9 GHz 밴드를 Wi-Fi와 공유할 수 있도록 재분배를 고려 중 “V2V 차량의 무탑재” 관련 NPRM은 미결정 상태이며 장기 미결의제로 분류될 가능성이 높고 향후 언제 결정될지는 미정
유럽	5.855~5.925 GHz (70MHz) [5.855~5.875 GHz (20MHz): ISM 기기와 공유]	Max. EIRP = 33 dBm	ETSI 24 EN 302 571 V2.1.1에 ITS-G5 (802.11p 기반 유럽 프로토콜) 사용 명시 5.905~5.925 GHz에서 CBTC (urban rail), ITS-G5, LTE-V2X 공존 연구 진행 중
일본	755.5~764.5 MHz (ITS Connect) 5.770~5.850 GHz (ETC/ETC2.0)	-	ETC2.0: 5.8 GHz대역에서 통행료 징수(Toll) 용도 일부 대역 제외한 나머지 대역을 Advanced ITS 용도로 검토 중
중국	5.905~5.925 GHz (실험용)	-	사업 용도로 5.9 GHz 대역의 의견수렴 완료

6.3.2 주파수 대역별 용도

ITS 용도 지정 대역 (예, 5.9 GHz)은 공공 안전 서비스에 사용하고, 상용 셀룰러 대역은 통신 사업자가 제공하는 서비스에 활용하고 있다.

- A) 교통 정보 제공, 소프트웨어 및 펌웨어 업데이트, 인포테인먼트 서비스 등 mmWave 대역 (ITS 용도 지정 또는 상용 셀룰러)을 제한된 이동성 지원 환경에서 활용 가능하다.
- B) 차량 정차시 사용 가능한 고속 데이터 서비스 (소프트웨어 및 펌웨어 업데이트, 지도 업데이트)

7 글로벌 추진 동향

7.1 C-ITS 정책 동향

7.1.1 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 부서 간 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.

7.1.2 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 지침(가이드라인) 마련을 위해 Federal Highway Administration Infrastructure Deployment Guidelines를 발간했다가 취소하는 등의 정책적인 혼란을 보이고 있다.

7.1.3 중국

아직 ITS 상용서비스를 위한 주파수를 할당하지 않은 중국에서는 MIIT (Ministry of Industry and Information Technology)를 중심으로 5.9 GHz 대역에서 70 MHz 주파수를 ITS 서비스 용도로 할당하기 위한 작업을 진행 중이다. 2016년 11월에는 5,905 - 5,925 MHz의 20MHz를 6개 도시지역에서의 C-V2X trial 용도로 허용한 바 있다. 2018년 6월 -7월까지 5,905 - 5,925 MHz의 C-V2X 용도 의견수렴을 진행하였다. 또한, 대규모 실증 사업을 바탕으로 2020년 상반기 경에는 세계 최초의 C-V2X 기반 C-ITS 서비스의 상용화가 진행될 수 있을 것으로 예측되고 있다.

7.1.4 일본

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 9 MHz를 사용하여 V2V와 V2I 서비스를 제공하고 있다. 하지만 V2I 기반 “ITS Connect”서비스를 제공하기 위한 RSU의 보급은 소수에 불과한 실정이다. 미국, 유럽, 중국의 ITS 주파수 사용 및 주요 정책 현황을 (그림 7-1)에 도식한다.

United States	Europe	China
<ul style="list-style-type: none"> - 5.9 GHz band in 1999 - IEEE 802.11p based system - Ann Arbor Safety Pilot (2012-2013) 3,000 DSRC OBUs - US DOT: mandating V2V in new vehicle model as early as 2020 <ul style="list-style-type: none"> > NHTSA notice of proposed rulemaking (NPRM) 13th Dec. 2016 but no F/up actions 	<ul style="list-style-type: none"> - 5.9 GHz band in 2008 - Technology neutral - ETSI CEN ITS standardization ready for initial deployment (M/453) (2013) - C-ITS deployment in 2019 (EC) <ul style="list-style-type: none"> > Hybrid communication solution > Evolve to 5G in the future 	<ul style="list-style-type: none"> - 5.9 GHz band under study (2017) - (In favor of LTE based technology) - Government driven - Major driving force for 3GPP V2X - Large filed trials planned in 2017

<그림 7-1> C-ITS 정책 동향 요약 (미국/유럽/중국)

7.2 C-V2X 시범 현황

Audi, Vodafone, Huawei: MWC2017 (2017년 2월, 바르셀로나)에서 세 회사는 4G 기반의 V2V, V2I 서비스를 선보였으며, “see through”, 신호등 경고, 보행자 경고, 비상 브레이크 경고 등의 서비스 데모를 진행하였다.

Audi, Ericsson, Qualcomm, Swarco, Kaiserslautern Univ.: ConVeX (A9) (2017년 1월, 독일) A9 고속도로에서 진행된 trial에서 3GPP Rel. 14 기반 C-V2X 기술의 성능 (신호 도달 범위, 신뢰성, 지연시간 등)을 시험하고 있다. 이를 통해 안전도 향상과 교통 흐름의 최적화, 승객에 대한 서비스 향상 등의 성능을 확인하고 있으며, 그 결과는 정책 수립과 표준 제정에 반영할 예정이다.

Ericsson, Orange, Qualcomm, PSA Group: Towards 5G (2017년 2월, 프랑스) 초기

단계 실험에서 5G로의 진화를 염두에 둔 C-V2X 기술의 적용 가능성을 실제 도로 환경에서 확인하고 있다. Use case는 “see through”와 비상차량 접근 경고에 집중하고 있으며, 이 두 서비스에 대해 지연시간, 고해상도 비디오 전송에서의 네트워크 기반 C-V2X 서비스의 실시간 적용 가능성을 확인하고 있다.

Vodafone, Bosch, Huawei: Mobilfunk (A9) (2017년 2월, 독일) 본 실험에서 V2V 직접 통신 성능과 저지연 특성을 확인하고 있으며, 추가적으로 IEEE 802.11p 기반의 기술과 C-V2X 기술의 비교를 진행하고 있다.

Jaguar Land Rover, Vodafone 외: UK CITE (2016년 6월, 영국) UK CITE의 목적은 connected and autonomous vehicle의 테스트를 위한 진보된 환경을 구축하는 것이다.

