

비면허 대역 규제 간소화를 위한 체계 개편 연구

2018. 12.



국립전파연구원

National Radio Research Agency

제 출 문

본 보고서를 「비면허 대역 규제 간소화를 위한 체계 개편에 관한 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2018. 12. 31.

연구책임자 : 최영오(기술기준과 자율주행기준담당)

연구원 : 성주영(기술기준과 자율주행기준담당)

윤기창(기술기준과 자율주행기준담당)

안상기(기술기준과 자율주행기준담당)

요 약 문

이 연구는 4차 산업 혁명의 핵심 기술로 각광받는 자율 주행차의 전파 기술 및 핵심 이슈를 분석하였다.

이를 위해 제1장에서는 이 연구의 배경 및 핵심 이슈를 소개하였고, 제2장 제1~2절에서는 차량충돌방지레이다 등 자율 주행차의 핵심 정보 획득 수단인 전파센서에 대해 살펴보았다. 또한 제3~4절을 통해 국내를 비롯한 해외의 C-ITS 주파수 정책 동향 및 기술기준을 조사하고, 제5절에서는 5.9GHz 대역에서 IEEE802.11p 및 C-V2X 등 다양한 지능형 교통 시스템(C-ITS) 기술이 적용 될 경우, 동일 주파수 대역 사용 시 발생 가능한 상호간섭 문제를 해결 할 수 있는 방안과 최적의 주파수 자원 분배방안을 제시하였다. 제6절에서는 향후 검토 가능한 C-ITS 후보 주파수 대역을 제시하였다.

또한 다양한 무선전력전송 기기의 출시에 따른 국내 관련 산업 활성화를 위해 제3장 제1절에서는 국내 관계법령인 전파법 및 전파응용설비 등의 현 법령체계를 살펴보고, 제2절에서는 모호하게 해석될 여지가 있는 국내 ISM 대역의 적용 규정 및 미국, 유럽 등에 비해 상대적으로 높게 규정되어 있는 전계강도 허용치의 개선안을 제시하고, 제5장에서 이 연구의 결론을 제시하였다.

이 연구를 통해, 신기술 개발 및 국내 도입 시 기존 규제와의 공존 또는 개선을 유도할 것으로 보이며, 이를 통해 단순한 규제완화 차원을 넘어 신기술의 적기도입을 정책적으로 유도하는 효과가 있을 것으로 기대된다.

목 차

제1장 서론	1
제1절 연구의 배경	1
제2절 연구의 범위	2
제2장 자율주행 관련 전파기술	3
제1절 개요	3
제2절 자율주행차 센서 및 통신시스템	6
제3절 자율주행 관련 국내 기술기준	10
제4절 차량통신 주요 표준	16
제5절 자율주행 관련 해외 주파수 정책 동향	25
제6절 5.9GHz 대 기술별 공존 및 채널 할당방안	33
제7절 C-ITS 후보 주파수 대역 검토	50
제3장 무선전력전송 기술기준 검토	54
제1절 현행체계 문제점	54
제2절 기술기준 개정방향	59
제4장 결론	64
참고문헌	66

표 목 차

[표 1] 자율주행차 구성 기술요소	4
[표 2] 자율주행 기술단계별 자동화 수준	5
[표 3] 주요 레이더 센서 및 특징	6
[표 4] 자율주행차 차량 통신 시스템 비교	9
[표 5] 간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준	13
[표 6] 용도별 주파수 사용 및 분배현황	14
[표 7] 자율주행차 관련 주파수 및 기술기준	14
[표 8] IEEE 802.11 기술간 비교	16
[표 9] WAVE 프로토콜별 참조 표준	17
[표 10] IEEE802.11p 전송율(MODCOD)	18
[표 11] 표준별 C-V2X 성능 요구사항	19
[표 12] IEEE802.11p VS. C-V2X 기술 특징	23
[표 13] ITS 관련 주파수 현황(V2V, V2I 등)	29
[표 14] ITS 관련 주파수 현황(Electronic Toll Collection 등)	30
[표 15] 자율주행 관련 ITU-R 연구보고서 등	31
[표 16] C-ITS 시범사업 시스템 구성	34
[표 17] IEEE 802.11p 기술의 요구 대역폭 산출	36
[표 18] C-V2X(LTE) 기술의 요구 대역폭 산출	37
[표 19] 전파법 제 5조 및 6조	39
[표 20] 5.9GHz 대 채널 사용계획	47
[표 21] ITU-R region 별 C-ITS 주파수 대역	50
[표 22] 일본 ITS(700MHz) 시스템 주요 파라미터>	51

[표 23] 해외 국가/단체의 무선전력전송 정의	54
[표 24] 전파응용설비 관계법령	55
[표 25] 방송통신기자재 등의 적합성평가에 관한 고시	57
[표 26] 전파규칙 1.15. ISM 정의	59
[표 27] 주파수별 전파응용설비 전계강도 허용값	60
[표 28] 미국 전파응용설비 전계강도 허용값	60
[표 29] 유럽 전파응용설비 전계강도 허용값	61
[표 30] 전파응용설비 기술기준 개정안	62

그 립 목 차

[그림 1] 자율주행 자동차 개념	3
[그림 2] 자율주행차 주요 센서	8
[그림 3] 자율주행차 관련 주파수 및 기술기준 현황	10
[그림 4] 차량충돌방지레이다 주요 특징	11
[그림 5] 도로정보감지레이다 개요	12
[그림 6] 지능형교통시스템 개요	12
[그림 7] WAVE 계층별 참조 표준	17
[그림 8] PHY 패킷 프레임 구조	18
[그림 9] C-V2X 참조구조 모델	20
[그림 10] DMRS 구조 등	21
[그림 11] PSSCH/ PSSCH 구조	22
[그림 12] C-V2X 표준화 일정	22
[그림 13] LTE-V2X 및 IEEE 802.11p 간 신호 BER 특성	24
[그림 14] 미국의 5.9GHz 대 ITS 주파수 사용계획	26
[그림 15] 유럽 5.9 GHz 대 주파수 사용계획	27
[그림 16] 미국, 유럽의 5.9GHz ITS 채널 사용계획	27
[그림 17] C-ITS 시범사업 시스템 구성	33
[그림 18] 국내 C-ITS 사업화 현황 및 계획	35
[그림 19] 5.9 GHz 대 이중 기술간 주파수 공유방안(ETSI)	41
[그림 20] 기술별 5.9GHz 대 채널사용계획(5G 포럼)	42
[그림 21] 예약메세지 송출 기법	43
[그림 22] LTE-V2X 채널 예약전 IEEE 802.11p 헤더 삽입	44
[그림 23] 예약메세지 송출+헤더 삽입 개념	44
[그림 24] 자원 분배 및 IEEE802.11p의 에너지 신호 예시	45

[그림 25] 5GAA의 5.9GHz 대 ITS 주파수 배치안	46
[그림 26] 주파수 분배방안 1-동등분배	48
[그림 27] 주파수 분배방안 2-차등분배	49
[그림 28] 주파수 분배방안 3-전체대역 공유	49
[그림 29] 일본의 700MHz ITS 시스템 개요	51
[그림 30] 국내 700MHz 대 주파수 분배 현황	52
[그림 31] 국내 무선전력전송 관련 법령체계	58
[그림 32] 한국, 미국, 유럽의 주파수별 전계강도 허용치	61

제1장 서론

제1절 연구의 배경

전파기술의 발달은 IT 기반 기술간 융합을 넘어서서, 자율주행차, 드론 등과 같이 차량 및 교통 등 분야 간 융합을 가능하게 한다. 특히 자율주행차는 사고감소에 따른 인적/물적 피해 감소, 교통 효율성 증가에 따른 사회적 비용 최소화 등과 같은 다양한 장점이 있어, 우리나라를 비롯한 주요 선진국에서는 자율주행 차량 분야를 4차 산업혁명 기술의 핵심 기술로 선정하고, 각종 실증 사업을 추진해 오고 있다.

자율주행차가 본격적으로 운행되기 위해서는 차량이 주행하면서 단순한 다양한 교통정보 수집을 넘어서서 차량 간(V2V), 차량과 인프라(V2I), 차량과 보행자(V2P), 차량과 인프라(V2I) 및 차량과 네트워크(V2N)간의 끊임없는 통신을 통해 양방향 서비스 구현이 필수적이다. 이러한 각종 통신은 대부분 전파 이용을 기반으로 이루어지고 있으며, 이러한 서비스를 제공하기 위해 IEEE802.11p와 C-V2X와 같은 차량통신기술들이 개발되었다. 이에 따라 자동차, 도로, 사람, 교통시스템 등 다양한 교통 요소가 결합된 자율주행차는 새로운 전파 이용환경 및 서비스를 구현할 것으로 보인다.

이에 따라 우리나라에서도 차량충돌방지레이다, 도로정보감지레이다, 지능형 차량통신시스템 등으로 각각 24GHz/76-77GHz, 34GHz 및 5.9GHz 대역을 분배하여 첨단 자율주행 산업을 지원하고 있다.

특히 과학기술정보통신부는 차량이 주행 중 다른 차량 또는 도로시설과 실시간 통신을 통해 사고, 장애물, 위험요소를 공유하여 사고를 방지하는 시스템은 지능형차량통신시스템(C-ITS: Cooperative Intelligent Transport System) 용으로 5855-5925MHz 대역을 분배하였다. 이에 따라 부산-울산 고속도로 및 여주 스마트 하이웨이 체험도로('09.12~'13.6), 서울-수원 스마트하이웨이 10km구간('14.5월~), 대전-세종 88Km 구간('15.9월~), 화성 현대차 남양연구소-비봉영업소 14km구간('17.8월~) 등에 IEEE802.11p 기반의 다양한 C-ITS 기술검증 및 실증사업이 추진되고 있다. 그러나 '17년부터 신규 ITS 기술로 C-V2X(표준화, '17.6.9 3GPP Rel 14)가 출현하면서, 완성차, 칩 제조사, 통신사 등이 5GAA를 결성하여 이동통신 기술(C-V2X) ITS 시스템에 적용을 추진 중

에 있다.

이 C-V2X 기술은 기존 IEEE802.11p에 비해 신호 전달 특성 및 오류에 강인하여 보다 우수한 성능을 가진다는 장점이 있으나 기존 IEEE802.11p 기반으로 설치된 각종 인프라 장비 및 단말과 호환이 되지 않아, 동일 주파수 대역을 이용할 경우 신호 간 간섭 문제가 발생할 수 있다. 또한 IEEE802.11p 기술은 '09년 개발된 이후 현재까지 지속적인 기술검증을 거쳐 안정된 기술이나, C-V2X는 LTE 기반의 칩셋이 시장에 막 출시된 상황으로 각종 상황에 따른 신호 전달특성 및 단말 성능이 검증이 되지 않아, 새로운 기술도입 및 기존기술 변경에 매우 신중하게 고려되어야 한다.

제2절 연구의 범위

국내 C-ITS 기술기준이 명시된 '간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준'에서는 C-ITS 채널 배치 및 주파수 대역, 출력 등만 명시되어 있어 사실상 다양한 기술의 ITS 이용이 가능한 기술 중립성 개념을 포함한다. 그러나 동일 주파수 대역에서의 서로 다른 기술의 사용은 자율주행차에서 필수적인 통신 신뢰성을 크게 해치며, 또한 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용할 수 없는 문제점이 생긴다.

이에 따라 국내외 전파관리청에서는 특정 주파수를 특정 기술에 분배(또는 분배하지 않거나)하거나, 공존기술을 활용한 주파수 공동사용 기법 등을 이용해 주파수 효율성을 높이는 방안 등을 고려 중이다.

따라서 이 연구는 자율주행차를 구성하는 다양한 전파기술을 스펙트럼 관리 차원에서 살펴보고, 분배된 주파수 대역폭 및 기술기준의 타당성을 분석하였다.

이를 위해 2장에서는 전파기술 기반의 자율주행차 기술을 살펴보고, 3장에서는 IEEE802.11p 및 C-V2X 기술간 비교를 통해 실제 필요 대역폭을 산출하고 여기에 기반한 기술별 채널 할당방안과 공존방안을 제시하였다. 이를 위해, ITU, 미국, 유럽 등 해외 사례를 조사하였으며, 기술 분석을 위해 IEEE802.11p 및 3GPP 표준을 분석하였다. 제4장에서는 무선전력전송 시 적용이 되는 '전파응용설비 기술기준' 개정안에 대하여 기술하고, 제5장에서 이 연구의 결론을 제시하였다.

