

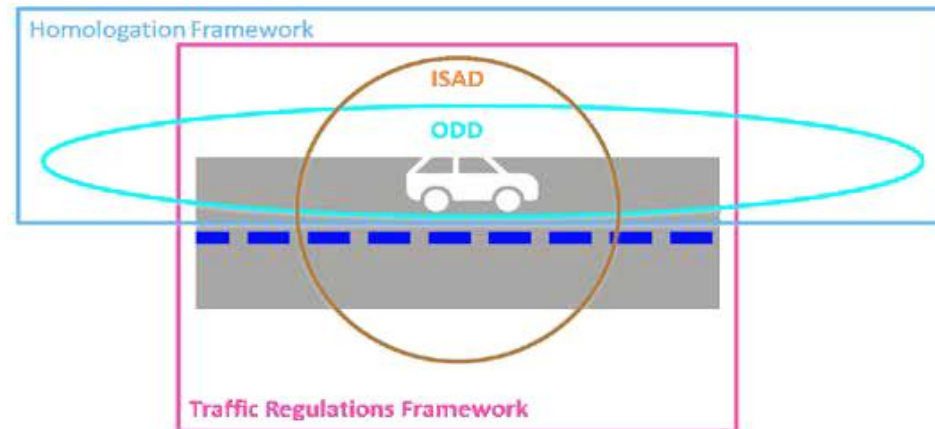
자율주행을 위한 V2X통신기술 표준화 현황 및 전망

전자통신연구원 오현서

자율주행 ICT 기술 개념

주요국 추진 방향

- 유럽 ERTRAC 연구 방향 : **ODD(Operational Design Domain) + ISAD(Infrastructure Support Levels for Automated Driving)**
- 미국 DOT 연구 방향 : 2020년 ADS(Automated Driving System) 4.0 발표
- 일본 SIP(Strategic Innovation Promotion Program) : 2020년 자율주행 3/4 단계 달성



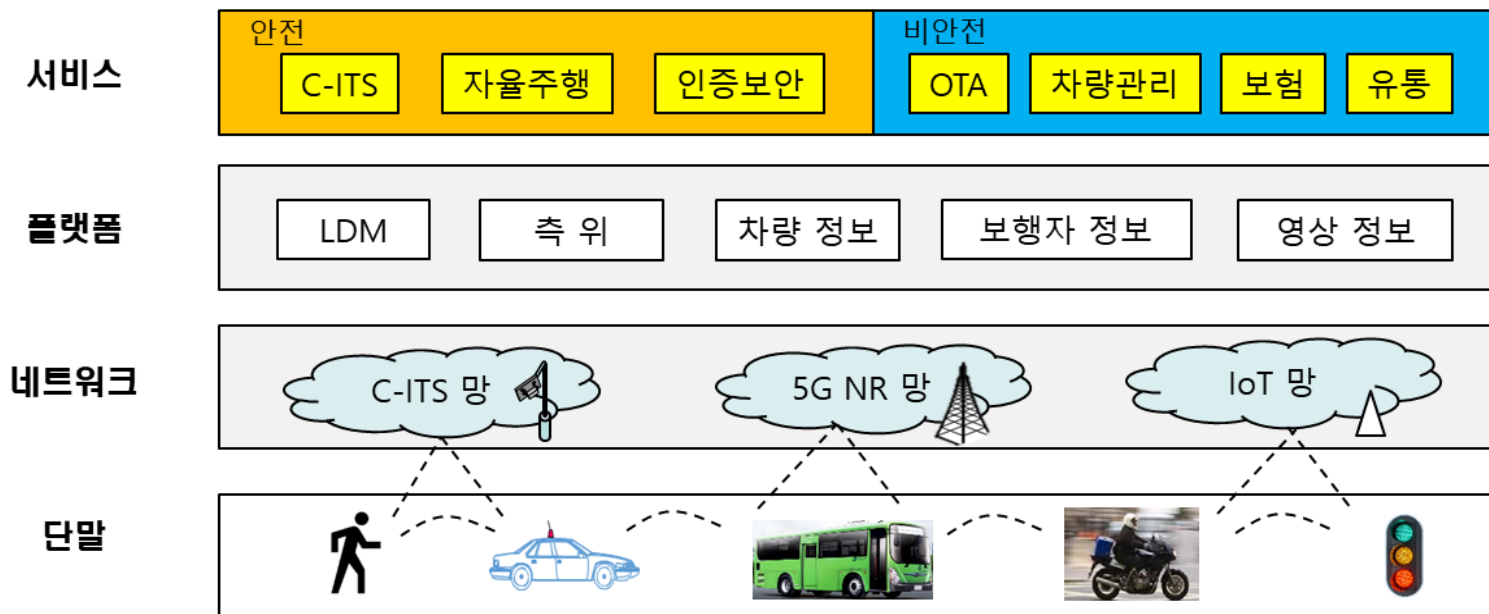
- ODD는 차량 센서 기반 자율 주행
- ISAD는 교통 인프라 연계한 자율주행

ERTRAC : European Road Transport Research Advisory Council

자율주행 ICT 기술 개념

시스템 구조

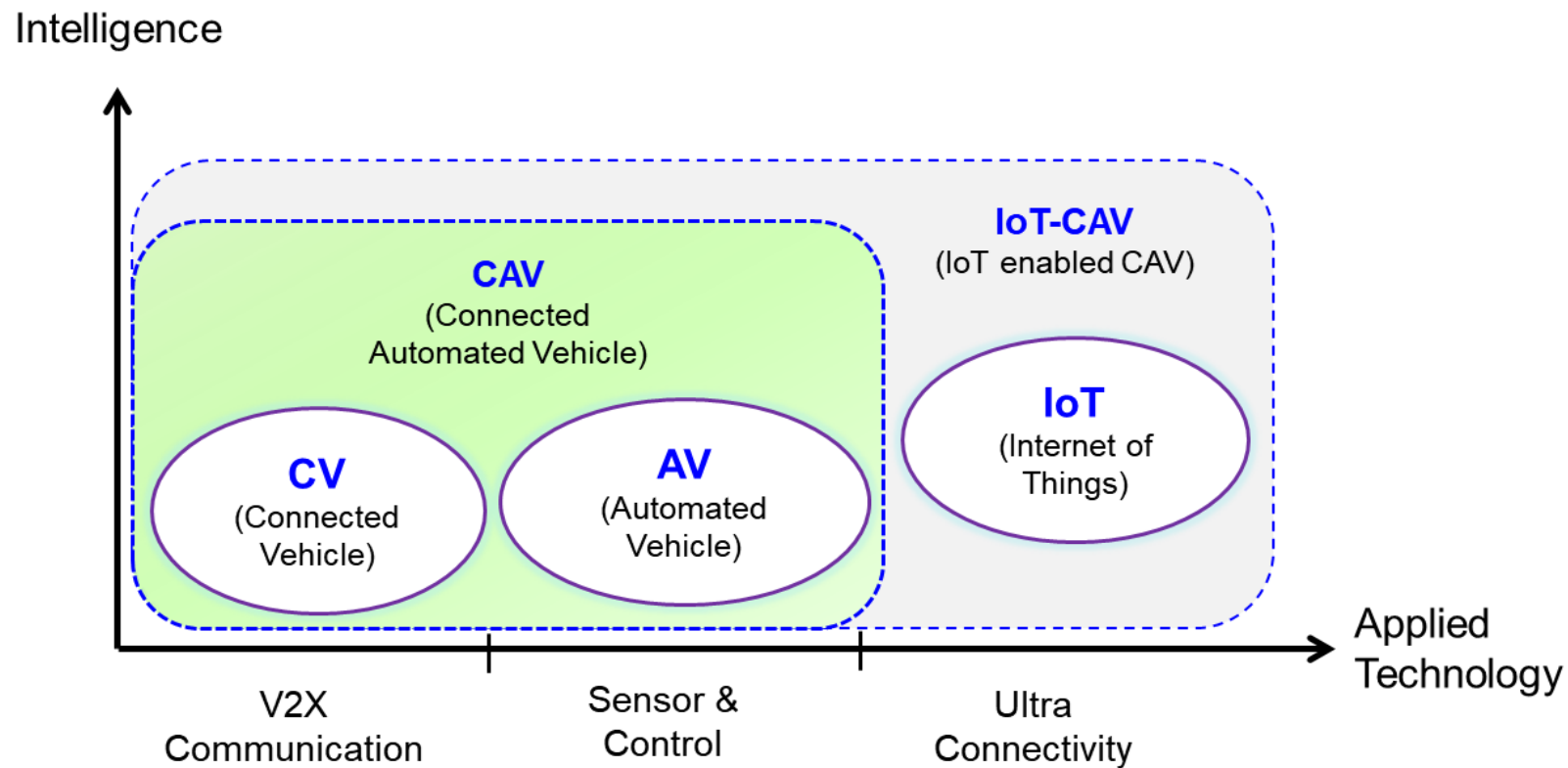
- 자동차 서비스는 안전 서비스와 비안전(정보) 서비스로 분류
- 서비스를 제공하기 위한 플랫폼, 통신 네트워크, 단말로 구성