Audi, Deutsche Telekom, Huawei, Toyota: DT (A9) (2016년 7월, 독일) A9 고속도로에서의 실험을 통해 V2V 기능을 장착한 차량에서의 trial 시나리오들을 시험하고 있다.

Continental, Deutsche Telekom/T-Systems, Nokia, Fraunhofer: Car2X (A9) (2015년 11월, 독일) 본 trial에서는 고속도로에서의 차량이 위험 정보를 LTE 망을 이용하여 전송하는 시나리오를 보여주고 있으며, 이 시나리오는 초저지연 특성이 필수이며 이를 지원하기 위해 Deutsche Telekom의 망은 Mobile Edge Computing 기술을 장착하였고 향상된 position-locating 기술을 적용하여 20 ms 이내의 전송을 달성하였다.

CMCC, Continental, Nokia, Fraunhofer: Car2X (2016년 11월, 중국 Wuzhen) 2016 World Internet Conference에서 C-V2X 기술을 적용하여 비상 브레이크 경고, Cooperative Passing Assistant 등의 서비스를 시연하였다.

Ericsson, BMW, Deutsche Bahn, Deutsche Telekom, Telefonica, TU Dresden 외: 5G-Connected Mobility (2016년 11월, 독일) A9 고속도로에서 700 MHz 대역을 사용하여 5G를 활용한 다양한 C-V2X 서비스를 실제 환경에서 테스트하고 있다. 여기에는 실시간 서비스, 동영상 기반의 대용량 서비스, 안전 서비스 등이 포함되며, 각 서비스들은 network slice 기술을 통해 그 특성을 유지할 수 있도록 지원되고 있다. 이 테스트는 A9 고속도로의 차량 뿐 아니라, A9과 병행하는 철도에서도 테스트 되고 있다.

China Mobile, SAIC Motors, Huawei: National Intelligent Connected Vehicle Testing Demonstration Base (2016년, 중국) Connected vehicle, autonomous vehicle에 대한 테스트와 연구 개발, 인증을 수행하기 위해 상해에 구축된 테스트 베드로서 전체 면적은 100Km²에 이를 계획이다.

Qualcomm, Ford, AT&T, Panasonic, Nokia, Ericsson 외 (2018년, 미국) 미국에서는 Qualcomm과 Ford를 중심으로 C-V2X에 대한 다양한 데모가 수행되었으며, 많은 지역에서 trial에 대한 계획이 발표되었다. 여기에는 Panasonic이 참여하는 V2V에 대한 적용과 Nokia가 참여하는 San Diego에서의 trial 계획 등이 있으며 Ericsson은 5G 기술의 적용 가능성을 보인 바 있다.

SAIC Motor, China Mobile, China Unicom, ZTE, Ford, Huawei (2017년, 중국) 중국에서는 C-V2X의 서비스와 기술에 대한 다양한 데모와 trial이 진행 중이다. China Mobile은 SAIC Motor와 함께 상해에서 LTE-V2X에 대한 데모를 진행했으며, China Unicom, ZTE 등은 Ford와 함께 V2P 서비스를 통해 충돌 방지 데모를 보였다. 정부와 FAW는 Wuxi에서 LTE-V2X의 데모를 진행했으며, Beijing Nebula Link는 도시 지역 데모

환경에서 V2X 적용을 실험하였다. Huawei와 RIOH는 북경에서 LTE-V2X에 대한 데모를 진행하였다. China Mobile은 2018년 TongZhou(5개 지역, 5Km), YiZhuang(25Km²), ChongQing(20-30 intersections), ShangHai(13-30 sites, 5Km²), WuXi(200 open intersections) 등에서 다양한 C-V2X 적용을 시험할 예정이며, 2020년까지 10000대 규모의 차량을 100Km² 이상의 지역에서 테스트할 예정이다. 전 세계적으로 진행 중인 C-V2X Trial의 특징을 다음 <표 7-1>에 정리한다.

<표 7-1> 글로벌 C-V2X Trial 현황 요약

참여자	데모 시나리오	비고
Deutsche Telekom (DT), Continental, Fraunhofer, Nokia Networks	Real-time V2N2V (<20ms latency)	DT의 LTE 망에서 edge computing 적용.
Audi, DT, Huawei, Toyota, other automotive OEMs	C-V2X	LTE 기술 기반 필드 테스트
Audi, Ericsson, Qualcomm, SWARCO Traffic Systems, University of Kaiserslautern	C-V2X	Connected vehicle to everything of Tomorrow (ConVeX) 컨소시엄을 결성하여 C-V2X 데모 진행
Ericsson, BMW Group, Deutsche Bahn, DT, Telefonica Deutschland, Vodafone, TU Dresden 5G Lab Germany, Federal Highway Research Institute (BAST), Federal Regulatory Agency (BNetzA)	C-V2X	5G-connected mobility 컨소시엄을 구성하여 5G 기반 실 환경에서의 C-V2X use case 시험. 700MHz 대역 사용
Vodafone, Bosch, Huawei	C-V2X (direct V2V)	특히 IEEE 802.11p와 비교하여 매우 낮은 지연 시간을 가지는 서비스에 대한 LTE trial을 진행
'Towards 5G' partnership (Ericsson, Orange, PSA Group, Qualcomm)	C-V2X	LTE와 5G 기반의 C-V2X 기술 테스트를 진행하고 있으며, 특히 MBB (mobile broadband) 트래픽에 network slice, LTE-V2X 적용을 통한 교통 트래픽 효율성 향상 등 다양한 use case 발굴을 진행 중
UK Connected Intelligent Transport Environment (UK CITE) (Vodafone, Jaguar Land Rover)	C-V2X, IEEE 802.11p	실제 환경의 테스트 환경을 구축
National Intelligent Connected Vehicle Testing Demonstration Base, Shanghai (China Mobile Communications Corporation, SAIC Motor, Huawei)	C-V2X	Connected car에 대한 R&D, 테스트, 시험, 인증 환경 구축을 진행 중. 100Km2에 달하는 환경을 구축할 계획임.
Michigan, USA (Ford Motor Company, Qualcomm)	C-V2X	Connected Vehicle Safety Pilot 의 일환으로 LTE 기반 direct mode 통신을 활용한 automated vehicle 테스트를 진행함.
San Diego, Regional Proving Ground (AT&T, Ford, Nokia, Qualcomm, supported by the San Diego Association of Governments)	C-V2X	자동차에 장착된 장비와 이동통신 기지국, RSU의 통신에 의한 C-V2X의 비용 효율성에 대한 검증 진행.