제2장 자율주행 관련 전파기술

제1절 개요

1) 자율주행차 개념

우리나라는 자율주행차(Autonomous driving car)를 자동차관리법제2조제1의 3호에 따라 ‘승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차’로 정의하고 있으며, 미 캘리포니아 주에서는 자율주행차를 ‘인간의 능동적·물리적 감독 없이 자동차를 운행할 수 있는 기술(자율주행기술)’이 장착된 자동차로 정의한다. 이러한 개념은 ‘스스로 운행하는 기술’을 기반으로 ‘운전자의 조작이 없는 환경’이 자율주행차의 핵심개념으로 고려되나, 이전까지 혼용하여 사용하여 왔던 무인주행자동차(Unmanned Ground Vehicle)와 개념의 혼선이 있을 수 있다. 무인주행차는 위험상황 임무수행을 위해 사람 탑승이 없고, 탑승자 편의/안전을 고려하지 않기 때문에 탑승자를 원하는 목적까지 안전하게 수송할 수 있다는 개념을 포함하지 않는다.



[그림 1] 자율주행 자동차 개념

자율주행차가 운전자의 지각, 판단, 조작 등을 필요하지 않음에 따라 이는 곧 각각에 해당하는 기술을 기반으로 각종 정보를 획득/판단을 필수적으로 수반한다. 따라서 자율주행차는 (표 1)과 같이 크게 환경인식 센서, 위치인식

및 맵핑, 주행 여부 판단(데이터 처리), 제어 및 HCI 등 5개 기술요소로 구성되는데, 주변상황을 인식하는 센서는 레이더, 초음파 등과 같이 대부분 전파를 이용하는 것이 특징이다.

[표 1] 자율주행차 구성 기술요소

주요기술	세부내용
환경인식 센서	<ul style="list-style-type: none"> • 자동차에 장착된 다양한 환경 인식 센서 또는 외부와의 송수신이 가능한 단말기를 활용하여 내부 및 외부 상황 인식 • 레이더, 라이다, 카메라, 초음파, 적외선 센서 등
위치인식 및 맵핑	<ul style="list-style-type: none"> • 위성 및 전파 등을 통해 자동차의 절대, 상대적 위치 추정
판단	<ul style="list-style-type: none"> • 목적지 이동, 장애물 회피 경로 계획 • 주행 상황별(차선변경, 좌우회전, 추월 등) 행동을 스스로 판단
제어	<ul style="list-style-type: none"> • 지정 경로대로 주행하기 위해 조향, 기어 등 액추에이터 제어
HCI(Human Computer Interaction)	<ul style="list-style-type: none"> • HVI(Human Vehicle Interface)를 통해 운전자에게 경고/정보제공 • V2X통신을 통해 인프라 및 주변차량과 주행정보 교환

더구나, 과거 단편적인 정보에 기반한 제한적 자율주행에 국한된 반면, 최근에는 차량과 차량(Vehicle to Vehicle, V2V), 차량과 인프라(Vehicle to Infrastructure, V2I), 차량과 보행자(Vehicle to Pedestrian, V2P) 및 차량과 네트워크(Vehicle to Network, V2N) 등과 같이 교통의 핵심 주체와 상호 통신이 가능해지면서 더 안전하고 효율적인 자율 운행이 가능하게 되었다. 특히 전파를 활용한 센싱 정보 획득에서부터, 상호 정보교환을 위한 통신이 자율주행차의 필수요소로 대두되면서 전파관리의 중요성이 필수적으로 수반된다고 할 수 있다.

2) 자율주행차 기술단계 분류

자율주행차는 운전자의 발(가감속), 손(조향), 눈(전방주시)의 사용유무 등 차량의 자동화 수준 등 기술수준 및 운전자의 자유도에 따라 (표 2)와 같이 미국 교통안전국(NHTSA)이 정의한 5단계(0~4단계) 분류 체계를 준용하는 것이

일반적이다. 해당 체계는 ISO 표준에 그대로 반영되어 있어 대다수의 국가에서 기술 수준을 평가할 때 활용된다. 최근 출시되는 자동차에는 차량충돌방지 레이다 및 비전센서를 이용한 차선인식 등 기초적인 정보를 바탕으로 제한적인 자율주행 기능(레벨2)이 탑재되고 있으며, 우리나라는 자율주행차를 4차 산업혁명을 선도하는 아이템 중 하나로 선정하고 국토교통부, 산업통상자원부, 과학기술정보통신부 등을 중심으로 '20년까지 제3단계 자율주행 개발을 목표로 과제를 추진하고 있다.

3단계 자율주행은 가속, 주행, 제동 모두 자동차가 스스로 제어하는 시스템으로 운전자는 긴급상황 시에만 운전에 참여하거나, 운전 시작 전 자율주행 여부를 결정하는 단계에서만 참여한다. 대표적으로 교통 혼잡시 자동차 스스로 저속주행을 하거나 운전자 조작 없이 고속도로 주행 또는 차선변경이 가능하다[1].

[표 2] 자율주행 기술단계별 자동화 수준

구분		사용 유무		
		발(가감속)	손(조향)	눈(전방주시)
레벨 0	주변상황 인지 기능을 기반으로 운전자의 안전을 지원하기 위한 경고와 정보제공 기능은 있으나, 차량을 제어하지는 않음	O	O	O
레벨 1	제한적인 자동화 기능을 가지고 있어 조향 또는 가감속 속도 중 하나를 자동으로 제어해 주는 시스템(운전자 모니터링)	X	O	O
레벨 2	운전자의 조작 없이 자율적으로 주행하고, 조향제어와 가감속 속도제어를 동시에 자동으로 수행(운전자 모니터링)	X	X	O
레벨 3	운전자가 운전행동에서 단시간동안 자유로울 수 있는(Eye-Off) 시스템(운전자 모니터링)	X	X	△
레벨 4	완전 자율주행 단계로, 주행 중 일부 또는 전체 구간에서 운전자의 모니터링 또는 개입을 필요로 하지 않는 시스템	X	X	X

제2절 자율주행차 센서 및 통신시스템

1) 센싱(Sensing) 시스템

가. 레이더(Radio Detection And Ranging, RADAR)

물체에 전자기파를 발사하고 반사되는 신호를 분석하여 거리, 고도, 방향, 속도 등의 정보를 획득하는 장치로 전파 특성상 장거리 탐지가 가능하며, 날씨 무관하게 높은 신뢰성을 보인다. 따라서 전후방 충돌 방지, 차선 이탈 방지, 사각지대 감지, 차간 거리 조절, 주차 지원 서비스 등에 이용되고 있으며, 우리나라에서도 전후방 충돌방지 및 자동주차 등의 목적으로 주파수를 분배하고 기술기준에 출력 등을 규정하고 있다.

레이더는 가장 대표적인 전파 센서의 일종으로 가격이 매우 저렴하기 때문에 (표 3)과 같이 적응형 순항센서, 후측방 경보, 차선변경보조, 사각지대탐지, 긴급제동 등과 같이 다양한 기능으로 구현된다.

[표 3] 주요 레이더 센서 및 특징

항목	주요내용
적응형 순항제어 (Adaptive Cruise Control, ACC)	레이더 센서를 통해 전방차량과의 거리를 탐지하여 일정 간격 유지 및 차량 제동(감속/정지/출발)
후측방 경보 (Rear Cross Traffic Alert, RCTA)	레이더 센서를 통해 차량 후진 시 후방 물체를 탐지하여 운전자에게 경보로 알려주는 기능
차선변경보조 (Lane Change Assistant, LCA)	주행 중 인접 차선으로 변경 시, 변경 차선에서 주행 중인 물체를 탐지하여 운전자에게 알려주는 기능
사각지대탐지 (Blind Spot Detection, BSD)	사각지대(후측방 등) 내 물체 탐지 시 운전자에게 알려주는 기능
자율긴급제동 (Autonomous Emergency Braking, AEB)	전방에 있는 물체의 위치와 속도를 지속적으로 탐지하여, 충돌 상황 발생 시 운전자에게 경고 및 필요시 긴급제동

나. 라이더(Light Detection And Ranging, LiDAR)

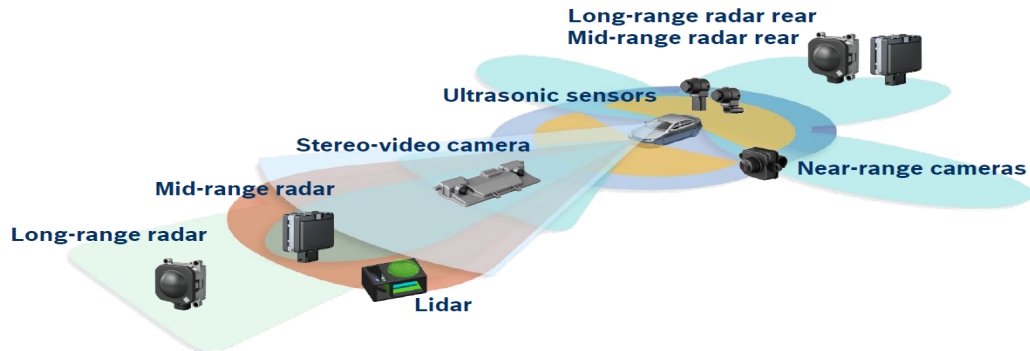
레이저를 사용하여 물체에 반사되어 돌아오는 레이저 빔(빛)의 시간을 측정하여 거리 정보를 획득하는 센서로, 레이저의 직진성으로 장거리까지 정밀하게 물체 관측 및 거리 측정이 가능하며 물체의 3차원적 형상 인식이 가능하다. 그러나 정확한 센싱 정보를 주는 반면에 매우 고가이며, 날씨에 민감하다는 단점이 있기 때문에, 레이더와 상호보완적으로 차량에 탑재되고 있다. 라이더는 빛을 이용하기 때문에 그 주파수 대역이 ITU등에서 규정한 일반적인 전파의 정의(3,000GHz대 이하)에 해당하지 않아, 각종 전파관련 규제 적용을 받지 않아 그 이용이 레이더에 비해 상대적으로 자유롭다.

다. 카메라(Camera)

일반적인 상황에서 대상 물체에 대한 정확한 형태 인식을 제공하므로, 차선, 주차선, 도로표지판, 신호등 판독에 이용되며, 특히 주행 시 주행차로 유지, 차선변경, 합류로 및 분기로 지원, 자동주차 서비스에 이용된다. 그러나 카메라 센서는 다른 센서 시스템에 비해 정밀도가 낮고 날씨에 민감한 단점이 있다.

라. 초음파

생명체 감지가 가능하나, 전파 도달거리가 짧아 단거리용으로 주로 이용되며, 주변 날씨 및 잡음환경에 매우 민감하므로, 타 센서에 비해 신뢰성이 낮다. 이러한 센서들은 각각의 주파수대역이 갖는 도달거리, 신호감쇠 등 전파 특성 및 가격 등이 고려되어 상호 연동하여 사용되는 것이 일반적이다[2]. 특히 레이더, 초음파와 같은 전파센서들은 다른 센서들에 비해 가격이 매우 저렴하므로 보다 보편적으로 이용된다.



[그림 2] 자율주행차 주요 센서

2) 통신 시스템

자율주행차는 앞서 얻어진 정보를 각 차량간(V2V), 차량과 인프라(V2I) 등과 통신을 통해 끊임없이 교환한다. 차량용 통신방식은 (표 4)와 같이 다수의 통신방식을 검토 할 수 있는데, 각 통신방식은 차량용으로 별도로 개발된 것은 아니며, WRAN 및 LTE 등과 같이 이미 표준화 된 기술을 차량용으로 사용할 수 있도록 수정된 것이다.

먼저 DSRC/Wifi는 가장 일반적인 무선프로토콜 스펙인 IEEE 802.11 계열에 속하며 IEEE 802.11p기반 DSRC는 차량 통신용으로 특별히 설계된 표준(대역폭 10MHz)으로, 국토교통부 및 한국도로공사 등은 이 통신방식을 기반으로 지능형 교통시스템 실증사업을 추진 중에 있다.