자율주행 ICT 기술 개념

ICT 기술 융합

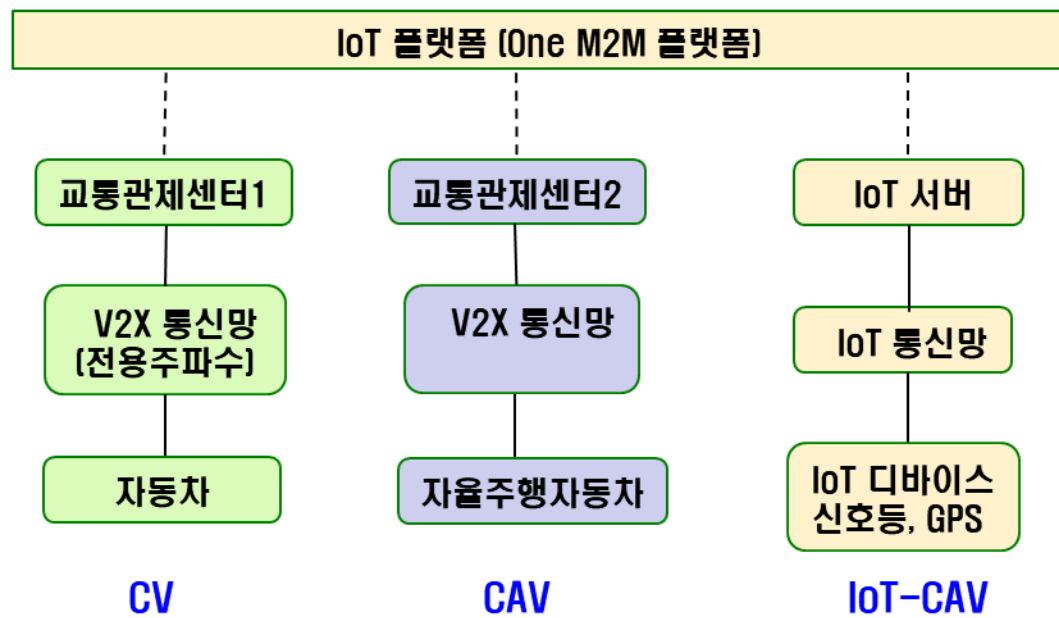
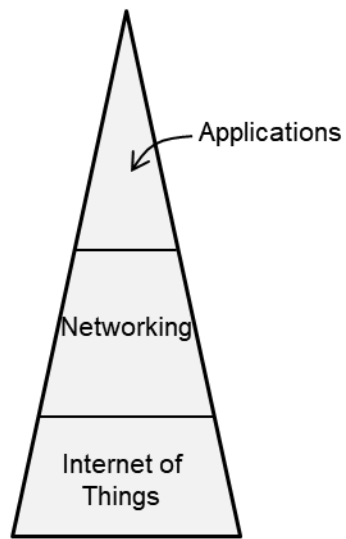
- 자동차는 ICT 기술 융합에 따라 CV, AV, CAV, IoT-CAV 로 발전



자율주행 ICT 기술 개념

자동차 V2X 통신 네트워크

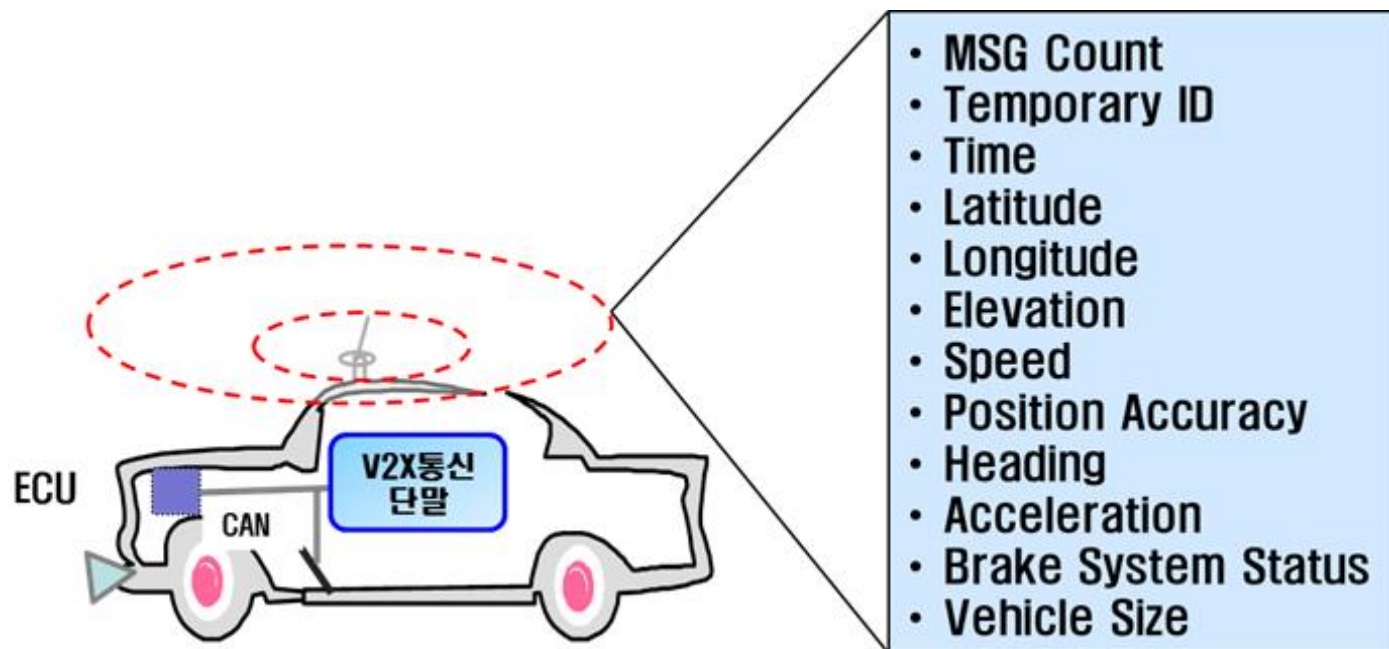
- **CV(Connected Vehicle) : 자동차 + V2X Network**
- **CAV(Connected Automated Vehicle) : 자율주행 자동차 + V2X Network**
- **IoT-CAV(IoT enabled CAV) : 자율주행자동차 + V2X + IoT Network**



자율주행 ICT 기술 개념

자동차 안전 서비스

- **BSM(Basic Safety Message)** 메시지를 주기적으로 전송 : **10회/1초**
- 차량 ECU 와 연결되어 차량의 현재 속도와 상태 정보를 전송
- 대표 서비스 : V2V 통신 기반 긴급 브레이크 경고