8 Use Case

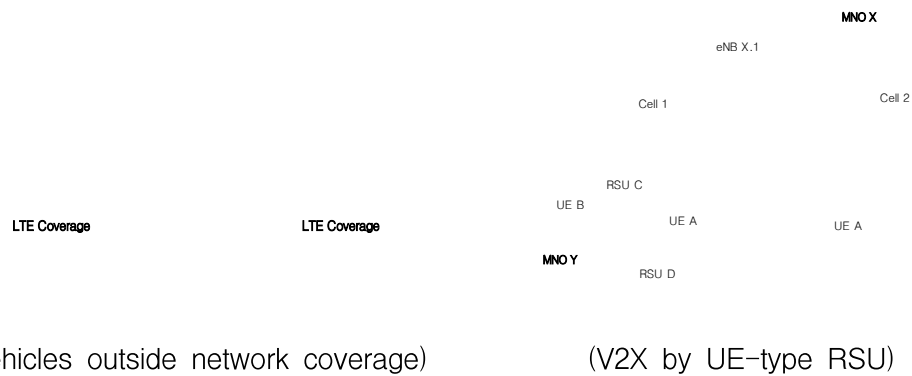
8.1 LTE-V2X Use Case

3GPP Rel.14 TR 22.885는 V2V, V2I, V2P, V2N 등 27가지 Use Case 정의한다.

A) V2V

a) V2X서비스를 지원하는 차량 간의 직접 통신

b) V2V의 대표적인 Use Case와 설명을 (그림 8-1) 및 <표 8-1>에 정리한다.



(그림 8-1) 대표적인 V2V Use Case)

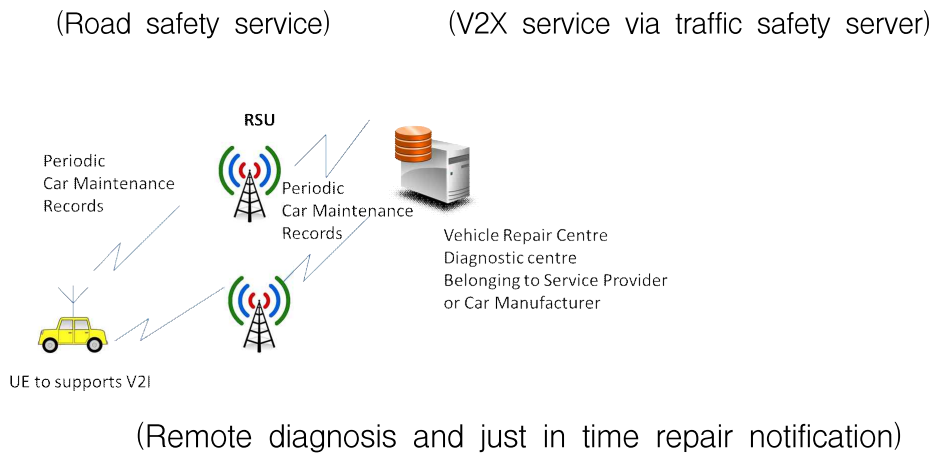
<표 8-1> V2V Use Case 설명

Use Case	설명
Forward collision warning	전방 충돌 경고: 동일한 차선 및 주행 방향에 있는 차량과의 후미 충돌을 운전자에게 경고하여 충돌을 피하거나 완화하는데 도움
Control loss warning	제어 손실 경고: 대상차량의 제어 손실 이벤트를 주변 차량들에게 브로드 캐스트, 이벤트 수신시 적절히 운전자에게 경고
Emergency vehicle warning	긴급 차량 경고: 주변 긴급차량의 안전 운행을 돕기 위해, 긴급차량의 위치, 속도, 방향 정보를 획득
Emergency stop	긴급 제동: 비상 정지한 차량에 접근하는 주변차량에게 보다 안전한 동작 경고
Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC)	협력 크루즈 컨트롤: CACC 차량 그룹에 합류하고 그룹 탈퇴하는 시나리오를 제공. 참여차량에 편의 및 안전 혜택 제공, 도로 혼잡 및 연료 효율성 개선
Wrong way driving warning	잘못된 방향으로 진행 중인 차량을 경고하여 주변 차량에게 안전한 동작 경고 제공
V2X message transfer under MNO control	이동통신망 커버리지 내에서 V2V서비스를 지원하는 차량이 V2X메시지를 다른 주변 차량들로 전송
Pre-crash sensing warning	사전 충돌 감지 경고: 피할 수 없는 충돌이 감지된 후 차량 속성을 교환하여 절박하고 피할 수 없는 충돌 가능성을 경고
V2X areas outside network coverage	하나 이상의 차량이 이동통신망 커버리지 밖에 있을 때 V2X 메시지를 다른 주변 차량들로 전송
V2X by UE-type RSU	V2X를 지원하는 차량이 UE-type RSU를 발견하고 통신하는 시나리오
Privacy in the V2V communication environment	V2V 통신 환경의 개인 정보 보호 및 익명성은 사용자가 V2V 시스템을 채택하는데 매우 중요한 요구사항. 메시지 자체의 보안조치가 필요

B) V2I

- a) V2X 서비스를 지원하는 차량과 RSU 간 직접 통신
- b) V2I의 대표적인 Use Case와 설명을 (그림 8-2) 및 <표 8-2>에 정리한다.