또한, 블루투스/ZigBee는 저전력 소모의 장점을 가지는 반면 제한된 대역폭을 가지므로 전송속도가 1Mbps에 불과하다는 단점이 있다. 특히 Zigbee는 250kbps의 낮은 속도를 가지므로, 일반적인 자율주행 환경에서 요구되는 실시간 통신을 지원하지 못할 수 있다.

[표 4] 자율주행차 차량 통신 시스템 비교

구분	DSRC	WiFi	Bluetooth	Zigbee	WiMax	LTE
주파수	5.9GHz	2.4/5.8GHz	2.4GHz	868MHz/ 915MHz/ 2.4GHz	2-6GHz	1880-2650MHz
표준	802.11p	802.11 a/b/g/h	802.15.1	802.15.4	802.16e	LTE
대역폭	10MHz	20, 40MHz	1MHz	2MHz	1.75-20MHz	20MHz
전송 속도	3-27Mbps	6-600Mbps	1-24Mbps	250kbps	상향:56Mbps 하향:128Mbps	상향:75Mbps 하향:300Mbps
변조 방식	OFDM	MIMO OFDM	FHSS, GKSF, DPSK, 8DPSK	DSSS, QPSK	OFDMA, MIMO	OFDMA, MIMO
송신 거리	< 300m	< 100m	< 100m	< 100m	< 10km	< 2km
가격	저가	저가	저가	저가	고가	고가

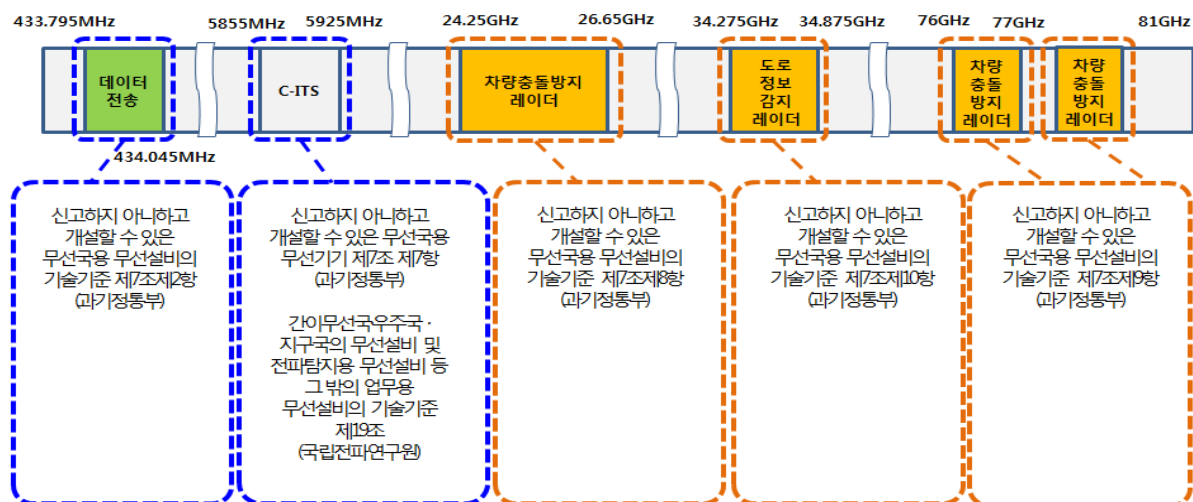
마지막으로 Wimax/LTE는 셀룰러 네트워크에 널리 채택된 기지국 기반의 장거리 전송기술로(Cellular V2X, C-V2X), 고속 모바일 환경에 Mbps 급 서비스 제공 가능하다. 특히, '17년 LTE V2X 표준(3GPP Release 14)이 확정되었는데, C-V2X는 매우 방대한 데이터 처리 및 저지연 특성 등 기존 DSRC 방식에 비해 우수하다는 장점이 있으며 IEEE802.11p와의 공존, polar coding 채택 등 다양한 기술 요구를 반영하여 5G V2X 표준을 개발 중에 있다.

제3절 자율주행 관련 국내 기술기준

1) 개요

우리나라는 자율주행차 관련 주파수 대역을 차량충돌방지레이더 및 지능형 교통시스템용 등 전파특성에 따라 주파수 분배표에 용도를 지정하여 사용하도록 규정하고 있다. 특히, 전파센싱을 목적으로 하는 경우 일정한 기술요건만 만족하면 사용허가가 필요 없는 이른바 비면허/비신고 제도를 운영하고 있으나, 다만 통신용의 경우에는 무선국 개설 허가를 사전에 득하여 사용하도록 하고 있다.

이에 따라, 각 주파수 대역의 사용목적에 따라 적용되는 기술기준은 크게 (그림 3)과 같이 ‘신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’과 ‘간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준’ 등으로 나눌 수 있다.



[그림 3] 자율주행차 관련 주파수 및 기술기준 현황

2) 자율주행차 관련 주파수 분배 및 기술기준

자율주행차가 이용하는 주파수는 차량충돌방지레이더와 같은 탐지용과 지능형 교통시스템과 같이 통신을 목적으로 하는 용도로 크게 구분될 수 있다. 우리나라 자율주행차 기술 이용을 위해 다음과 같이 전파특성에 따라 주파수와 용도를 지정하여 운용하고 있다.

가. 탐지용(센싱)

전후방·측면의 다른 차량 감지를 위한 차량충돌방지레이더가 대표적인 탐지용 센서로, 단거리 탐지용(Short range)으로 24.25~26.65GHz, 장거리 탐지용(Long Range)으로 76~77GHz 대역이 주로 이용되어 왔으나, 점차 단거리는 77~81GHz가 대체하는 추세이다. 정부에서도 24GHz 대역은 '21년까지만 사용을 유도하고, 이후 주파수를 회수할 계획이다. 우리나라도 단거리 차량충돌방지레이더용으로 77~81GHz 대역을 지난 '17년 추가로 분배한 바 있으며, 현재 관련 기술기준 제정을 논의 중이다. 특히 77~81GHz 대역은 주파수 폭이 4GHz로 매우 넓기 때문에 수cm 급의 정밀한 물체 탐지가 가능하다는 장점이 있다. 다만, 과학기술정보통신부가 발표한 '신산업생활주파수 공급계획('17.12.)'에 따르면, 79~81GHz 대역에 레벨측정레이더 용으로 추가 용도지정 계획이 있기 때문에, 교량 등과 같이 자율주행차와 레벨측정레이더 공존하는 상황에서 출력 조정 및 안테나 편파 등 공존 기술 연구가 선행적으로 필요하며, 동사향을 고려하여 77~81GHz대역의 차량충돌방지용레이더의 기술기준을 제정 중에 있다. 따라서 현재까지 차량충돌방지 레이더용 대역폭은 총 7.7GHz 정도로 차량 센싱용 주파수는 충분하게 분배된 것으로 보인다.

	구분	76~77GHz	77~81GHz
	동작범위	250m 이내	100m 이내
	해상도	75cm	7.5cm
	대역폭	1GHz	4GHz
	주요기능	전후방 충돌경보 등	주변 물체위치, 앞 차량 속도 확인, 사각지대 및 보행자 탐지 등

[그림 4] 차량충돌방지레이더 주요 특징

또한, 정부는 지난 '14년, 국토교통부의 '도로정보감지 레이더 상용화 사업' 지원의 일환으로 (그림 5)와 같이 고속도로/국도 상의 장애물, 낙하물, 결빙상태, 차량사고 상황 등을 감지하여 그 정보를 운전자에게 제공하기 위해 34GHz대(34.275 ~ 34.875GHz)의 600MHz 폭을 도로정보감지레이더용으로 주파수 분배하였다.



[그림 5] 도로정보감지레이더 개요

나. 통신용

우리나라는 5,855-5,925MHz 대역을 지능형교통시스템(C-ITS)용으로 분배('15년)하였고, 433MHz의 주파수 대역을 원격 자동주차용으로 분배하였다. 지능형교통시스템은 차량이 도로시설과 지속적인 통신을 통해, 사고, 장애물 등 위험요소를 서로 공유하여 사고를 회피하는 시스템으로 자율주행차를 지원하는 핵심 구성요소이다. (그림 6)에서 알 수 있듯이, 이 시스템을 통해 차량은 기지국(노변장치), 단말기(차량장치), 교통정보센터 등 다양한 교통 구성요소들과 통신을 하게 된다.



[그림 6] 지능형교통시스템 개요

특히 C-ITS 관련하여서는 (표 5)와 같이 전파연구원장 고시 ‘간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준’ 제19조 (지능형교통시스템용 무선설비)를 적용한다. (표 5)에서 알 수 있듯이 우리나라 지능형교통시스템 관련 기술기준은 특정 주파수(5855~5925MHz) 및 대역폭(채널당 10MHz), 출력(안테나 공급전력 100mW) 등을 만족하면 어떠한 기술이라도 사용할 수 있는 이른바 ‘기술중립성(Technology Neutrality)’ 개념이 내포되어 있다고 볼 수 있다. 따라서 원론적으로는 ITS 관련 다양한 기술이 동 주파수 대역을 이용할 수 있으며, 신규 기술의 진입 및 기술간 경쟁 유도가 가능하다. 그러나 차량통신은 기타 통신시스템에 비해 매우 높은 신뢰성을 가져야하고, 협력자율주행으로 진화하기 위해서는 미리 약속된 통신방식이 규정되어야 하므로, 다양한 기술사용으로 인한 간섭 문제 등은 사전에 미리 고려되어야 한다.

[표 5] 간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준

□ 제19조 : 지능형교통시스템용 무선설비

- 점유주파수대역폭 10 MHz 이하 일 것
- 변조방식은 디지털변조일 것
- 발사하는 전파의 중심주파수는 다음 표를 따를 것. 다만 차량 안전을 위해 5번 채널은 제어용으로만 사용할 것

채널	1	2	3	4	5	6	7
주파수 (MHz)	5860	5870	5880	5890	5900	5910	5920

- 안테나공급전력은 100mW 이하, 등가등방복사전력은 2W 이하일 것
- 주파수허용편차는 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이내일 것
- 스푸리어스 영역에서의 불요발사는 다음의 기준 값 이하일 것

주파수 범위	기준 값	분해대역폭
1 GHz 미만	-36 dBm	100 KHz
1 GHz 이상	-30 dBm	1 MHz

(표 5)에 기술된 바와 같이 기술기준 상 어떠한 기술이라도 사용이 가능하더라도, 통신용으로 무선국을 개설할 경우 일정한 사용허가를 득하여야 하는 '간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준'을 따르기 때문에, 정부에 주파수 사용신청 및 허가 절차가 필요하다. 따라서 이 C-ITS 대역은 차량충돌방지레이다와 같이 특정기술 조건만 만족하면 사용할 수 있는 비면허대역 개념이 아닌, 무선국 개설 시 허가에 관한 절차를 따르게 된다.

[표 6] 용도별 주파수 사용 및 분배현황

용도	운용 주파수	분배 현황
자동주차(원격주차)	433.975 ~ 434.045 MHz	주파수 분배표 주석 K37B
WAVE 기반 V2X(C-ITS)	5855 ~ 5925 MHz	주파수 분배표 주석 K127A
셀룰러 기반 V2X (LTE 및 5G)	0.9, 1.8, 1.9, 2.5, 2.6, 5.9 GHz 대역	5.9 GHz 대역 : C-ITS용

이 밖에도 자율주행차의 응용분야에 따라 데이터전송용, 무선데이터통신시스템용, 이동체식별용, 용도미지정 무선기기 등과 같은 주파수 대역의 사용이 가능하다. 이와 같은 주파수 대역은 '신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준'의 특정소출력무선기기로 규정되어 있으며, 이에 따라 해당 출력 등만 만족하는 경우, 별도의 신고절차 없이 사용이 가능하다.