자율주행 ICT 기술 개념

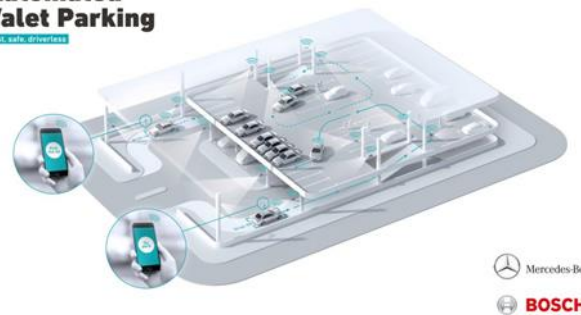
협력 자율 주행 서비스

- 고속도로 트럭 주행
- Automated Valet Parking
- 도심지 주행

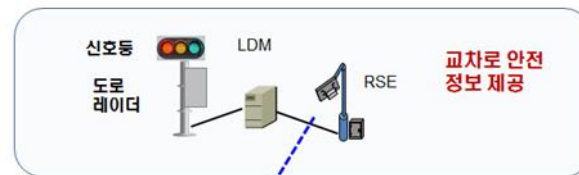


Volvo Platooning

Automated Valet Parking



Mercedes-Benz
BOSCH



교차로 안전
정보 제공

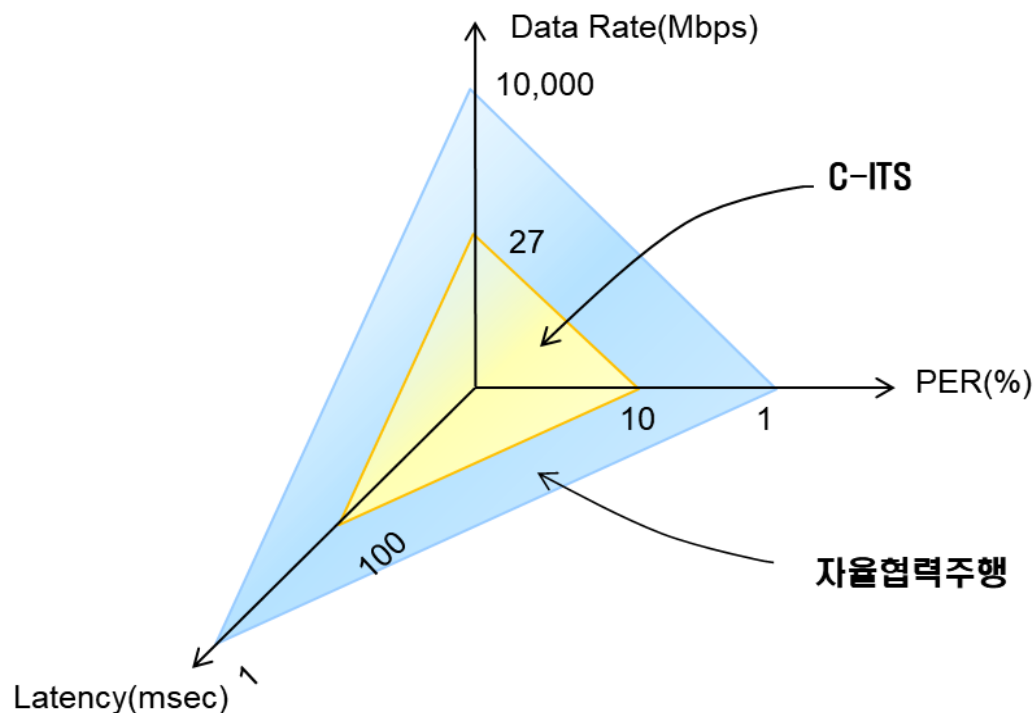


Urban Driving

자율주행 ICT 기술 개념

무선 통신 요구사항

- **CV: C-ITS** 서비스를 제공하며 100msec latency, 10% PER 이 필요
- **CAV: 자율협력주행** 서비스를 제공하며 Latency<10msec, PER<1% 필요
- **IoT-CAV: 디지털 플랫폼 기반 초연결** 서비스를 제공하며 인증과 보안이 매우 중요

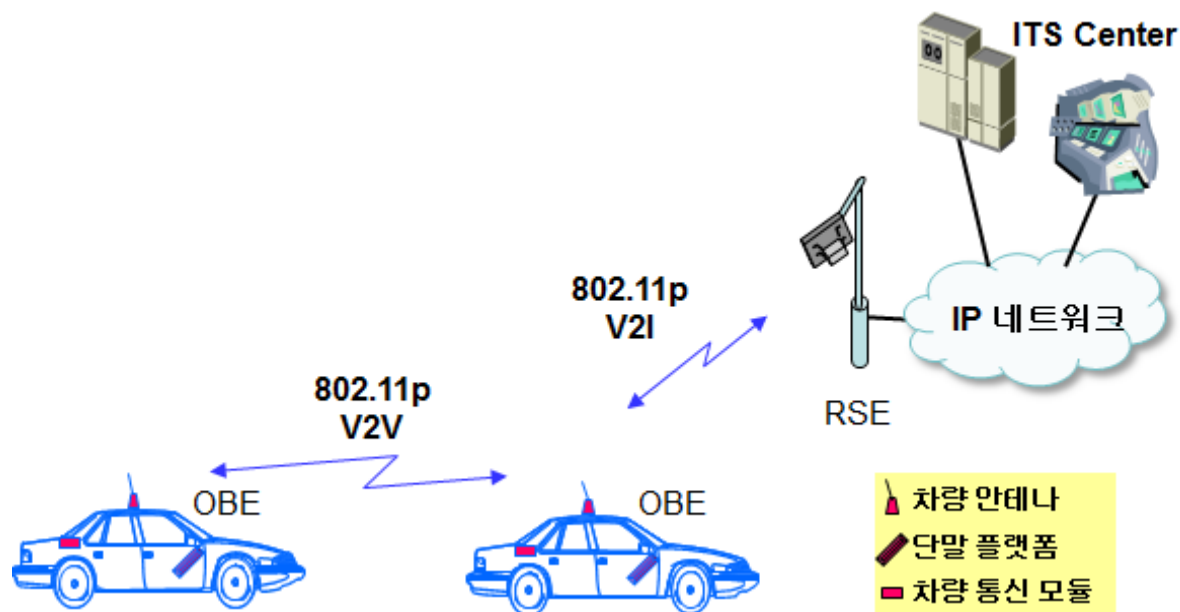


- C-ITS: WAVE, LTE-V2X
- 자율협력주행: IEEE 802.11bd, 5G V2X
- IoT: Smart Phone, Traffic Signal

IEEE V2X 통신기술

WAVE 통신기술

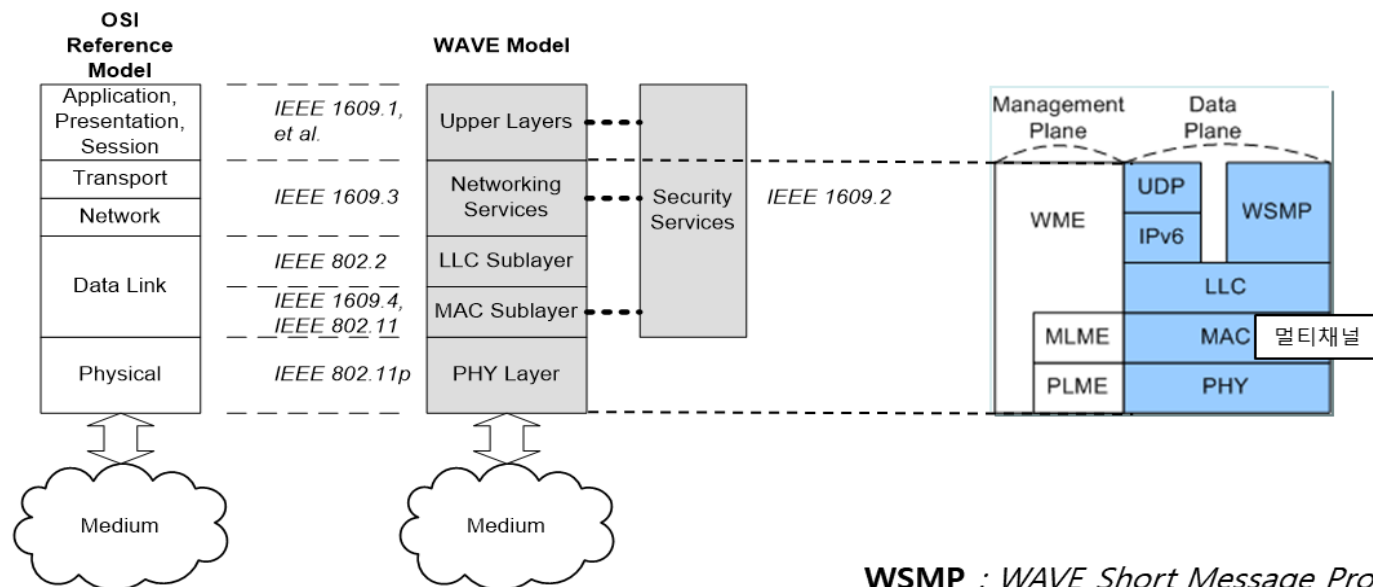
- Wireless Access In Vehicular Environment 약자의 IEEE 기술 표준(2016년)
- 공공 안전과 ITS 서비스를 위한 802.11p V2V/V2I 차량 네트워킹 기술
- 1999년 5.855~5.925GHz 전용 주파수 대역 할당