RSU



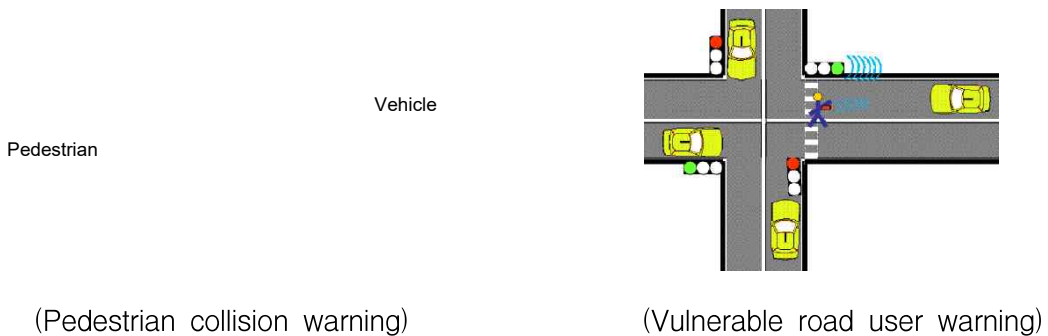
(그림 8-2) 대표적인 V2I Use Case

<표 8-2> V2I Use Case 설명

Use Case	설명
Emergency stop	긴급 제동: 긴급 상황 발생시 RSU에서 긴급 제동 정보 제공함으로써 보다 안전한 동작 경고
Queue warning	대기열 경고: 도로상의 차량 대기열로 잠재적 위험 야기 및 트래픽 지연 가능성 경고. 다른 차선의 정보까지 제공함으로써 충돌의 가능성 최소화 및 완화
Road safety services	도로 안전 서비스: 도로변에 설치된 RSU를 통해 V2I서비스를 지원함으로써 도로 안전 상황 경고
Automated parking system	자동 주차 시스템: 대도시 지역의 차량에게 주차 장소가 있는지 여부, 거리 또는 공공주차장의 실시간 정보 제공
V2X Road safety service via infrastructure	RSU 및 교통 안전 서버와 같은 인프라 장치가 도로 안전을 위해 교통 안전 관련 메시지를 생성 및 배포
Curve speed warning	커브길 속도 경고: 운전자에게 적절한 속도로 커브길 운행하도록 경고
Remote diagnosis and just in time repair notification	RSU가 인터넷에 접속할 수 있는 경우에 차량의 현재 상태를 로컬 또는 원격 진단 센터에 보고할 수 있도록 함

A) V2P

- a) V2X 서비스를 지원하는 차량과 보행자 간의 직접 통신
- b) V2P의 대표적인 Use Case와 설명을 (그림 8-3) 및 <표 8-3>에 정리한다.



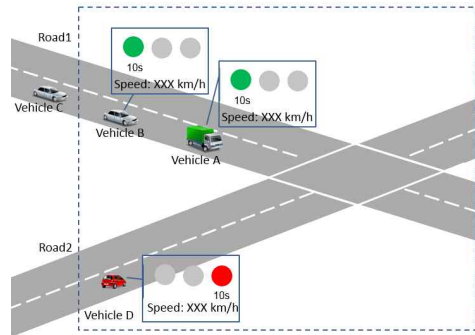
(그림 8-3) 대표적인 V2P Use Case

<표 8-3> V2P Use Case 설명

Use Case	설명
Pedestrian collision warning	보행자 충돌 경고: 취약한 도로 보행자에게 정보 제공. 보행자 또는 자전거 타는 사람에게 위험한 상황이 발생했을 때 경고 제공
Vulnerable Road User (VRU) safety	취약한 도로 보행자 안전: 차량과 보행자가 V2P 기능을 모두 갖추고 차량이 보행자의 존재를 감지하고 임박한 위협이 있는 경우, 운전자에게 경고
Pedestrian road safety via V2P awareness messages	인식 및 안전 관련 V2P 브로드 캐스트 메시지 전송할 수 있는 보행자 단말 정의. 보행자 단말은 위치, 속도 등을 주기적으로 전송

A) V2N

- a) V2X서비스를 지원하는 이동통신 기지국을 통한 통신
- b) V2N의 대표적인 Use Case와 설명을 (그림 8-4) 및 <표 8-4>에 정리한다.



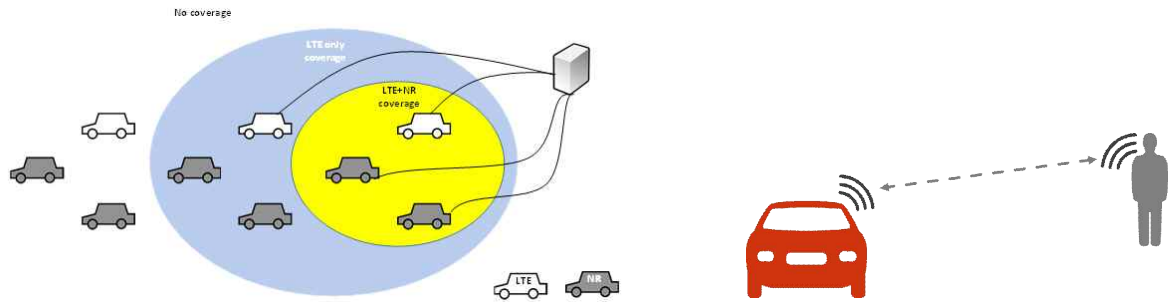
(Virtual traffic lights)
(그림 8-4) 대표적인 V2N Use Case

<표 8-4> V2N Use Case 설명

Use Case	설명
V2N traffic flow optimisation (virtual 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
V2X minimum QoS	V2X 메시지 전송 자원이 부족한 경우에는 우선순위가 높은 차량 (예, 긴급 차량)에 V2X 메시지 우선 전송 기회를 제공
Use case for V2X access when roaming	로밍 지역에서 V2X 기능 지원
Mixed use traffic management	V2X 시스템은 차량 밀도, 속도, 접근 각도 및 기상 조건과 같은 변화하는 속성에 적응할 수 있도록 유연하게 관리
Enhancing positional precision for traffic participants	현재의 GPS보다 위치 오차를 줄임. 지도와 도로의 위치고정점으로 위치 오차를 줄임. 차선 구분 등에 이용 가능
V2N use case to provide overview to road traffic participants and interested parties	우수한 서비스 커버리지를 제공하는 3GPP 이동통신망을 활용. 기존의 이동통신기지국을 이용하여 V2V 커버리지를 넘어서는 지역에도 메시지 전송

8.2. 5G V2X Use Case

3GPP Rel.15 TR 22.886은 General, Platooning, Advanced driving, Remote driving, Extended Sensors 등 25가지 Use Case 정의된다. General의 대표적인 Use Case와 설명을 (그림 8-5) 및 <표 8-5>에 정리하였다.