[표 7] 자율주행차 관련 주파수 및 기술기준

용도 구분	대상기기 (예시)	사용주파수	공중선전력 /전계강도등 조건
RFID/USN	물품관리용, 항만, 부두, 컨테이너집하관리용, 교통카드, 택시미터, 기결재단말기	13.552~13.568MHz 433.67~434.17MHz 917~923.5MHz(32채널, 200kHz간격)	93.5dBμV/m ·첨두 5.6dBm(3.6mW) 10mW
UWB 및 용도 미지정 무선기기	초광대역기술(UWB)적용	3.1~4.8GHz, 7.2~10.2GHz 71~76GHz, 81~86GHz 57~64GHz(용도	평균 -41.3dBm 10mW 3W

용도 구분		대상기기 (예시)	사용주파수	공중선전력 /전계강도등 조건
			미지정 무선기기) 122-123GHz 244-246GHz	
물체감지센서용 무선기기		차량속도감지기, 자동문개폐용장치, 모션센서	10.5-10.55GHz	25mW
			24.05-24.25GHz	10mW
특 정 소 출 력 무 선 기 기	데이터 전송용	자동차타이어공기압경보장치 (TPMS: Tire Pressure Monitoring System), 차량도어개폐용원격송신기 (RKE: Remote Keyless Entry)	433.795-434.045 MHz	3mW
	무선데이터 통신 시스템용	무선키보드,마우스 블루투스헤드셋, 스피커 지그비, 와이파이, 가로등 제어용	2400-2483.5MHz, 5725-5825MHz	10mW 5mW 0.1mW 3mW
		하이패스단말기 (DSRC)	5795-5815MHz	10mW 노변장치(RSE) : Ant g: 22dBi 이동체탐제장치 : 8dBi
	지능형교통 시스템용	지능형교통시스템용(C-ITS)	5855-5925MHz	10mW/MHz 이하
	이동체 식별용	차량출입통제, 주차장 관리용	2440(2427-2453MHz) 2450(2434-2465MHz) 2455(2439-2470)	300mW
	차량충돌방 지용레이더	차량충돌방지용 신호기	24.25~26.65GHz('21 까지), 76~77GHz 77~81GHz	10mW
	도로정보감 지레이다용	도로정보감지레이다용 무선기기	34.275~34.875 GHz	8dBμV/m

제4절 차량통신 주요 표준

1) IEEE802.11p

IEEE802.11p(또는 WAVE : Wireless Access for Vehicle Environment)는 고속으로 주행하는 차량환경에서 통신서비스를 제공하기 위하여 개발된 ITS 통신기술로 무선랜 기술을 고속으로 주행하는 차량 환경에 맞게 수정된 기술이다. 따라서 (표 8)과 같이 WAVE는 무선랜의 변조방식, 부호화율 및 서브캐리어 수 등과 같이 대부분의 통신방식을 차용하고 있다. IEEE802.11p는 기존 DSRC가 제공하는 V2I(Vehicle to Infrastructure) 뿐만 아니라 V2V(Vehicle to Vehicle) 패킷메시지를 최대 1km 까지 통신이 가능하며, 메시지를 100ms 이내로 송수신이 가능하도록 한다[3][4].

IEEE802.11p는 '10년 표준화 이후 오랜 기간 검증되었고, 5GHz 대역의 WiFi 무선랜 등 다른 IEEE 기술과의 공유연구결과가 표준에 반영되어 국내 버스 WiFi 등 공공 WiFi와의 간섭문제가 없다는 점을 가장 큰 장점으로 들 수 있다.

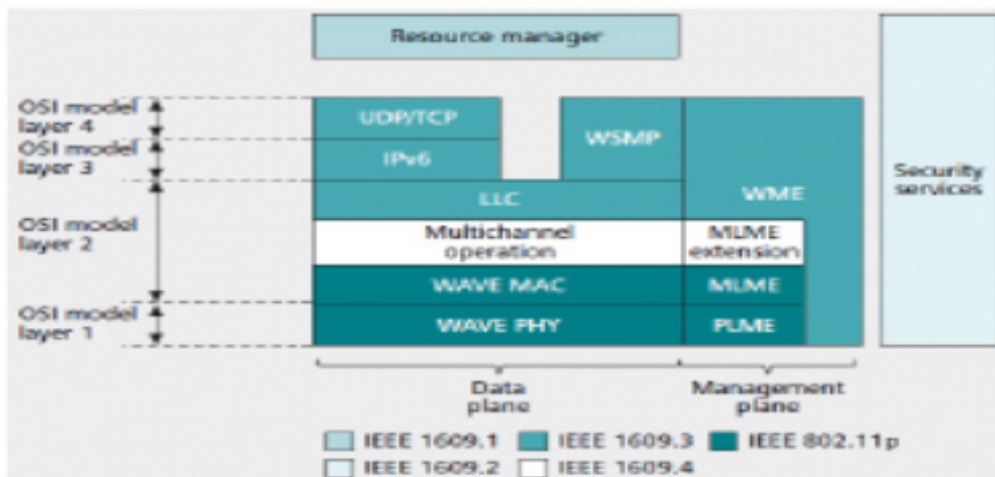
[표 8] IEEE 802.11 기술간 비교

파라미터	IEEE 802.11a	IEEE 802.11p
전송속도(Mbps)	6,8,12,18,24, 36,48,54	3,4,5,6,9,12, 18,24,27
변조방식	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	
부호화율	1/2, 2/3, 3/4	
Sub-carriers 수	52(total 64)	
Symbol duration	4 us	8 us
FFT period	3.2 us	6.4 us
Guard time	0.8 us	1.6 us
Sub-carrier spacing	312.5 KHz	156.25 KHz
Preamble duration	16 us	32 us

IEEE802.11p는 (표 9)와 같이 OSI 모델의 계층구조 및 관련 표준을 따르지만, OSI 계층 1(물리계층)에서부터 계층 4(TCP/UDP)모델까지 규정하고, 그 이상은 규정하지 않는다. (그림 7)에서와 같이, PHY와 MAC 프로토콜은 IEEE802.11p 규격을 따르고, 다채널 운용에 관한 규격은 IEEE1609.4 규정을, 네트워크(network)와 전송(transport) 규격은 IEEE1609.3 규격을 따른다. 자원 관리와 보안규격은 OSI 모델계층 구조는 없으나, WAVE 서비스를 위하여 IEEE 1609.1/1609.2 규격을 별도로 규정하여 사용한다.

[표 9] WAVE 프로토콜별 참조 표준

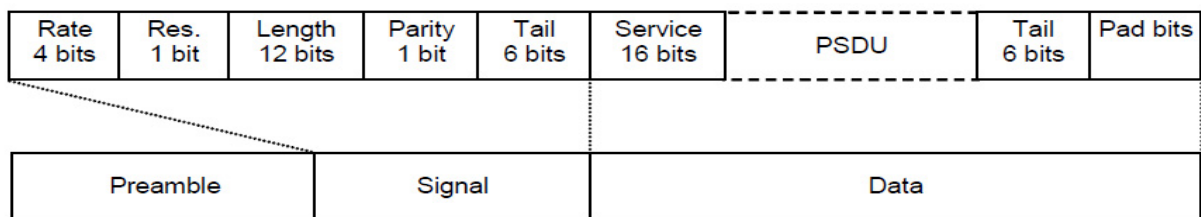
프로토콜	표준문서	목적
PHY and MAC	IEEE 802.11p	차량 간 무선접속을 통한 통신이나 차량-노변기지국과의 무선통신을 위한 물리계층 및 MAC 계층 정의
resource manager	IEEE 1609.1	어플리케이션과 주어진 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 자원을 관리하는 RM 정의
security services	IEEE 1609.2	WAVE 네트워크와 어플리케이션을 위해 MAC 상위 계층에서 보안서비스 제공
networking services	IEEE 1609.3	라우팅 기능
Multichannel operation	IEEE 1609.4	멀티채널 운용 지원 제어채널 및 서비스 채널 구분



[그림 7] WAVE 계층별 참조 표준

IEEE802.11p의 프레임 포맷은 다음 (그림 8)과 같다. (그림 8)에서 알 수 있듯이 Wifi 계열의 전송방식은 서비스 커버리지에 따른 다중반사 페이딩(Multi-path fading)을 OFDM 구조의 보호시간(guard time)으로 해결하며, 이를 위해 기존 100m 내외 서비스영역에서 동작하도록 설계된 가드타임을 1km 까지 확장된다. IEEE802.11p의 경우 가드타임을 average multi path delay spread 평균값의 4배로 산출하므로, 총 1.6us을 가드타임으로 설정한다. IEEE802.11p는 또한 이동속도를 200km/h까지 제공하므로, 이 경우 약 1kHz 내외의 도플러주파수(Doppler spectrum)가 발생하며, IEEE802.11p 표준에서는 이 문제를 Preamble과 4개의 sub-carrier를 파일럿 심볼로 전송하며, 이들로부터 산출한 정보를 통해 보상하도록 하였다.

또한 물리계층(Physical layer) 상에서 IEEE 802.11p의 총 52개의 서브캐리어 중 48개는 데이터용으로, 나머지 4개는 데이터 정보가 없는 파일럿(pilot)으로 할당되며, 각각은 10MHz 대역폭 내에서 전송된다[5].



[그림 8] PHY 패킷 프레임 구조

또한 IEEE802.11p는 (표 10)과 같이 총 8 종류의 변조방식 및 채널코딩(Channel coding)을 지원함에 따라 최대 27Mbps 등 다양한 데이터 전송속도 구현이 가능하며, BPSK 변조방식을 지원하므로 악조건의 채널 환경에도 대처할 수 있다.

[표 10] IEEE802.11p 전송율(MODCOD)

전송율 [Mbps]	변조방식	코딩율	OFDM 심볼당 데이터 비트 (Data bits per OFDM symbol)	OFDM 심볼당 코딩된 비트 (Coded bits per OFDM symbol)
3	BPSK	1/2	24	48
4,5	BPSK	3/4	36	48
6	QPSK	1/2	48	96
9	QPSK	3/4	72	96
12	16-QAM	1/2	96	192
18	16-QAM	3/4	144	192
24	64-QAM	2/3	192	288
27	64-QAM	3/4	216	288

2) Cellular-V2X(C-V2X)

가. 개요

3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 V2V, V2I, V2P, V2N 등 C-ITS 서비스의 다양성을 수용할 수 있는 유형을 정의하고 이를 지원하기 위한 셀룰러 기반의 차량사물통신을 위한 표준화를 추진 중에 있으며, (표 11)과 같은 성능 규격을 충족시키기 위해 각각 '17년과 '18년에 Release 14와 Release15를 통해 C-V2X 표준을 확정하였다. 특히, Rel. 14에서는 LTE 기반의 Uu 인터페이스 기반의 기지국 통신과 PC5 인터페이스 기반의 단말 간 통신으로 정의되었으며, 기지국 통신에 사용되는 기지국에서 단말로의 통신경로(downlink), 단말에서 기지국 통신경로(uplink), PC5기반 단말간통신 경로(Sidelink)등 통신방식을 확정하였다[6][7].

LTE-V2X는 차량 밀도가 높은 경우 낮은 대기 시간, 높은 신뢰성 및 고속과 같은 QoS 요구사항을 충족시키기 위해, D2D 사이드링크 설계를 기반으로 하는 V2V 직접통신을 지원하도록 확장된다[8]. LTE V2X는 Rel 12(D2D)기반으로 만들어 졌으나, 기지국에서 전송하는 동기신호인 SLSS(Sidelink Synchronization Signal) 및 GPS 신호를 동기신호로 사용한다. 또한 고속의 차량이동환경 및 이에 따른 송수신 시간 지연에 대한 채널 추정의 성능 보장을 위해 추가적 참조신호인 Reference Signal(RS)를 필요로 한다.