IEEE V2X 통신기술

WAVE 통신 규격

- IEEE 1609.1 : Application, SAE J2735 Message Set
- IEEE 1609.2 : Security
- IEEE 1609.3 : IPv6 TCP/IP, WSMP
- IEEE 1609.4 : Multi-channel Operation
- 80.11 MAC : CSMA/CA, EDCA
- 802.11p : OFDM

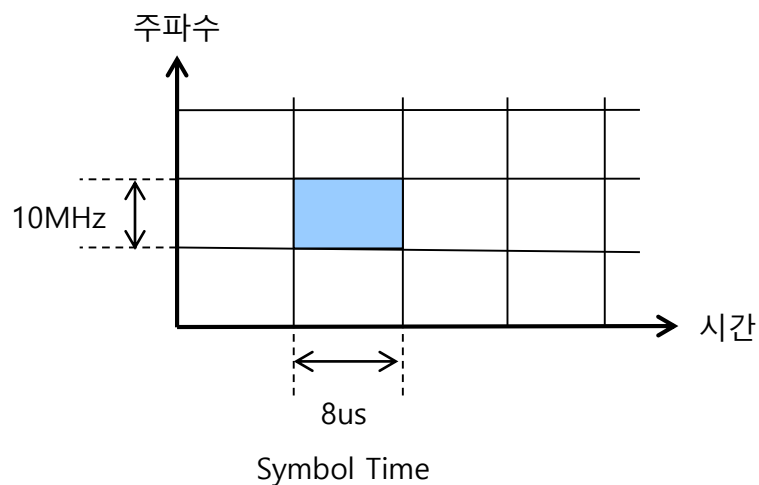


WSMP : WAVE Short Message Protocol

IEEE V2X 통신기술

WAVE 물리 계층 규격

- **WLAN 802.11a OFDM 방식을 사용**
 - 10MHz 주파수 대역, 64 FFT
 - 근거리 고속 이동을 고려한 심볼 시간

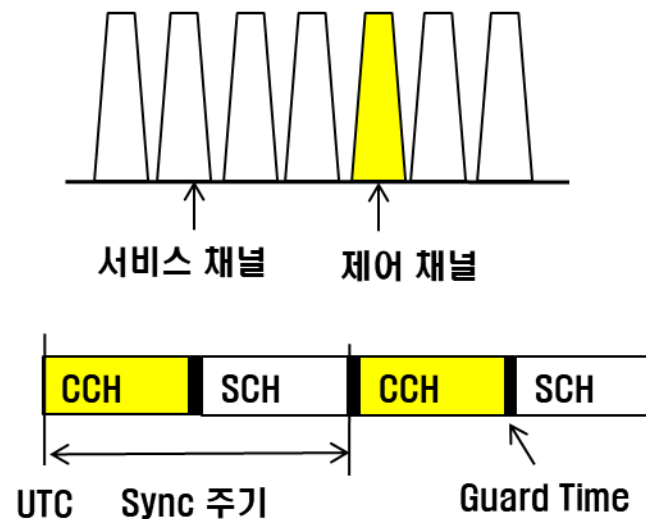
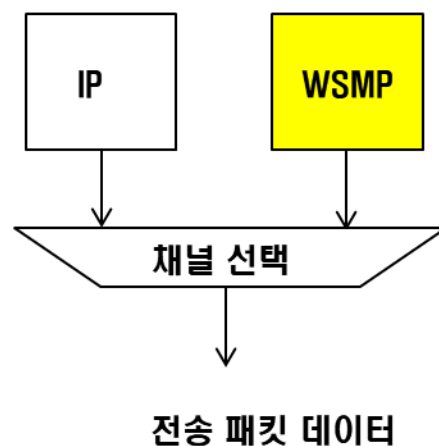


Parameter	Value
Bandwidth	10MHz
FFT size	64
Number of data subcarriers	48
Number of pilot subcarriers	4
Number of subcarriers, total	52 (48+4)
Subcarrier frequency spacing	0.15625MHz (10M/64)
Signal bandwidth	8.28MHz
IFFT/FFT period	6.4us
GI duration	1.6us (6.4/4)
Symbol interval	8.0us (6.4+1.6)
PLCP preamble duration	32 μs
Training symbol GI duration (GI2)	3.2 μs
Short training sequence duration	16μs (t ₁ ~ t ₁₀)
Long training sequence duration	6.4μs (T ₁ , T ₂)

IEEE V2X 통신기술

WAVE 통신 채널 운영

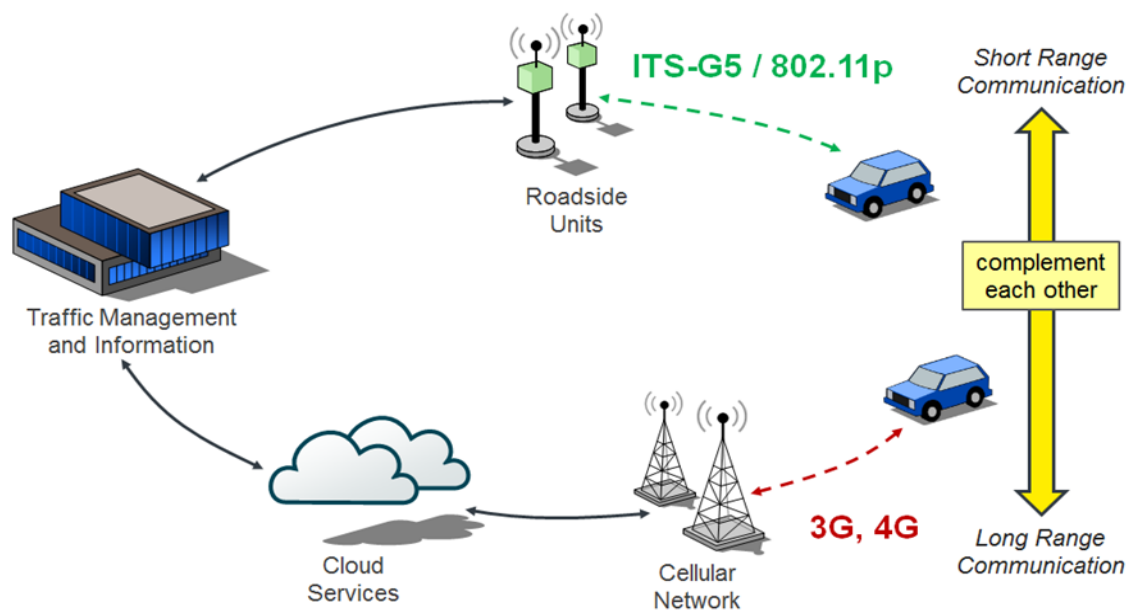
- 10MHz 주파수 대역으로 **한 개의 제어 채널과 6개 서비스 채널**로 운영
 - 제어 채널은 링크 초기화 및 안전 메시지를 전달하며 WSMP 프로토콜 사용
 - **WSA(WAVE Service Announcement)** 정보를 제어 채널로 보내어 서비스 채널을 선택하는 멀티 채널 동작을 수행



IEEE V2X 통신기술

유럽 Hybrid 통신 기술

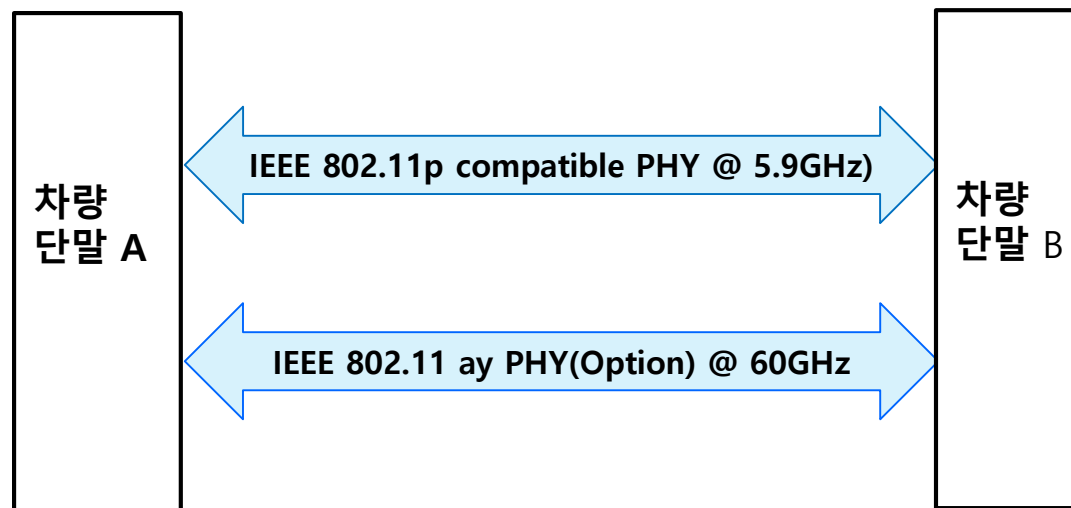
- ITS G5/Cellular 3G, 4G 연동을 통한 광역 서비스 제공
 - ITS 센터와 클라우드 서버간 연동 및 안전 정보 서비스