Mixed 3GPP RATs deployment

Dynamic ride sharing

(그림 8-5) 대표적인 General Use Case

<표 8-5> 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 장착 될 수 있다. NR차량이 LTE차량과 통신 할 수 없는 경우 LTE차량은 V2X 기능이 없는 차량으로 간주됨
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	사용자가 V2X 애플리케이션을 시작하면 해당 V2X 애플리케이션의 메시지를 주변의 다른 차량에 전송
Use case out of 5G coverage	V2X 응용 프로그램을 지원하는 단말은 다중 RAT 모뎀(5G, LTE)를 갖추고 있음
Dynamic ride sharing	차량을 다른 사용자와 공유하려는 의도를 알릴 수 있음. 보행자 또한 이동하려는 목적지 등의 정보를 공유할 수 있음
Tethering via vehicle	차량이 탑승자, 보행자에게 네트워크 액세스를 제공하는 테더링 기능을 함
Proposal for secure software update for electronic control unit	자동차 전자 제어 장치(ECU)는 자동차 시스템 내의 전자 장치를 제어하는 소프트웨어 모듈의 총칭으로 스티어링 휠에서부터 브레이크 및 자동차 주행에 이르기까지 다양하며 정기적인 소프트웨어 업데이트가 필요한 자동차의 핵심 부분이다. 소프트웨어 업데이트는 주요 보안 감사의 대상이며 자동차 업계에서 중요한 이슈임

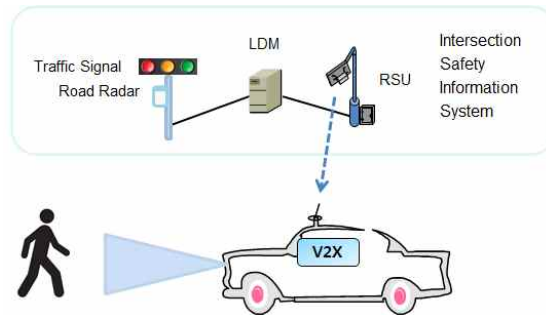
군집주행의 경우 그룹핑, 군집 차량의 차선 변경 협력되었으며, Platooning의 대표적인 Use Case와 설명을 (그림 8-6) 및 <표 8-6>에 정리하였다.

(그림 8-6) 대표적인 Platooning Use Case

<표 8-6> Platooning Use Case 설명

Use Case	설명
eV2X support for vehicle platooning	차량들이 객차가 연결된 기차처럼 움직이도록 차량 그룹을 운영
Information exchange within platooning	차량들이 도로주행 중에 동적으로 군집주행그룹을 구성
Automated cooperative driving for short distance grouping	차량 그룹은 통신을 통해 협력 주행할 수 있음. 그룹 차량들은 차선 변경, 합류, 주행 및 그룹 조인/탈퇴를 수행
Information sharing for limited automated platooning	표1의 단계 3 자율주행과 같은 수준의 자율 군집주행에 해당됨. 짧은 차간 거리(예: 2초 미만 * 차량 속도)를 가정할 때, 간략하고 대략적인 수준의 데이터 교환으로 충분
Information sharing for full automated platooning	표1의 단계 4/5 자율주행과 같은 수준의 자율 군집주행에 해당됨. 짧은 차간 거리(예: 2초 미만 * 차량 속도)를 가정할 때, 고해상도 데이터 교환이 요구
Changing driving-mode	차량 협력 수준에 따라 주행 모드는 일반적으로 자율 주행, 호송, 군집주행의 세 가지로 분류. 각 주행모드 간 전환을 지원하여 사고 위험을 줄일 수 있는 프로세스가 활성화

Advanced driving의 대표적인 Use Case와 설명을 (그림 8-7) 및 <표 8-7>에 정리하였다.

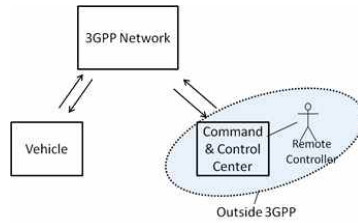


(그림 8-7) 대표적인 Advanced Driving Use Case

<표 8-7> Advanced Driving Use Case 설명

Use Case	설명
Cooperative Collision Avoidance(CoCA)	차량이 사고 가능성을 더 잘 판단하고 차량을 제어할 수 있도록 일반적인 CAM/DENM 안전 메시지 외에 센서 데이터, 제동 및 가속 명령 등을 C-V2X 통신을 통하여 교환
Information sharing for limited automated driving	표 1의 단계 2/3와 같은 수준의 자율주행에 해당됨. 짧은 거리가 아닌 차간 거리(예: 2초 이상 * 차량 속도)를 가정할 때, 대략적인 수준의 데이터 교환으로 충분
Information sharing or full automated driving	표 1의 단계 4/5와 같은 수준의 자율주행에 해당됨. 짧은 거리가 아닌 차간 거리(예: 2초 이상 * 차량 속도)를 가정할 때, 고해상도 데이터 교환이 요구
Emergency trajectory alignment	Emergency Trajectory Alignment(EtrA) 메시지는 협력적인 자율주행을 보완한다. EtrA를 통한 협력주행은 위험한 운전 상황에서 교통안전을 더욱 향상시킬 수 있도록 도와주기 위한 기능
Intersection safety information provisioning for urban driving	차량이 교차로를 통과 할 때 교통사고를 예방하고 협력적인 자동주행 기능을 돕기 위해 차량에 안전 정보를 제공
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 시나리오
3D video composition for V2X scenario	특정 지역에서 주행하는 차량들이 카메라로 촬영된 비디오 정보를 서버로 전송하고, 서버는 수신된 비디오 정보들을 처리하여 해당 지역의 3D 비디오를 생성함. 3D 비디오는 사고 발생 분석, 자동차 경주를 시청하는 end-user에게 공유 등에 활용

Remote driving은 Tele-operated 주행이며, Remote driving의 대표적인 Use Case와 설명을 (그림 8-8) 및 <표 8-8>에 정리하였다.

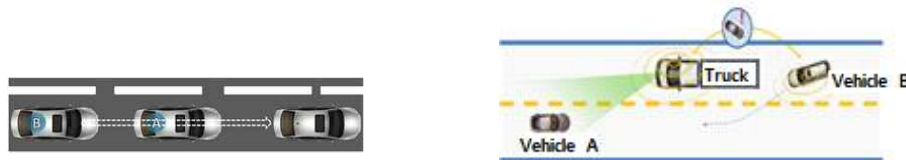


(그림 8-8) 대표적인 Remote Driving Use Case

<표 8-8> Remote Driving Use Case 설명

Use Case	설명
eV2X support for remote driving	차량이 원격 운전자 또는 클라우드 컴퓨팅에 의해 원격 제어됨.
Teleoperated support (TeSo)	한 명의 운전자가 짧은 시간 동안 여러 대의 자율 차량들을 원격으로 제어 가능

Extended sensors는 비디오 데이터 공유, 센서 및 지도 공유한다. Extended sensors의 대표적인 Use Case와 설명을 (그림 8-9) 및 <표 8-9>에 정리하였다.