[표 11] 표준별 C-V2X 성능 요구사항

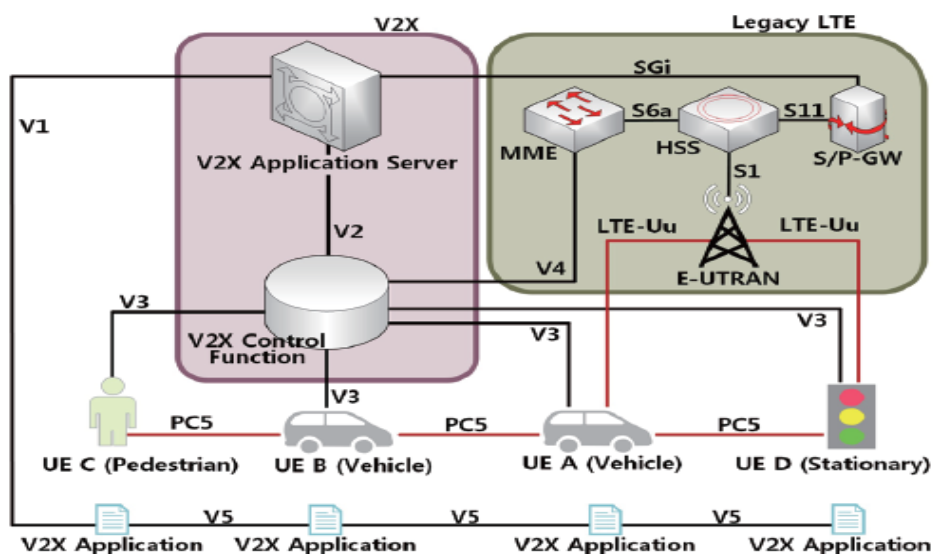
항목	Rel 14	Rel 15
처리율	100Mbps	1,000Mbps
데이터크기	400bytes	400bytes (첨단운전 시 : 12,000bytes)
커버리지	320m	1,000m
상대속도	280km/h	500km/h
지연시간	~100ms	~10ms(군집주행) 3ms(첨단운전/원거리차량센서) 5ms(원격운전)
신뢰도	80~95 %	~100%

또한 제어/데이터채널 전송이 기존 시분할다중화(TDM)에서 주파수분할다중화(FDM)까지 고려하며, 다른 차량의 존재여부를 센싱하여 차량의 V2X신호의 전송여부를 판단할 수 있다. 현재 C-V2X는 협력군집주행, 원거리 차량 센서, 원격운전 및 5G 기반의 차량통신 등과 같이 진화된 주행을 제공하는 형식인 Rel 15표준을 마련 중에 있다.

C-V2X의 장점은 이론상 커버리지, 신호 저지연(WAVE와 LTE-V2X는 동일하게 100ms이하, LTE-E-V2X는 1ms이하)에 따른 안전성 확대, 혼잡도 제어 등 WAVE 기술에 비해 통신성능이 앞서며, 이동통신 주파수와 하나의 칩셋으로 구현 가능하다는 점을 들 수 있다. 또한 LTE 및 5G 주파수와 5.9GHz C-V2X를 One-chip으로 구현하는 경우 향후 자율차의 “이통망+5.9GHz” 이용 시 단말기 소형화가 가능하며, 보행자의 스마트폰과도 통신이 가능하여 V2P구현에도 유리할 것으로 보인다.

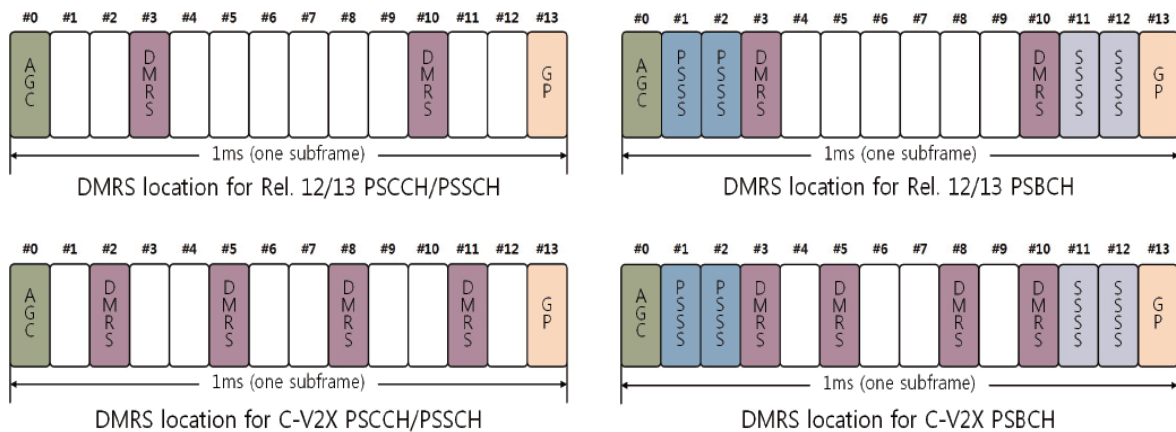
나. DMRS 구조[9]

(그림 9)와 같이 3GPP에서 제시하는 C-V2X 참조 구조모형을 보면, C-V2X 전송방식은 단말간의 인터페이스인 PC5와 기지국-단말간 Uu 인터페이스(LTE 망)를 이용한다. Rel14에서는 PC5기반의 시나리오(Scenario 1), Uu기반의 시나리오(Scenario 1), 두 가지 모두를 사용하는 시나리오(Scenario 3)를 정의하고 있으며, Scenario 3의 경우 모두를 이용하는 경우 단말과 특정 네트워크사이에 RSU를 정의한다.



[그림 9] C-V2X 참조구조 모델

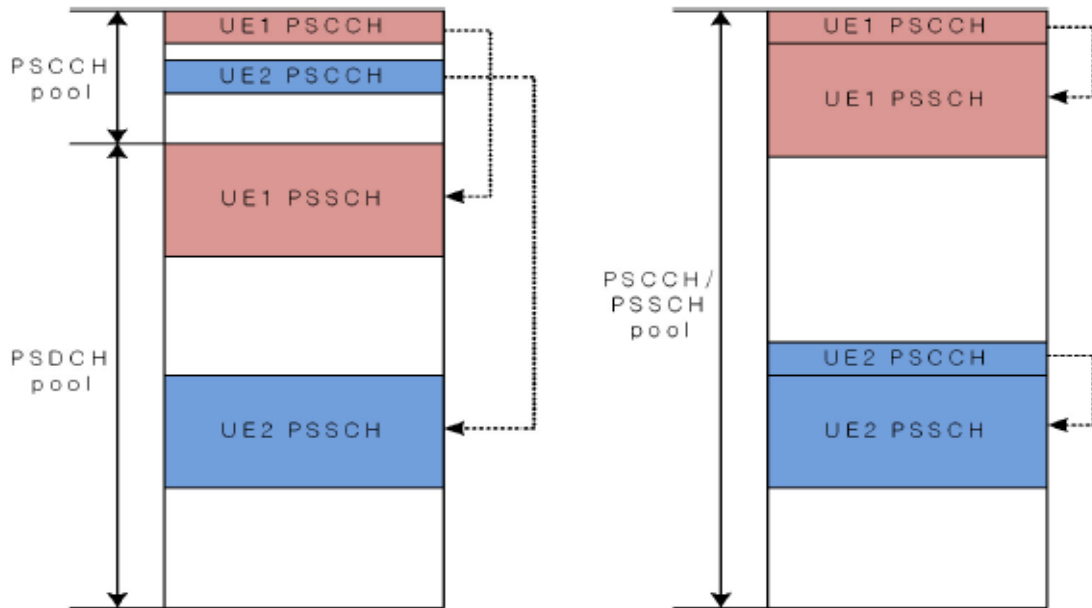
C-V2X는 요구되는 차량 상대속도 등이 WAVE에 비해 2배가량 빠르므로, 이에 따라 도플러 주파수가 훨씬 크게 발생한다. 표준에서는 WAVE와 마찬가지로 다중경로손실 문제를 해결하기 위해, (그림 10)과 같이 DMRS(Demodulation Reference Signal)의 파일럿 심볼 삽입을 통해 채널 상태 추정 및 오프셋을 지원한다. 이 DMRS는 각 서브프레임(PSCCH(Physical Sidelink Control CHannel), PSSCH(Physical Sidelink Shared CHannel), PSBCH(Physical Sidelink Broadcast CHannel) 등) 당 2개씩 할당되어 있으며, 각 DMRS 간격은 0.5ms가 된다. Rel.14에서는 서브프레임당 DMRS 개수를 4개로 증가하고 참조신호 사이 간격을 0.214ms로 감소시키는 등 물리계층 수정을 통해, 빠른 이동에 따른 채널상황 변화에도 채널상태 추정을 지원한다.



[그림 10] DMRS 구조 등

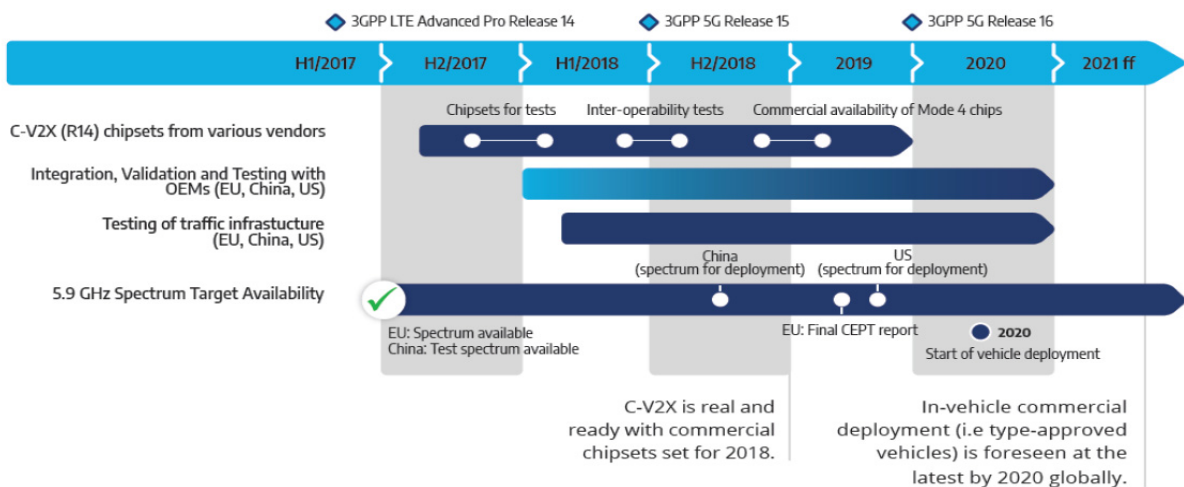
다. 제어/데이터채널 구조

Rel 14에서 규정된 V2X는 송수신 지연시간을 최소화하기 위하여, 기존의 LTE/D2D에서 사용하는 시분할다중화(TDM) 방식이 아닌 (그림 11)과 같이 동일 서브프레임에서 제어채널과 데이터 채널을 다른 주파수 영역에서 시간적으로 동시에 전송하는 주파수 분할 다중화(FDM:Frequency Division Multiplexing) 방식을 사용한다. 제어채널(PSCCH)과 데이터채널(PSSCH)의 할당 구조는 그림 2에 제시된 바와 같이, 하나의 프레임에서 제어채널과 데이터 채널 자원영역을 분리시키거나 제어/데이터 채널을 하나의 서브채널에 연속적으로 할당하여 다수의 V2X 단말 송수신을 지원할 수 있다.



[그림 11] PSSCH/ PSSCH 구조-Non-adjacent allocation(좌), adjacent allocation(우)

또한, 3GPP는 (그림 12)와 같이 5G 기술의 차량통신용으로 이용을 위해 5G NR(New Radio) V-2X 표준화를 추진 중에 있으며, 5G-V2X는 scalable OFDM, LDPC/polar 코딩, 안테나 수 증가 등을 표준에 고려함에 따라 LTE-V2X 보다도 높은 데이터율과 저지연, 고 신뢰성의 신호 전달 특성을 목표로 하고 있다.



[그림 12] C-V2X 표준화 일정

3) 차량통신 기술간 비교

C-V2X 표준은 (표 12)와 같이 IEEE802.11p에 비해 최근에 개발된 기술이므로, 다중화기법 및 보다 우수한 성능의 채널코딩 기법 등으로 인해 신호의 전달특성 및 주파수 효율이 우수하다고 알려져 있다.