IEEE V2X 통신기술

802.11bd 기술

- IEEE 802.11p 대비 2배의 전송속도
- 최대 이동속도 250km/h (근접 시 500km/h)
- 최소 3dB 성능 향상
- 위치 추정 기술
- OCB 디바이스와 상호 호환성, 공존, Backward Compatibility



OCB : Outside the context of a basic service set (BSS)

IEEE V2X 통신기술

802.11bd 서비스

- BSM Messages Broadcasting : 10회/1초
- Sensor Sharing : 센서 정보 방송
- Multi-channel Operation
- Infrastructure Applications : 고속 데이터 다운로드
- Vehicle Position & Locations
- Automatic Driving Assistance : 진행 방향에 대한 정보 공유
- Aerial Vehicle ITS Applications : 드론과 차량간 통신
- Train to Train Communication : 기차 안전 및 자율 주행 지원
- Vehicle to Train Communication : 차량 안전 지원

IEEE V2X 통신기술

802.11bd 물리 계층 규격

- 10/20MHz 채널 전송
- LDPC 코딩을 적용하여 BCC 에 비해 3dB 향상
- 256QAM : 64QAM 에 비해 2배 데이터 속도 향상
- 패킷 반복 전송으로 PER 향상
- 미드엠블을 적용하여 고속 페이딩 채널을 극복
- DCM(Double Carrier Modulation) 적용하여 PAPR 향상
- 두개 안테나 적용
- 60GHz 전송 기술을 적용하여 cm 급 Ranging 가능

IEEE V2X 통신기술

IEEE802.11p/bd 기술 특징

- 고속 이동 환경에서의 성능 향상 : LDPC, Adaptive repetition, Mid-amble
- 고속 데이터 전송 : 60GHz, 256QAM, MIMO

항목	802.11p	802.11bd
주파수 대역	5.9GHz	5.9GHz, 60GHz
채널 코딩	Convolutional Code	LDPC
재전송 기술	None	Adaptive Repetition
고속 이동 환경	None	Mid-amble
서브 캐리어 간격	156.25KHz	312.5KHz, 156.25KHz
Modulation Level	64QAM	256QAM
이동 속도	250Km/h	500Km/h
안테나 기술	Single antenna	Multiple antennas

3GPP C-V2X 통신기술

C-V2X 표준 개요

- 3GPP 에서 셀룰러 규격을 기반으로 차량통신응용 서비스(C-ITS, 자율주행 등)에 적용할 수 있는 C-V2X 표준을 개발

항목	Rel.14(LTE V2X)	Rel.15(LTE eV2X)	Rel.16(5G NR V2X)
대표 서비스	도로 안전 메시지 방송 (CAM, DENM, BSM)	· 군집 주행 · Advanced Driving · Extended Sensor, · Remote Driving 등	· Rel.15 서비스 · Unicast, Group cast 지원
end-to-end Latency	100msec	5msec 이내	
PER(Packet Error Rate)	10%	1% 이내	

3GPP C-V2X 통신기술

C-V2X Radio Access

- V2V & V2I : 5.9GHz 전용 주파수 대역에서의 V2V/V2I 지원
- V2N: 통신 사업자의 상용 주파수 대역에서 셀룰러 통신망을 지원하며 4G LTE, 5G NR 기술로 진화됨에 따라 기술의 확장이 가능
- V2P: 스마트폰에 V2P를 지원하는 통신칩이 내장이 된다면 V2P 에 의한 안전 서비스를 제공할 수 있음