Video data sharing for automated driving

Collective perception of environment

(그림 8-10) 대표적인 Extended Sensors Use Case

<표 8-11> Extended Sensors Use Case 설명

Use Case	설명
Automotive: sensor and state map sharing	가공되지 않은 또는 처리된 센서 데이터를 공유하여 주변 상황에 대한 맵을 구축, Local dynamic map의 확장 use case
Collective perception of environment	차량들은 실시간 정보(차량의 센서 정보 또는 UE-type RSU의 센서 정보를 기반으로)를 교환
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 돕는다. 비디오 데이터는 UE-type RSU가 수집, 전송

※ 참고로, 우리나라의 국토교통부에서 정의하는 C-ITS의 핵심 서비스는 V2V, V2I, I2V 등 15개 서비스로 <표 8-12>과 같이 정의되어 있다.

<표 8-12> 국내 C-ITS Use Case

서비스분야	핵심기능	설명
기본정보 수집제공	위치기반 차량데이터 수집	차량단말기로부터 차량의 상태정보와 위치정보, 운행정보를 수집하고 센터 서버에 저장
	위치기반 교통정보 제공	센터에서 가공된 소통정보 등 위치기반 교통정보를 도로 주행하는 차량단말기에 제공
요금징수	스마트 통행료 징수	유료도로 통행의 경우 요금지불을 위해 정차하지 않고 속도를 유지하면서 지불(기존 HI-PASS와 다른 시스템으로 실제 통행과금이 없는 시범서비스)
안전(주의) 운전지원	도로 위험 구간 정보 제공	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 위험 경고	교차로 통과 차량에게 교차로 신호 현시정보 가공을 통해 사고발생, 신호위반 피해 예방
	우회전 안전운행 지원	교차로 접근로 주행차량이 우회전하는 경우 발생하는 상충에 기인하는 충돌사고 예방
대중교통 안전지원	버스 운행관리	버스 운행정보 수집으로 실시간 버스운행 관리를 통해 운송서비스 품질 및 안전성 증대
	엘로우버스 운행관리	엘로우버스 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 주행시 횡단 보행자 및 자전거와 충돌사고 예방
차량간 사고예방	차량 충돌방지 지원	차량위험상황이나 저속차량에 의한 차량 상황을 실시간으로 수집, 통보해 2차사고 예방
	긴급차량 접근 경고	긴급 차량의 구간, 구조현장 도착시간 단축을 위해 긴급차량 주행상황을 전방차량에 전달
	차량 긴급상황 경고	도로 주행 차량의 고장, 사고 발생으로 뒤 차량의 직접 또는 2차사고 예방

9. 사업 모델

9.1. V2X 서비스 네트워크 구축 방안 비교

9장에서는 전용망 및 상용망을 활용하여 V2X 서비스 네트워크를 구축하는 3가지 방안을 제안하고 각 방안을 비교하여 설명한다. V2X 서비스 네트워크의 구축 방안은 <표 9-1>에서 정리하고, 각 방안에 대한 비교는 <표 9-2>에서 정리하였다.

<표 9-1> 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	<p>1안 (C-V2X+LTE(Uu))</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ RSU 설치로 교통정보G/W 기능 ▪ V2V: 5.9GHz C-V2X ▪ V2I: 5.9GHz C-V2X ▪ V2N: LTE(인포테인먼트) 	<p>2안 (C-V2X + LTE)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ LTE망으로 C-V2X 일부수용 ▪ V2V: 5.9GHz C-V2X ▪ V2I/N: LTE(인포테인먼트+교통) 	<p>3안 (C-V2X + 5G)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 5G망으로 C-V2X 일부수용 ▪ V2V: 5.9GHz and/or 밀리미터파 C-V2X ▪ V2I/N: 5G(인포테인먼트+교통)

<표 9-2> V2X 서비스 네트워크 구축 방안 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 단말시 간섭(V2V/V2I 채널 공유시)커버리지 한계 RSU 추가투자비 발생	교통정보 전송시 추가 지연 발생 가능성 (1안 대비)	적용시기 늦음

※ ITS대역을 사용하는 ITS 전용망은 정부 투자, 상용주파수대역을 사용하는 상용망은 사업자 투자 조건이다.

9.2. C-V2X RSU 투자비 분석

9.2.1. RSU 설치하지 않고, 상용 이동통신망 이용하는 경우

(가정) 국내 커넥티드 카 시장 규모는 BI 인텔리전스의 커넥티드 카 출하량 (그림 9-1) Strategic Analytics의 세계시장 대비 국내시장 비율 (그림 9-2)로부터 산출되며, 국내 시장규모 18년 151만대, 19년 222만대, 20년 326만대 예상된다. 전 세계 커넥티드 카 출하량 중 국내 시장비율(4.73%) 반영된다.



(그림 9-1) 전 세계 커넥티드 카 출하량

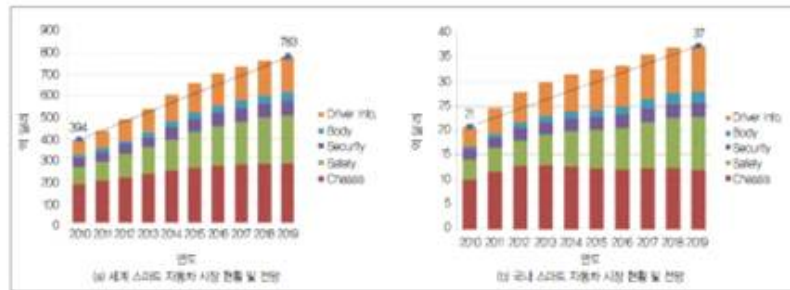


그림 3. 세계 및 국내 스마트 자동차 시장 현황 및 전망 [출처: Strategy Analytics(2012)]

(그림 9-2) 전 세계 및 국내 커넥티드 카 시장 전망>

국내 통신3사 LTE IoT망 기준 월회선당 요금은 11,000원이나, V2X 요금제는 IoT 요금의 20%~80% 예상되며, 정부/OEM/통신사 간 협상 결과에 달라진다. 예상 비용은 RSU를 설치하지 않고 상용 이동통신망을 이용하는 경우에는 (장비가+구축비)는 발생하지 않으며 운용비용만 고려될 수 있다.