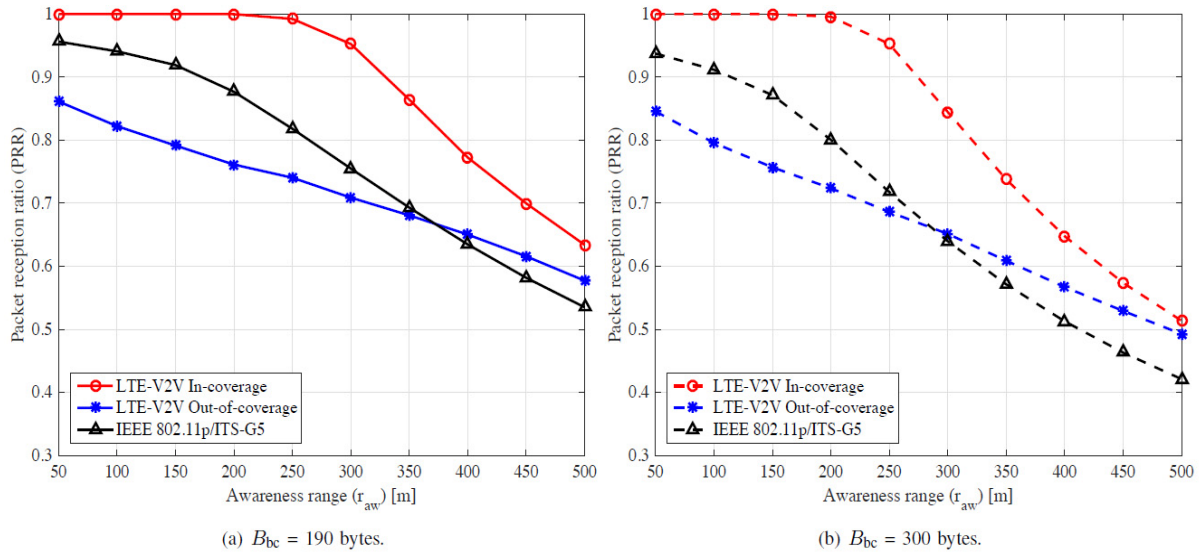
먼저 C-V2X는 동기화(synchronization) 시분할다중화(TDM)를 가능하게 하고, 이에 따라 채널당 낮은 오버헤드(overhead)를 갖게 하므로, 주파수 효율(spectral efficiency)이 우수하다. 또한, C-V2X는 시분할다중화(TDM) 뿐만 아니라 주파수분할다중화까지 지원하기 때문에, 더 높은 수준의 링크버짓(link budget)을 설정할 수 있기 때문에, C-V2X신호가 IEEE802.11p 보다 간섭에 강인하다고 할 수 있다. C-V2X는 채널 코딩방식으로 터보 코드를 채택하여, 동일조건하에서 컨벌루션(Convolutional) 코드를 채택한 IEEE802.11p보다 약 2dB 가량 오류 정정 성능이 우수하며, 자동재전송 기능을 지원하므로 오류에 더욱 강인하다.

또한 단일 캐리어를 사용하는 SC-FDM 방식을 사용하므로 전체 OFDM 전송 시의 평균전력(averaged power)보다 낮은 전력으로 전송이 가능하다. 마지막으로, IEEE가 첫 번째의 일단 전송이 가능한 채널(good enough) 선택하여 전송하는 반면, C-V2X는 최적의(best) 채널을 찾아 전송하므로 신호 전달특성이 우수하다[10].

[표 12] IEEE802.11p VS. C-V2X 기술 특징

특성	IEEE802.11p	C-V2X
동기화 (Synchronization)	비동기	동기
멀티플렉싱 (Multiplexing)	TDM	TDM, FDM
채널 코딩 (Channel Coding)	Convolutional	Turbo
재전송	no HARQ	HARQ (Hybrid Automatic Repeat request)
waveform	OFDM	SC-FDM
자원선택 (resource selection)	CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)	Semi-persistent transmission with relative energy-based selection

일부 필드테스트에 따르면, 이러한 채널코딩, HARQ 등의 통신방식의 차이에 따라 (그림 13)과 같이 C-V2X가 IEEE802.11p보다 매우 우수한 BER 특성을 보이는 것으로 보고되고 있다[11].



[그림 13] LTE-V2X 및 IEEE 802.11p 간 신호 BER 특성

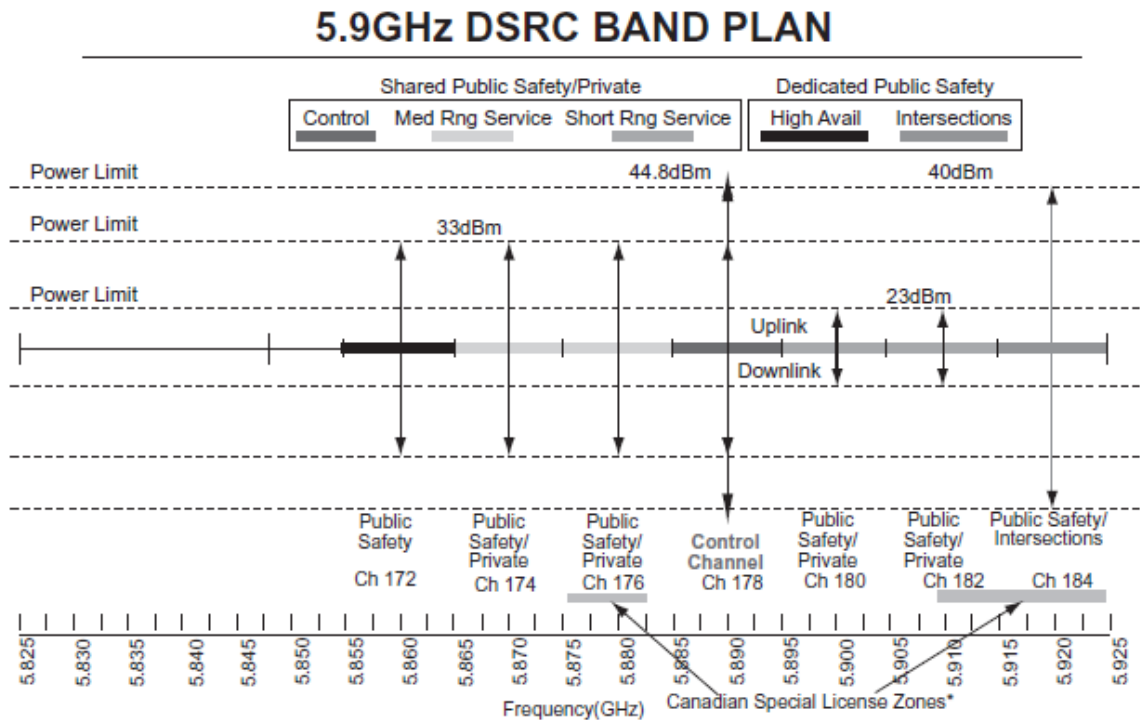
제5절 자율주행 관련 해외 주파수 정책 동향

1) 미국

미 연방통신위원회(FCC : Federal Communication Commission)는 지난 1999년 5850-5925MHz의 75MHz대역을 ITS 서비스로 운영되는 DSRC(Dedicated Short Range Communication) 용도로 분배하고, 송신출력, 불요발사, 주파수 안정도 등의 기술규격을 정의하였다. 이에 따라 미 교통성의 지원을 받아 '99년부터 ASTM WG E17.51에서 DSRC 표준화 작업이 시작되었고, IEEE 802.11a를 기반으로 하는 규격을 '02년 선정하였다. 또한 ASTM E2213-02 DSRC 규격을 통해 미국의 UNII 밴드(5735-5815MHz)을 이용하는 무선 랜 장비와 DSRC 장비와 하나의 모듈로 호환되는 것을 염두에 두었다.

IEEE 802.11a를 기반으로 하는 DSRC 방식은 신뢰성 있는 통신을 제공하기 위해 클락 주파수, 데이터 전송속도, 채널 대역폭 등을 1/2로 감소하여야 하며, 이에 따라 채널 대역폭은 10MHz, 데이터 전송속도는 6Mbps~27Mbps까지이다.

특이할만한 점은 제어채널과 서비스 채널을 각각 분리하여 사용한다는 점이며, 이는 동일 주파수 채널 상에서 존재할 수 있는 주파수 간 간섭을 최소화하여 통신의 신뢰성을 최대한으로 보장하도록 하였다.



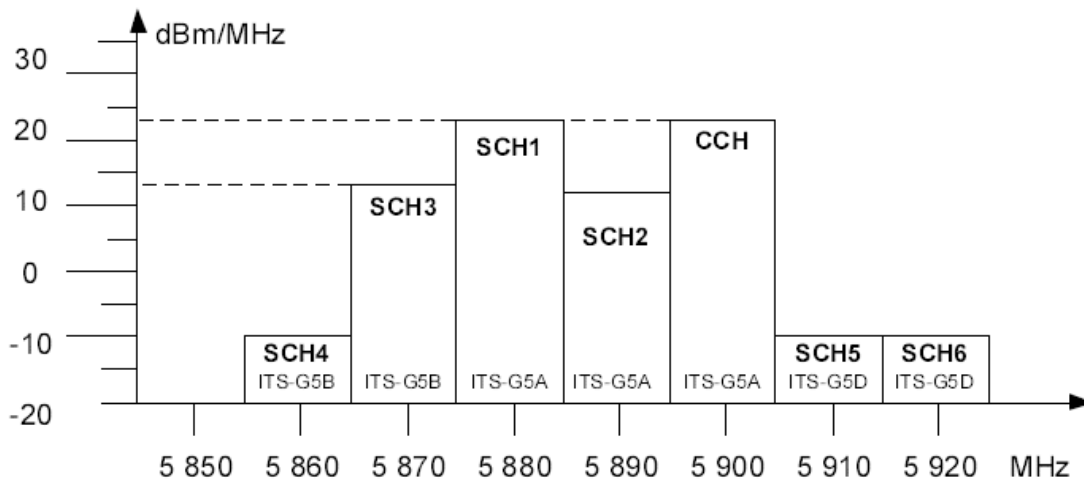
[그림 14] 미국의 5.9GHz 대 ITS 주파수 사용계획

(그림 14)에서 알 수 있듯이, 각 채널은 각각 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 27의 데이터 전송이 가능하다. 채널 174와 179, 채널 180과 182는 허가받은 경우 각각 20MHz의 채널 175와 181으로 사용 할 수 있으며, 나머지 5MHz의 경우 예비로 남겨둔다. 제어채널은 모든 OBU에게 단문메시지나 알림데이터, 공공안전 정보 데이터 등을 방송한다. 먼저 178번 채널은 제어 채널로 모든 OBU는 제어채널을 자동적으로 검색하며 RSU로부터의 알림이나 데이터 전송, 경고메시지를 수신한다. 제어 채널의 모든 데이터는 200ms 이내에 전송되어야 하며 사전에 정의된 주기로 반복된다. 제어채널에서는 공공안전 정보가 모든 사설메시지보다 우선하며, 200ms 보다 큰 사설메시지는 서비스 채널을 통해 전송된다.

서비스 채널을 통해 사설메시지가 길이가 긴 공공 안전메시지 등이 전송되며, 충돌방지를 위해 전송전에 채널상태를 감지하는 CSMA(Carrier Sense Multiple Access)기법을 사용한다[12].

2) 유럽

유럽은 유럽연합 산하의 집행위원회(EC : EU Commission)를 통해 지난 '08년 5855-5925MHz 대역을 ITS 용으로 할당한 이후로 현재 176-180 채널(5875-5905MHz) 대역을 사용 중에 있다. 특히 지난 CEPT report 71(2018)에서는 (그림 15)와 같이 5875-5915 MHz 대역은 Road ITS 용으로, 나머지 5915-5935 MHz 대역은 Urban rail ITS에 우선권을 부여하고, 5925-5935 MHz 대역을 Urban rail ITS 응용으로 할당계획을 발표하였다[13][14].



[그림 15] 유럽 5.9 GHz 대 주파수 사용계획

또한, 고정용(fixed service), 전파항법(radiolocation) 및 기가바이트급 무선시스템(MGWS : Multiple Gigabit Wireless System)과의 공존을 전제조건으로, 63-64GHz 대역을 V2V/I2V의 ITS 용으로 추가 분배하였다[14][15][16][17].