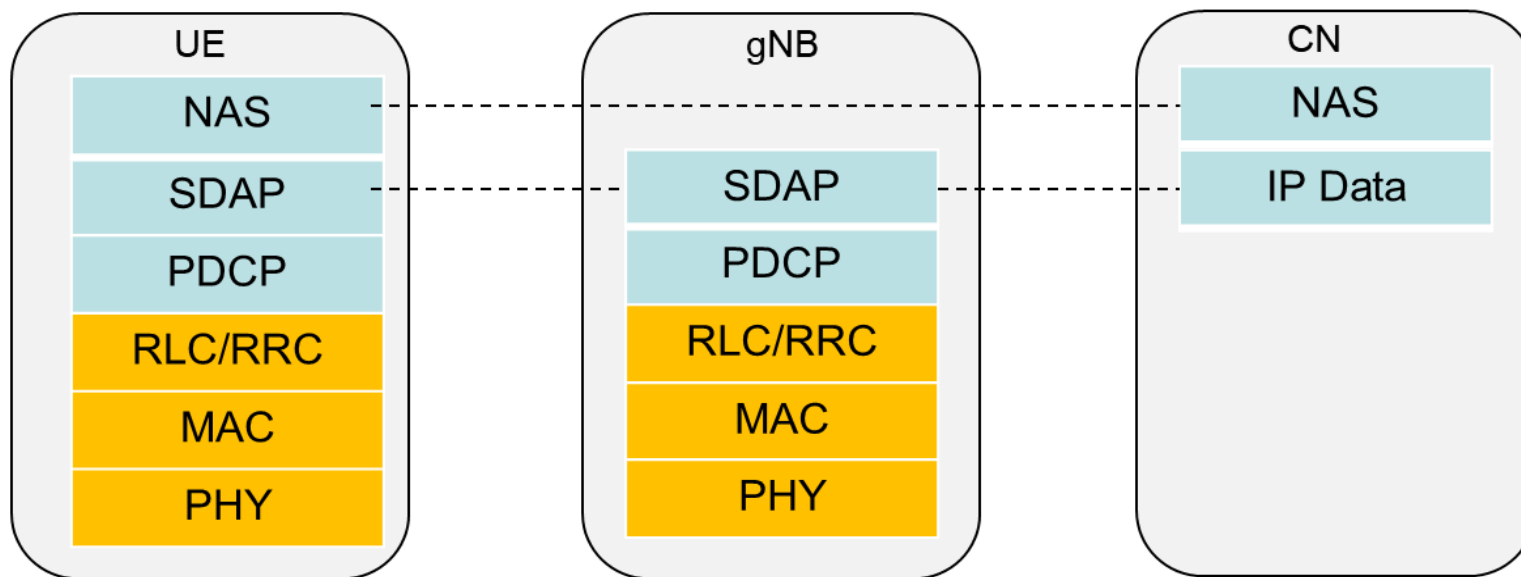


- V2V/V2I : PC5 인터페이스
- V2N/V2P: Uu 인터페이스

3GPP C-V2X 통신기술

통신 계층 구조

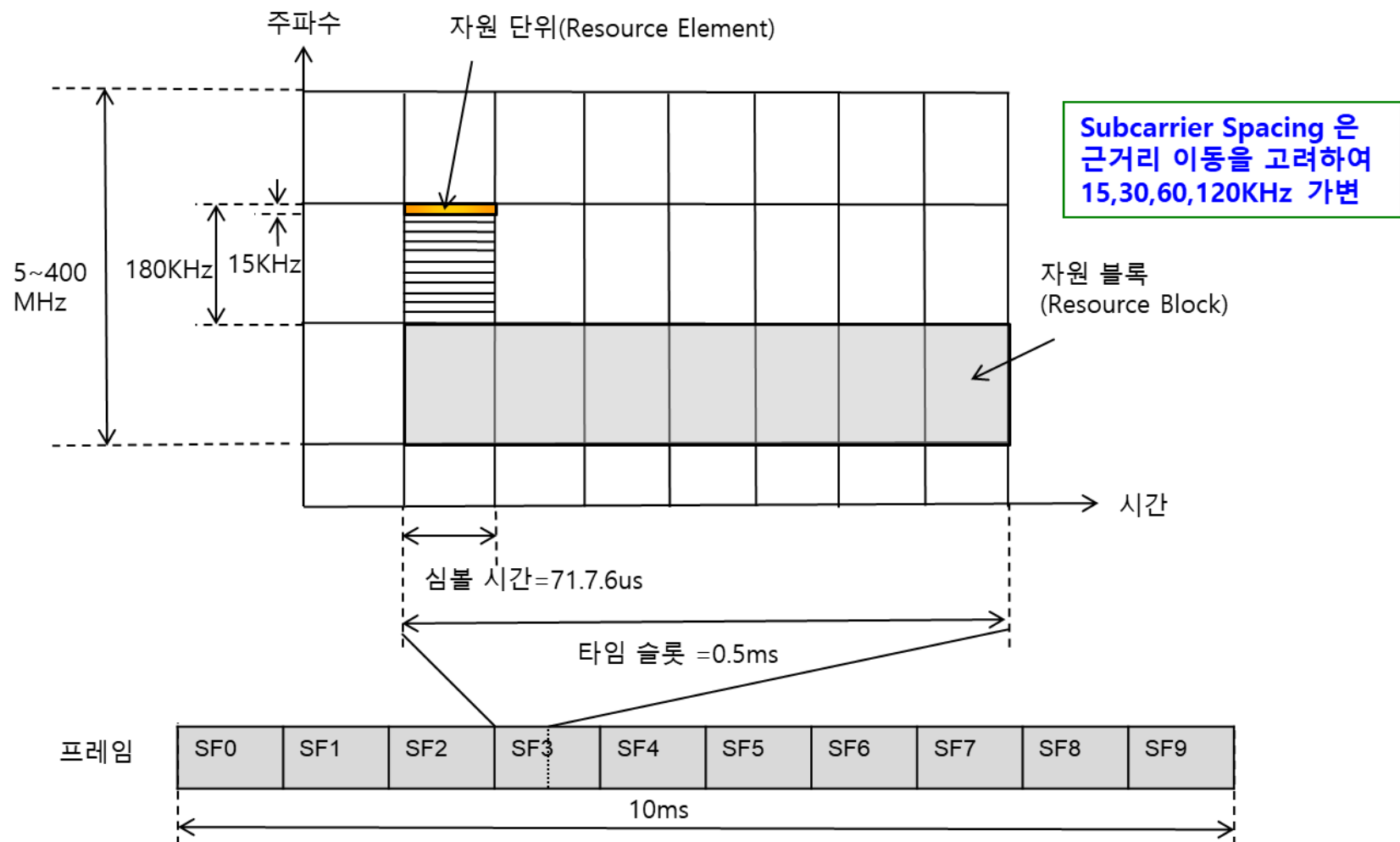
- PC5 무선 인터페이스는 RLC/RRC, MAC, PHY 기능이 해당



NAS : Non Access Stratum
 SDAP : Service Data Adaptation Protocol
 PDPC : Packet Data Convergence Protocol
 RLC : Radio Link Control
 RRL : Radio Resource Control

3GPP C-V2X 통신기술

프레임 구조



3GPP C-V2X 통신기술

C-V2X 규격 특징

● 5G NR 통신기술의 특징

- . 다중접속 : OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)
- . 신호 파형: SC-OFDM(Single Carrier OFDM)
- . 채널 코딩: LDPC
- . MIMO Technology
- . 고속 이동환경을 고려한 프레임 구조 : 채널 추정을 위한 Reference 신호를 추가
- . Flexible 프레임 구조

주파수



• IEEE 802.11p 는 시분할 방식이고 LTE V2X 는 시간 /주파수 분할 방식이므로 자원 효율은 증가하지만 심볼 동기 및 전력 제어가 필요

국내 V2X 통신 표준

TTA PG905 TOR

● ITS/차량/철도 ICT 기술 분야 표준화

- 차량 및 도로 통신 기술
- 철도 통신/스마트플랫폼/서비스/자동운행 기술
- 자율/협력주행 통신 기술
- ITS/차량 및 철도 ICT 응용 및 융합 서비스 기술

● 표준화 협력

- 국제(공식)표준화기구 : ITU-R SG5, ITU-T SG16, ISO TC204, APT AWG
- 국제(사실)표준화기구 : IEEE 802.11, 3GPP SA1/SA6, UIC, oneM2M RDM
- 국내표준화기구 : 한국지능형교통체계협회, 자율주행차포럼, 스마트철도표준화포럼, 공공안전통신망 포럼

국내 V2X 통신 표준

차량통신시스템 표준

- **차량통신시스템 표준 : C-ITS 서비스를 제공하는 WAVE/LTE-V2X 지원**
 - TTAS.KO-06.0175/R2 : 차량통신시스템 Satge1: 요구사항
 - TTAS.KO-06.0193/R2 : 차량통신시스템 Satge2: 아키텍처
 - TTAS.KO-06.0216/R1 : 차량통신시스템 Satge3: PHY/MAC
 - TTAS.KO-06.0479/R1 : 차량통신시스템 Satge3: PHY/MAC(LTE-V2X)
 - TTAS.KO-06.0234/R1 : 차량통신시스템 Satge3: Networking
 - TTAS.KO-06.0242/R1 : 차량통신시스템 Satge3: 응용 프로토콜 인터페이스
 - TTAS.KO-06.0344: 차량안전유도를 위한 차내 전자 표지 시스템 Stage1: 요구사항
 - TTAS.KO-06.0344-Part2: 차량안전유도를 위한 차내 전자 표지 시스템 Stage2: 데이터 교환
 - TTAS.KO-06.0506: 교차로 안전 서비스 통신 프로토콜

국내 V2X 통신 표준

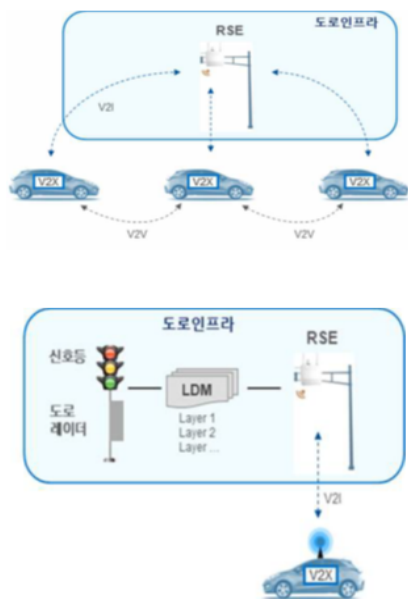
자율협력통신시스템 표준

- **자율협력통신시스템 표준 : High Data/Low Latency 고려**
 - TTAS.KO-06.0487 : 협력자율주행을 위한 통신시스템 Satge1: 요구사항
 - TTAS.KO-06.0505 : 협력자율주행을 위한 통신시스템 Satge2: 아키텍처
 - TTAS.KO-06.xxxx : 차량통신시스템 Satge3: PHY/MAC 계층(SD-TDMA) - 2020년 목표
 - TTAS.KO-06.xxxx : 차량통신시스템 Satge3: PHY/MAC 계층(CB-TDMA) - 2020년 목표
 - TTAS.KO-06.0379 : 협력주행환경에서 합류 및 이탈을 위한 메시지 종류 및 절차

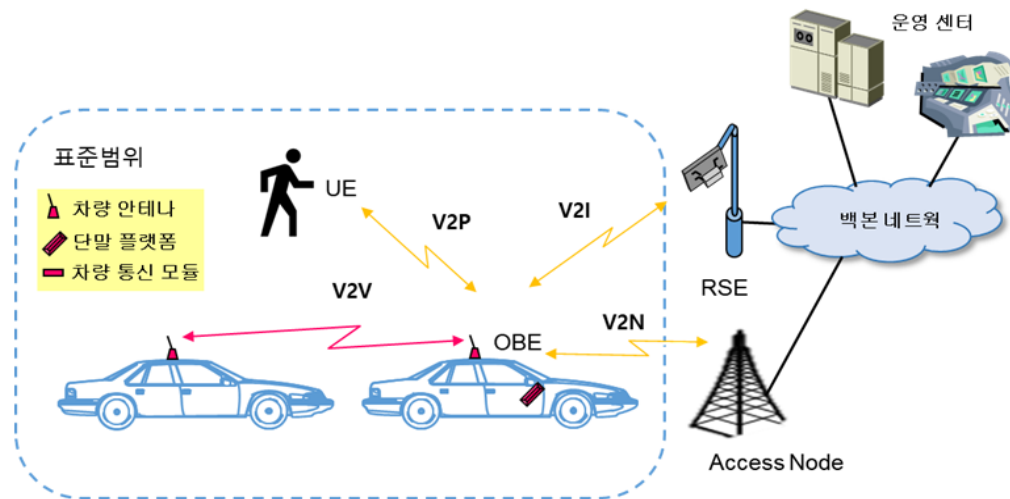
국내 V2X 통신 표준

자율협력주행 서비스 및 시스템 구조

- 자율협력주행 서비스 : 군집 주행, LDM 기반 교차로 안전정보 제공 등 7가지
- 통신시스템 구조 : V2V, V2N, V2P 를 지원하며 KS X ISO 21217:2014 지능형 교통 시스템 준용