<표 9-3> 예상 비용

(단위: 억 원)

기간	2018년	2019년	2020년
예상 차량 대수	151만대	222만대	326만대
예상 운영비용	398~1,595	586~2,344	860~3,443

9.2.2. 도로주변에 RSU 설치하는 경우

(가정) 서울시내 도로와 전국 특별·광역시 도로기준으로 나누어 분석하는 것으로 가정했을 때, 1Km 당 1대 RSU 구축 가정하며 구축비 중 전원, 지주설치 등 공사비 2,000만

원 가정한다. RSU 1대 당 가격 1,000만원으로 산정 (WAVE RSU 가격 참고)되며 연간 운영비는 (장비가+구축비)의 15%이다.

<표 9-4> 예상 비용

(단위: 억 원)

	연장(Km)	장비가	구축비	장비가+구축비	연간 운영비
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

9.2.3. 신호제어기에 RSU 설치하는 경우

‘서울시내/전국’으로 나누어 신호제어기 1개당 1대 RSU 구축하는 것으로 가정했을 때 신호제어기와 신호등 간 거리가 RSU 커버리지보다 작은 것으로 나타났다. RSU 1대 당 1,000만원, 구축비 1,500만원 가정했을 때 연간 운영비는 (장비가+구축비)의 15%로 책정된다.

<표 9-5> 예상 비용

(단위: 억 원)

	신호제어기 수	장비가	구축비	장비가+구축비	연간 운영비
서울시	3,897	389	585	974	146
전국	40,000	4,000	6,000	10,000	1,500

부 록 1-1

재난안전통신망 구축 방안 비교

1. 배경

도로에서의 안전과 트래픽 효율성 향상을 위한 C-ITS 서비스는 특히 LTE-V2X 기술의 적용을 가정한 서비스의 경우 공공 서비스의 성격이 강하다. 경찰, 소방 등의 용도로 사용하는 재난안전통신망의 경우도 공공의 성격이 강하며, 각국에서는 재난 안전 서비스를 위한 통신망을 자가망으로 구축할지 상용망을 활용할지에 대해 검토를 수행하였다. 재난안전통신망은 대부분의 국가에서 LMR (Land to Mobile Radio) 기반의 음성 통신 위주의 서비스를 제공해 왔으나, 멀티미디어 등 향상된 서비스의 제공과 비용 효율적인 서비스의 제공을 위해 재난안전통신망의 진화가 추진되고 있다. 재난안전통신망의 진화라는 공통된 목표를 가지고 있음에도 LMR의 보급 정도, LMR 운용 방식, 비용 구조, 상용 LTE 망의 커버리지, 구축비용, 예산 확보 등이 상이하여 효과적인 재난안전통신망의 진화 방안은 국가별로 차이가 발생한다.

2. 한국 재난안전통신망 구축 방안 연구

기관별 상이한 기술을 사용하는 재난안전통신망 간의 호환성 향상과 반복되는 재난에 효과적으로 대비하기 위하여 재난안전통신망의 진화를 추진해 왔으며 LTE 기술 기반의 재난안전통신망을 구축하기로 결정하여 추진 중이다. 재난안전통신망의 진화 방안으로 자가망과 상용망의 활용을 비교하였으며 상용망은 재난안전통신망에서 요구하는 기능 (통화 폭주 대처, 재난용 그룹통화 등)을 만족하기 어렵고 이 기능을 상용망에서 지원하도록 개선하는 데 약 1조원의 비용이 발생하는 것으로 판단되었으며, 10년 운용비용을 비교하였을 경우에도 상용망 전면 이용 방식이 자가망 구축에 비해 약 2.3 배의 비용이 더 소요되는 것으로 조사되었다. 반면, 자가망을 통해 전국 규모의 커버리지를 확보하는 비용이 제한된 예산 범위에서 비용 효율적이지 못하다는 판단 하에 자가망을 구축하되 상용망을 커버리지 확보를 위한 보조 수단으로 활용하기로 했다.