	Dedicated Public Safety	Shared Pub. Safety/Private Medium Range Serv.			Shared Pub. Safety/Private Short Range Serv.	Dedicated Public Safety	
미국	공공안전 서비스 (172CH)	부가 서비스(175CH)		제어채널 (178CH)	부가 서비스(181CH)		공공안전 서비스 (184CH)
		안전서비스 (174CH)	안전서비스 (176CH)		안전서비스 (180CH)	안전서비스 (182CH)	
유럽	Reserved (172CH)	Reserved (174CH)	안전서비스 (176CH)	안전서비스 (178CH)	제어채널 (180CH)	Reserved (182CH)	Reserved (184CH)

[그림 16] 미국, 유럽의 5.9GHz ITS 채널 사용계획

또한, 집행위원회는 지난 '17년 5월 C-ITS 도입을 위한 영향평가(Inception Impact Assessment on specifications for the provision of cooperative intelligent transport systems) 보고서 발간을 통해, 위임법(Delegated Act) 등 C-ITS 적기도입을 위한 입법 규정사항 등을 검토한 바 있다. 유럽은 특정 법이 통과될 경우, 이 법이 해당 분야에서 개선을 위해 수정되거나 적절히 시행될 수 있도록 국회와 의회에서 위임한 위원회를 통해 실행법(implementing Act)와 대표법(Delegated Act)등과 같은 보장 장치를 두고 있는데, 법 시행 절차는 원칙적으로는 EU 각 국가가 책임을 가지고 있지만, 세금, 농업, 건강 및 음식 안전 등과 같은 공통적으로 적용되는 법 시행은 EC에서 실행법안을 채택하고, 이후 유럽 각 국가 대표로 구성된 위원회(Committee)를 통해 의견 수렴 후 확정된다. 확정된 법안은 이후 EC에서 입법 법안을 위해 각 국가에서 승인한 대표법안을 채택하게 되며, 이 때 각 국가 대표로 구성된 전문가 그룹을 통해 의견수렴 후 확정하는 절차가 있다. EC는 대표법안에 대해 중요사항에 대해 변경할 수 없고, 입법법안에는 반드시 목적, 대상, 범위, 유효기간 등이 명시되어야 하며, 의회는 대표를 철회하거나 대표법안에 대해 반대를 표시할 수 있다. 만약 의회가 법안을 채택하면, 2개월간 반대의견을 낼 수 있으며, 반대하지 않을 경우 동의로 간주하여 시행이 강제화 된다.

유럽은 지난 3월, 대표법안을 통해 교통의 안전 및 효율화를 위한 C-ITS 프레임워크기술로 ETSI에서 정의한 ITS-G5(IEEE 802.11p)를 채택하기로 발표한바 있으며, 현재 C-V2X 기술 배제를 우려한 5GAA 및 DIGITALEUROPE 등이 EC와 협의를 통해 기술 중립성 포함 또는 C-V2X 기술이 포함되도록 설득 중에 있다. 법안의 최종확정은 '18년말로 예상되며, 이후 공포('19.1월), 법안실행('19.2월)을 계획 중에 있다.

3) 국제전기통신연합(ITU)

ITU는 기존의 모바일 서비스 할당 하에서 결의 237(Resolution)에 따라 전세계 또는 지역적 ITS 구현을 위한 조화 주파수 발굴 연구를 WRC-19 의제 1.12로 설정하고, 이동업무로 분배된 대역 내에서 ITS 통신을 위한 조화 주파수 검토 및 기술적 특성 연구를 수행 중에 있다.

주요국 입장으로는 미국, 유럽 등에서는 (표 13)과 같이 우리나라와 동일하

게 ITS를 위한 별도의 전파규칙(RR:Radio Regulation) 개정 없이 ITU-R 권고 등을 통해 국제/지역 조화 주파수 사용이 가능하다는 입장임에 따라 5.9GHz의 C-ITS 조화주파수 개발이 WRC-19를 통해 확정될 것으로 보인다.

[표 13] ITS 관련 주파수 현황(V2V, V2I 등)

Country	Frequency band	Technology/Standard	Service	Deployment or plan year
United States	5,850–5,925 MHz	Vehicle to Vehicle and Vehicle to/from Infrastructure communications system	Safety-related, mobility and environmental information (Communications)	Model deployment – 2012; Early Operational Deployments – 2016; Pilot Deployments – 2017
Australia	5850–5925 MHz	V2V/V2I communication		
Japan	5 770–5 850 MHz	V2V/V2I communication	Safety related information	Guidelines for field experiment in 2007 (revised 2013)
	755.5–764.5 MHz			Enacted in 2011 (revised 2013)
Korea	5 855–5 925 MHz	V2V/V2I communication	Vehicle Safety Related C-ITS	Enacted in 2016
China	5 905– 5 925 MHz	LTE based V2X	V2X communication	Field Experiment in 2017
Singapore	5 855–5 925 MHz	V2V/V2I	Traffic/Safety Related Information	Enacted in 2017

또한 ITU에서는 (표 14)와 같이 참여국들의 DSRC방식의 톨링(ETC: Electronic Toll Collection) 등 ITS 관련 주파수 현황을 정리한 ITS 주파수 보고서(M.[ITS.USAGE])를 개발 중에 있다.

[표 14] ITS 관련 주파수 현황(Electronic Toll Collection 등)

Country	Frequency band	Technology/ Standard	Service	Deployment or plan year
Europe	5 795-5 805 MHz [5 805-5 815 MHz]	DSRC	Electronic Toll Collection	Enacted in [19XX]
U.S.A.	902-928 MHz	DSRC	Electronic Toll Collection	Enacted in [19XX]
Canada	902-928 MHz	RSS 137	Electronic Toll Collection	Enacted in [1999]
Mexico	902-928 MHz	DSRC	Electronic Toll Collection	Enacted in [19XX]
Australia	5 725-5 795 MHz, 5815-5875MHz, 24-24.25GHz	-	Electronic tolling	-
China	5725-5850MHz	DSRC	Electronic Toll Collection	Enacted in 2003
	2400 - 2483.5 MHz	Exemption from Licensing Order	Electronic toll collection services	1998
Japan	76-90 MHz (FM multiplex broadcasting)	VICS (Vehicle Information and Communications System)	Traffic information	Enacted in 1994 (*VICS will not be available at 2 499.7 MHz after 31 March 2022.)
	2 499.7 MHz* (Radio beacon)			
	5 770-5 850 MHz	ETC (Electronic Toll Collection)	Collect highway toll (Communication)	Enacted in 1997
		DSRC (Dedicated Short Range Communication)	-Collect highway toll -Provide various infor- mation (Communication, Broadcast)	Enacted in 2001 (Revised 2008)
Korea	5 795-5 815MHz	DSRC/ TTA Standard (TTAS.KO-06.0025/R1)	ETC (Electronic Toll Collection) BIS (Bus Information System)	2006 (Highpass Tolling)
Singapore	2350-2483.5 MHz	-	Electronic Road Pricing (ERP) Systems	1998
	5 855-5 925 MHz	DSRC (Dedicated Short Range Communication)	Next Generation Electronic Road Pricing (ERP) Systems	2020 (estimated)
Thailand	5 470-5 850 MHz	Compliance Standard: ETSI EN 300 440-1 or FCC Part 15.247 or FCC Part 15.249	RFID (e.g. Electronic Toll Collection)	2008
Viet Nam	920-923 MHz	RFID	Electronic Toll Collection	2016

특히 C-ITS 관련하여서는 (표15)와 같이 각종 핸드북, 권고 등에서 주파수 및 통신방식 표준안 작업을 진행 중에 있으며, 각 ITU 문서에는 우리나라의 ITS 관련 기술기준, 주파수 분배 현황(5.8GHz DSRC, 5.9GHz C-ITS, 34GHz 차량도로레이다, 24GHz 및 76-81GHz 차량충돌 방지 레이더 등) 등이 반영되어 있다.

[표 15] 자율주행 관련 ITU-R 연구보고서 등

권고문서	제목	개요
ITU-R M.1890	Intelligent transport systems -Guidelines and objectives	ITS 서비스 개요, 기술요건 등 설명
ITU-R M.1452	Millimeter wave radiocommunication systems for Intelligent Transport Systems applications	차량충돌방지레이다(76~81 GHz) 요구사항 및 기술적/운용적 특징
ITU-R M.1453	Intelligent Transport Systems -dedicated short-range communications at 5.8 GHz	DSRC의 기술과 특성 설명
ITU-R M.2057	Systems characteristics of automotive radars operating in the frequency band 76 - 81 GHz for intelligent transport systems applications	ITS를 위한 차량레이다(76~81GHz)의 시스템 특성 규정
ITU-R M.2228	Advanced intelligent transport systems (ITS) radiocommunication	ITS의 요구사항, 특징, 주요국(한국, 유럽, 일본) 현황 기술 등

또한 WRC-19 의제 1.16에서는 무선 근거리 네트워크(WAS/RLAN)를 비롯해 5150 MHz~5925 MHz 주파수 대역에서 나타나는 무선접속 시스템과 관련된 문제를 검토하고 모바일 서비스에 대한 추가 스펙트럼 할당 등 필요한 제도적 조치 사항을 마련 중에 있다.

4) APT

APT는 WRC-19 의제 1.12관련 아태지역 ITS 기술기준 및 조화 주파수 검토를 위한 아시아-오세아니아 지역의 잠정입장을 마련 중으로, 우리나라는 '18.3월 개최된 APG19-3 회의에서 ITS 주파수 대역이 ITU-R 연구를 통한 국제/지역 조화주파수 개발을 지지하는 입장으로, 동 연구가 특정 기술을 강제하여서는 안된다는 잠정입장을 마련한 바 있다.

조화주파수로는 우리나라는 5855-5925MHz, 중국은 5905-5925MHz(LTE-V2X), 일본은 5770-5850MHz 대역을 제안 중이다. AWG에서는 아태지역 국가들의 ITS 사용 현황을 정리한 '아태지역 ITS 사용현황 보고서' 개정 승인 및 Cellular-V2X 표준화 논의 시작('18.4월)하였다.

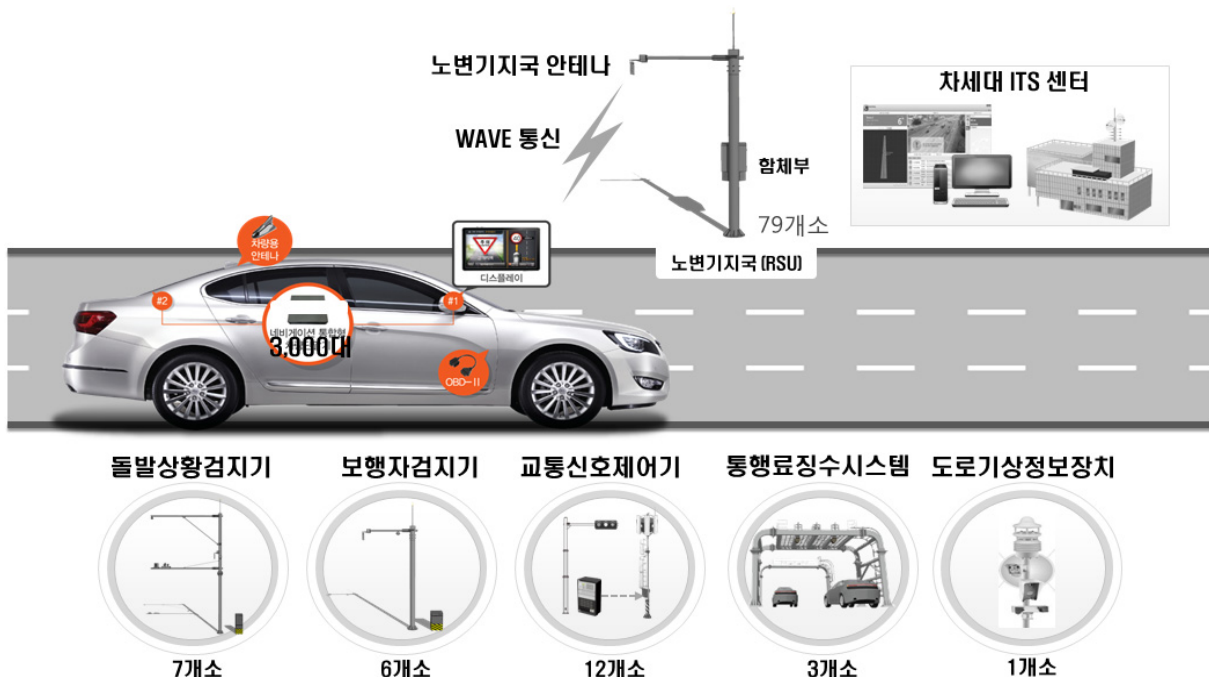
결론적으로 APT 내에서도 ITS 조화주파수는 5.9GHz 대역으로 의견이 일치되는 것으로 보이며, 다만 태국 등에서는 5.9GHz대의 ITS 국제분배를 위해서는 출력 조정 및 공존연구 등을 통해 해당 대역에서의 위성신호 보호가 필요하다는 입장을 제시하고 있다.