자율협력주행 서비스 시나리오

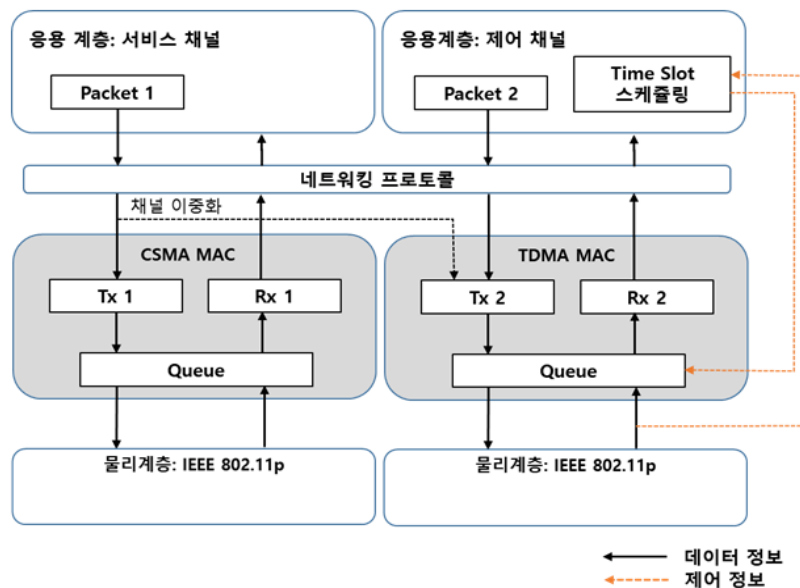


자율협력주행 통신시스템 구조

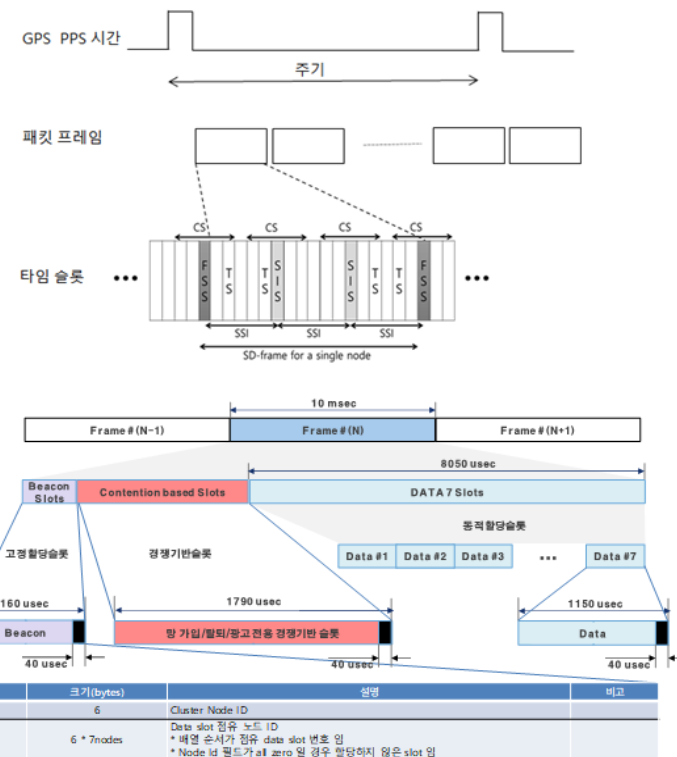
국내 V2X 통신 표준

CSMA/CA 와 TDMA 기반 시스템 구조

- IEEE 802.11-2016과 호환을 고려한 CSMA-CA, TDMA 시스템 구조
- SD-TDMA, CB-TDMA 통신기술표준 개발



CSMA/CA-TDMA 시스템 구조



SD-TDMA, CB-TDMA 방식

현황 및 이슈

ITU-R 국제 주파수 조화

- ITU_R WP5A에서는 WRC-19 Agenda Item 12(ITS 주파수 조화 연구) 추진

*To consider **possible global or regional harmonized frequency bands** to the maximum extent possible for the implementation of evolving Intelligent Transport System(ITS) under existing mobile service applications, in accordance with Resolution 237(WRC-15)*

- WP5A ITS SWG에서는 V2X 통신 주파수 관련 권고 및 보고서 개발
 - CPM Text : 전파 규약 제정에 관한 방법
 - 주파수 대역 권고(ITS_FRQ) : 글로벌/지역별 ITS 주파수 대역 권고
 - ITS 서비스 목적 및 가이드 라인 권고(M.1890) 문서
 - ITS 응용 서비스를 위한 V2X 통신 기술 권고(M.2084) 문서
 - ITU 국가들의 ITS 이용 현황 보고서 문서
 - ITS Mobile Handbook 문서

현황 및 이슈

국가별 주파수 대역 및 통신 기술

- 미국/유럽/한국 등은 IEEE 802.11p 기반의 WAVE, ITS G5, ITS Connect 기술
- 중국은 LTE V2X 통신기술을 채택

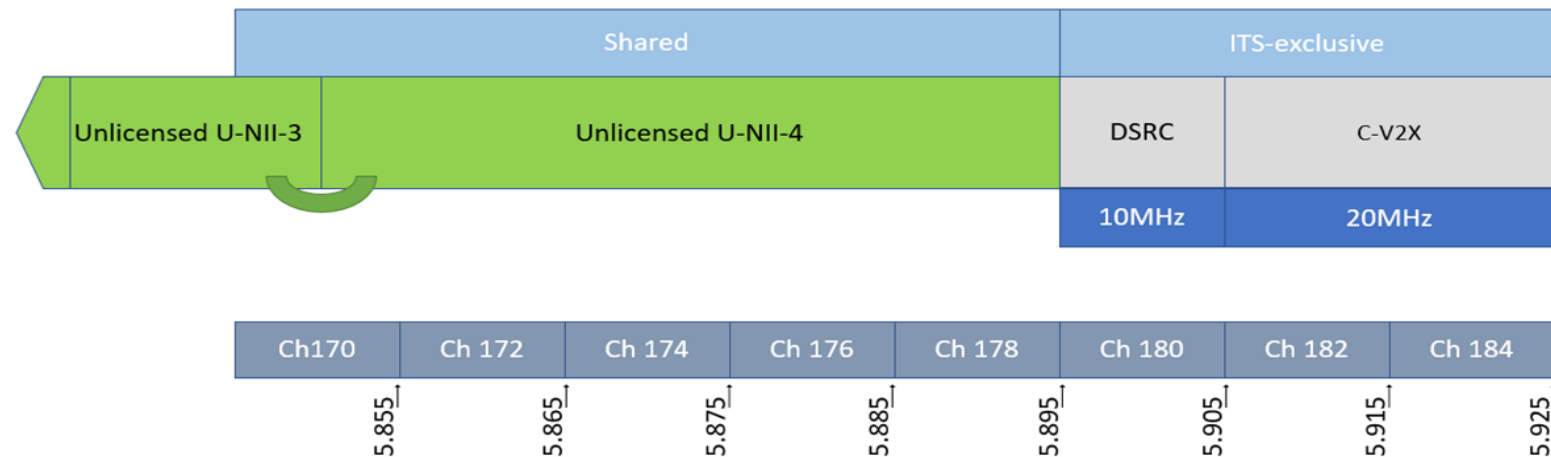
Item	WAVE (미국)	ITS G5 (유럽)	ITS Connect (일본)	LTE V2X (중국)	WAVE (한국)
Frequency Band(GHz)	5.855~5.925GHz(7CH)	5.855~5.925GHz(7CH)	700MHz(1CH)	5.905~5.925GHz(2CH)	5.855~5.925GHz(7CH)
Channel Bandwidth	10MHz, (20MHz)	10MHz	10MHz	10MHz, 20MHz	10MHz
Modulation Type	OFDM (BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM)	OFDM (BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM)	OFDM (BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM)	OFDM (QPSK, 16QAM)	OFDM (BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM)
MAC	CSMA/CA	CSMA/CA (Time Slot based)	CSMA/CA (Time Slot based)	Distributed or Centralized Scheduling	CSMA/CA (Time Slot based)
Data Rate	3,4,5,6,9,12, 18, 24,27	3,4,5,6,9,12, 18,24,27	3,4,5,6,9,12, 18	1.3, 15.8	3,4,5,6,9,12, 18,24, 27