3. 미국 재난안전통신망 구축 현황

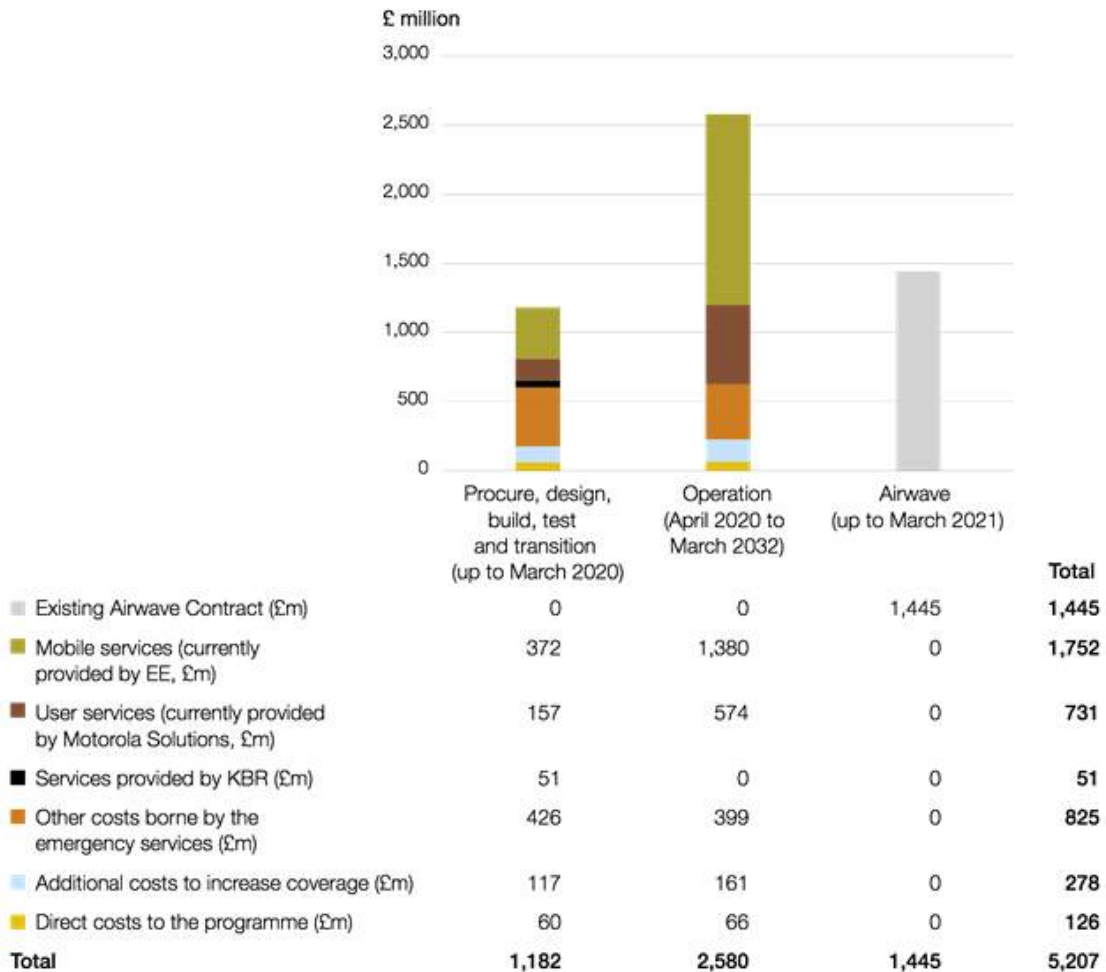
미국은 50개 주와 워싱턴DC, 미국령 5개 지역을 포함한 전 지역에서 재난안전 서비스의 제공을 위해 LTE 기술 사용을 결정하고 오랜 기간 준비를 거쳐 재난안전통신망을 구축 중에 있으며, 2022년까지 구축을 완료할 계획이다. 미국의 재난안전통신망 구축 방식은 이동통신 사업자 (AT&T)에 망 구축과 운용을 위임하는 자가망 구축 방식임. 이동통신 사업자는 초기 5년간 망구축을 완료하고 25년간 망을 운영하고 있

다. 정부(FirstNet)는 \$6.5B의 구축비용을 이동통신 사업자에 지불하고 이동통신 사업자는 25년간 망을 운영하면서 최소 \$5.6B를 정부에 지급. 이동통신 사업자는 재난 안전통신망의 사용자로부터 사용료를 받고 서비스를 제공하며, 재난안전 용도로 사용하지 않는 capacity의 경우 상용 용도로 사용할 수 있다.

4. 영국 재난안전통신망 구축 방안 연구

기존의 LMR 기반 서비스인 AirWave의 계약 종료에 따라 비용 효율적이고 멀티미디어 등 새로운 서비스에 대응할 수 있는 대안을 연구하고 있다. 대안은 LTE 망을 상용 사업자로부터 임대하는 방식인 ESN (Emergency Services Network)이다. 하지만 계약 대상인 영국의 이동통신 사업자 EE의 4G 망은 영국의 70% 커버리지를 가지고 있어 99.9%에 달하는 AirWave에 비해 열악한 상황임. 이에 영국 정부는 EE와 함께 LTE 커버리지를 97%까지 높이는 작업을 진행하고 있다. 상기와 같은 이유로 ESN의 구축에 2015년 4월부터 2020년 3월까지 ①1.2B의 비용이 소요될 것으로 예상되며, 이후에는 AirWave에 비해 비용 절감이 발생하여 ESN으로의 전환 이후 17년간 총 ②3.6B의 비용 절감을 기대하고 있다.

The programme expects to spend £5,207 up to March 2032



(그림 1-1) ESN 구축시 예상 소요 비용

5. 호주 재난안전통신망 구축 방안 연구

호주 정부 산하 기관 The Productivity Committee는 호주 공공안전 서비스를 제공하기 위한 효율적인 방안에 대한 연구를 수행하여 2015년 12월 보고서를 발간하였다. 본 보고서에서는 PSMB (Public Safety Mobile Broadband)를 위해 자가망을 구축하는 방안 (dedicated network)과 상용망을 활용하는 방안 (service from one or more commercial mobile carrier)을 비교하였다. 20년간의 서비스를 가정하고 자가망을 구축하는 경우 \$6.2B가 소요되며, 상용망을 활용하는 경우 \$2.2B가 소요된다고 분석하였음. 자가망 구축비용을 낮추기 위해 다양한 저비용 하이브리드 옵션을 적용했을 경우에도 전용망을 구축하는 경우가 상용망을 임대하여 사용하는 경우와 비교하여 약 32% 가량 비용이 많이 필요한 것으로 산정되었다. 상기 연구 결과에 따라 호주 정부는 상용망 사업자인 Telstra의 망을 임대하여 사용하는 것으로 방향 설정하였다. 2016년 The Productivity Committee의 보고에 의하면 20년간의 서비스를 통해 상용망 임대 사용에 사용되는 비용이 전용망 구축에 비해 약 \$4B 정도의 비용을 절감할 수 있을 것으로 예측한다.

	한국	미국	영국	호주
구축방식	자가망 구축. 상용망, LTE-R, LTE-M, 이 동기지국 활용한 커버리지 보완	자가망 구축. 사업자(AT&T) 운용 임대.	상용망 임대. 커버리지 확보를 위한 상용망 추가 투자	상용망 임대. 자가망 구축 시 최소 32% 비용 증가

부 록 II-1

지식재산권 협약서 정보

해당 사항 없음

부 록 II-2

시험인증 관련 사항

I-2.1 시험인증 대상 여부

- 해당 사항 없음

I-2.2 시험표준 제정 현황

- 해당 사항 없음

부 록 II-3

본 기술보고서의 연계(family) 표준

- 해당 사항 없음

부 록 II-4

참고 문헌

·
해당사항 없음

부 록 II-5

영문기술보고서 해설서

- 해당 사항 없음

부 록 II-6

기술보고서의 이력

판수	채택일	기술보고서번호	내용	담당 위원회
제1판	2018.11.xx	제정 TTAxR.xx-xx06.xxxx	-	5G 버티컬 서비스 프레임워크 프로젝트그룹 (SPG35)