현황 및 이슈

미국 FCC NPRM

■ FCC NPRM Proposal 19-138

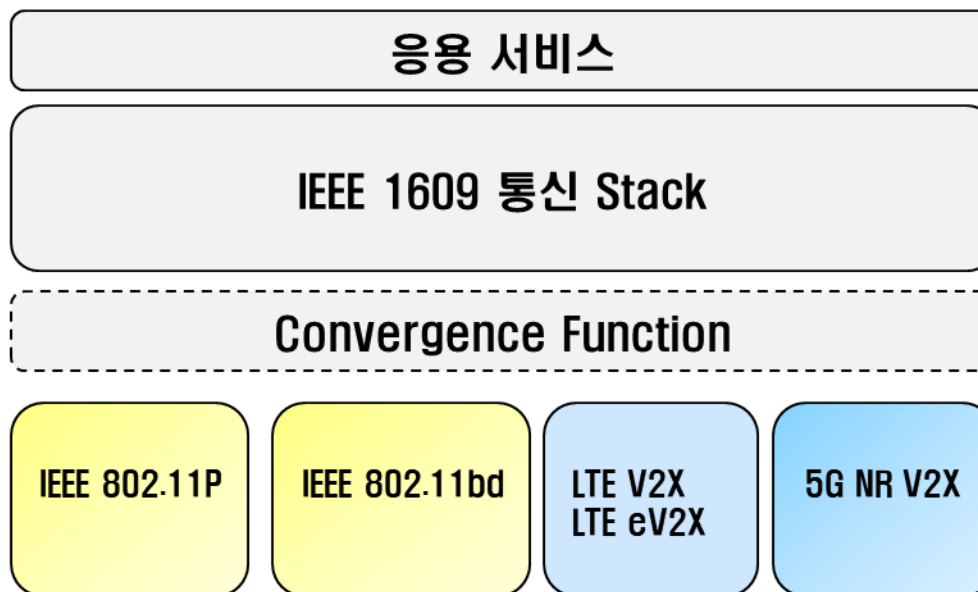
- Shrinks ITS-exclusive spectrum from 70MHz to 30MHz
- Allocate 20MHz for C-V2X and potentially 10MHz for DSRC
- New U-NII-4 has license-exempt rules. ITS users share this spectrum under license-exempt rules with other users.



현황 및 이슈

Radio Access Convergence

- IEEE : IEEE 802.11P + IEEE 1609 Stack, IEEE 802.11bd NGV
- 3GPP : LTE V2X, LTE eV2X, 5G NR V2X

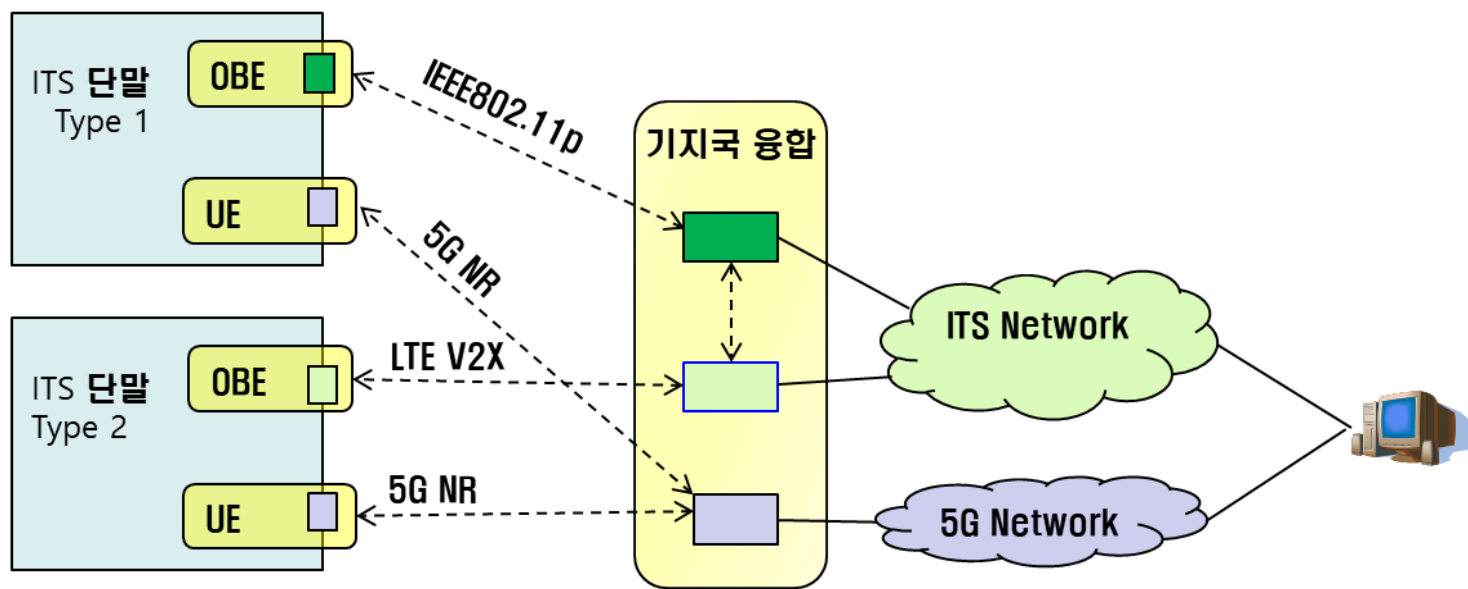


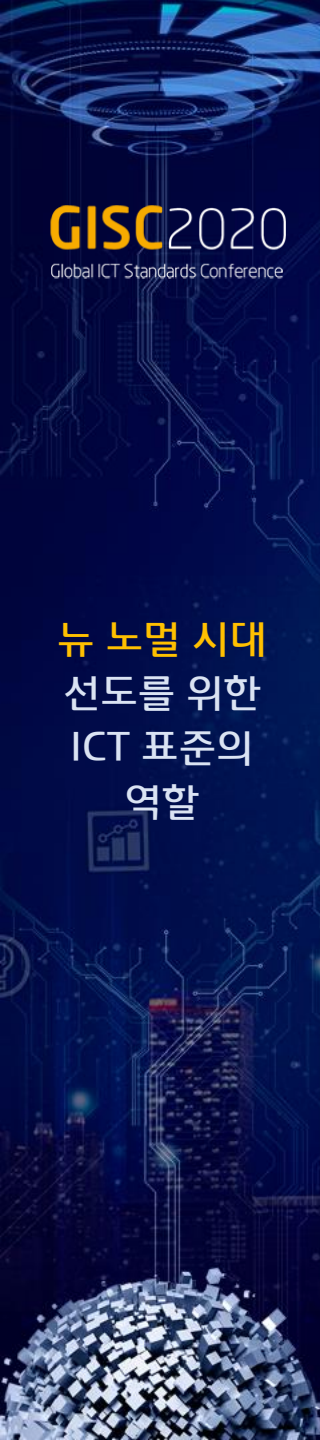
현황 및 이슈

망 연동 기술

● C-ITS 통신망과 5G 셀룰러 망 연동 지원

- C-ITS 통신망은 IEEE 802.11p, LTE V2X Access 망이 공존
- ITS 단말은 OBE 기능과 UE 기능을 모두 내장
- 5G 망 연동을 통하여 전송속도 및 QoS 향상, Mobility 서비스 제공





GISC2020
Global ICT Standards Conference

뉴 노멀 시대
선도를 위한
ICT 표준의
역할

감사합니다