제6절 5.9GHz 대 기술별 공존 및 채널 할당방안

1) 국내 실증사업 현황

우리나라는 한국도로공사는 국토교통부 등과 함께 IEEE802.11p 기반으로 스마트하이웨이사업(2009.8-2014.12)을 통해 중부내륙고속도로(약 7.7km 구간) 및 경부고속도로 서울-수원간 (약 10km)에 대해, 발생 가능한 돌발 상황 실시간 검지 및 추적(자동돌발 검지시스템), 끊김없는 통신이 가능한 복합기지국 및 스마트 단말기 표준 플랫폼 개발(V2X 통신모듈, 복합기지국 및 단말 플랫폼 개발), 고속주행환경에서 감속 없이 자동요금 지불(무정차 다차로 기반 SMART 영업시스템 구축), 도로 노면정보와 자동차 이상 정보의 검지 및 제공(도로-자동차 상황관리 시스템 구축) 등의 기능을 구축한 바 있다.

또한 각종 C-ITS 장비를 실제 도로에서 적용함으로써 발생할 수 있는 안전 문제 및 법제도 정비를 목적으로 (그림 17)과 같이 대전-세종 구간(약88km)에 C-ITS 시범사업(2014.7-2017.7)을 수행하였다. 특히 노면기지국, 돌발상황 검지기, 보행자 검지기, 교통신호 제어기, 통행료 징수시스템, 도로기상정보시스템 및 센터 설비 등 다양한 C-ITS 장비를 구축·운영하였다.



[그림 17] C-ITS 시범사업 시스템 구성

또한 서울-호법 분기점의 약 100km 구간에서 자율협력주행을 위한 LDM 및 V2X 기반 도로시스템 개발('15.2-'20.12)을 통해 테스트베드에서 도로인프라 지원기술과 자율주행차가 협력하여 중·횡방향 자동제어가 가능한 자율협력주행 체계를 개발 중에 있다. 이 프로젝트에는 인프라의 도로·교통정보(I2V) 및 차량의 자기위치 정보제공(V2I) 등이 포함되어 있어, 본격적인 인프라와 차량간 연계가 가능할 것으로 보인다.

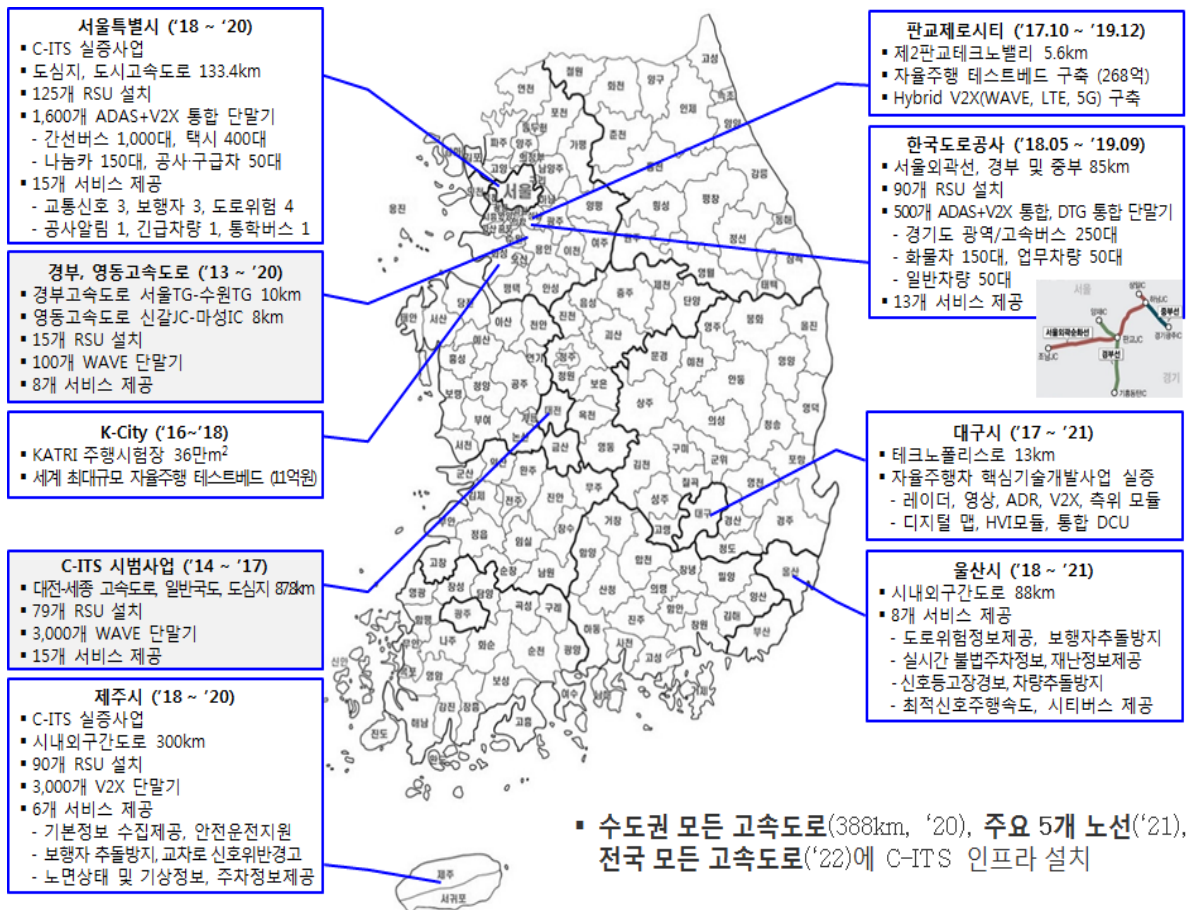
[표 16] C-ITS 시범사업 시스템 구성

구분	서비스	통신방식		적용 지역		
		V2I	V2V	고속도로	국도	시가지
기본정보 수집제공	① 위치기반 차량데이터 수집	○	-	○	○	○
	② 위치기반 교통정보 제공	○	-	○	○	○
	③ WAVE 통신기술을 활용한 통행료 징수	○	-	○	-	-
안전(주의) 운전지원	④ 도로위험구간 정보 제공	○	-	○	○	○
	⑤ 노면 상태 · 기상정보 제공	○	-	○	○	○
	⑥ 도로 작업구간 주행 지원	○	○	○	○	○
교차로 안전 통행 지원	⑦ 교차로 신호위반 위험경고	○	○	-	○	○
	⑧ 우회전 안전운행 지원	○	○	-	○	○
대중교통 안전지원	⑨ 버스 운행관리	○	○	○	○	○
	⑩ 옐로우 버스(어린이 보호차량) 운행 안내	○	○	-	○	○
보행자 상시 Care	⑪ 스쿨존, 실버존 경고	○	-	-	○	○
	⑫ 보행자 추돌방지 경고	○	-	-	○	○
차량간 사고예방	⑬ 차량충돌방지 지원	○	○	○	○	○
	⑭ 긴급차량 접근 경고	○	○	○	○	○
	⑮ 차량 긴급상황 경고	○	○	○	○	○

또한, 정부 및 지방자치단체에서는 자율주행 분야를 4차산업의 핵심기술로 규정하고 (그림 18)과 같이 각 지자체 교통시설과 결합한 실증사업을 추진중 이거나 추진을 계획하고 있다[18]. 먼저 서울시에서는 '20년 까지 도시고속도로 133km 구간에 125개의 RSU 설치, 택시/버스 등에 V2X 통합 단말기 설치 등을 통해 교통흐름 제어와 대중교통 사고율을 낮추는 실증사업을 계획 중에 있으며, 이 밖에도 판교 및 제주 등에서도 C-ITS 실증사업을 추진 중에 있다.

특이할 점은 서울시, 판교 및 제주 등 지자체에서 추진 중인 사업은 앞에서 기술한 도로공사의 과제와는 달리, 대부분 IEEE 802.11p 기반이 아닌 C-V2X 기술을 기반으로 추진을 계획하고 있으며, 이에 따라 양 기술간 적절한 대역

폭 배치 문제 및 동일 주파수 사용 시 효율적 공존 방안 등에 대한 연구가 필수적이다.



[그림 18] 국내 C-ITS 사업화 현황 및 계획

2) 기술방식별 요구 대역폭 산출

가. IEEE 802.11p 요구 대역폭(required bandwidth)

IEEE 802.11 계열 기술은 서비스 반경 증가에 따른 다중경로 손실을 극복하기 위해 1.6us의 가드타임(guard time)을 설정하게 되는데, OFDM을 사용하는 IEEE 802.11p 기술의 FFT symbol time은 이 값의 4배인 6.4us가 되므로 OFDM의 symbol duration은 총 8us로 계산된다. 이에 따라, OFDM의 sub-carrier spacing은 156.25kHz가 되고, 전체 sub-carrier의 수가 64개이므로, 채널당 전체 요구 대역폭은 총 10MHz로 계산된다[19].

이 계산식을 다음 (표17)에 나타내었다.

[표 17] IEEE 802.11p 기술의 요구 대역폭 산출

[기본가정] 1ms 당 2개의 메시지 전송

- 1) OFDM 심볼의 가드타임 : 1.6us
- 2) 반경 1km내의 신호 지연(delay spread) 값 : 400us
- 3) 802.11p에서는 가드타임을 WIFI의 4배로 산출: $1.6\text{us} = 400\text{us} \times 4$
- 4) OFDM 심볼의 FFT symbol time 계산 : $6.4\text{us} = 1.6\text{us} \times 4$
- 5) Symbol duration : $8\text{us} = 1.6\text{us} + 6.4\text{us}$
- 6) Sub-carrier spacing : $156.25\text{ KHz} = 1/6.4\text{ us}$

⇒ 전체대역폭 : $10\text{MHz} = 156.25\text{ kHz} \times 64\text{개(서브 캐리어 수)}$

나. C-V2X 요구 대역폭

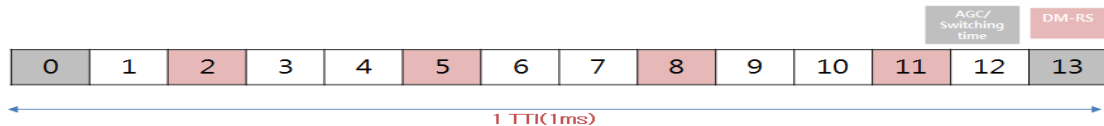
C-V2X는 LTE 기술을 가정하여 1ms 당 2개의 메시지를 전송하며, 변조방식 및 코딩은 QPSK 1/2방식을 적용하였다. C-V2X 1개 패킷은 14개의 OFDM 심볼로 구성되며, 이 중 8개만이 데이터 전송용으로 사용된다. 이에 따라 C-V2X 기술 사용 시 최소 요구대역폭은 (표 18)과 같이 약 4.5 MHz 정도로 계산되어 지며, 통신 신뢰성, 도달거리, 사용자 수, 여유폭 등 기타 파라미터 고려 시 최대 13.65MHz 정도로 요구 대역폭이 가변될 수 있다.

[표 18] C-V2X(LTE) 기술의 요구 대역폭 산출

[기본가정] 1ms 당 2개의 메시지 전송, QPSK 1/2의 코딩방식 적용

가. 1개 패킷은 총 14개의 OFDM 심볼로 구성됨

- 각 심볼 중 6개는 파일럿, 8개는 데이터 전송용으로 구분
- 총 길이는 300 byte



나. Sub-carrier spacing : 15 KHz

다. QPSK 1/2 적용 : 2,400 symbols (1ms 당) = 300byte×4(QPSK)×2(coding rate)

- 대역폭 환산 시 : $4.5 \text{ MHz} = 2,400 \text{ symbols} / 8 \times 15 \text{ KHz (subcarrier spacing)}$

[최대값 산출]

라. 파일럿 심볼의 재전송(HARQ) 고려 시 : $0.72 \text{ MHz} = 4 \times 12(\text{carriers}) \times 15 \text{ KHz}$

- 전체대역폭 $5.22 \text{ MHz} = 4.5 \text{ MHz} + 0.72 \text{ MHz}$

마. 차량 수 확대(144대) : 7.52 MHz

바. ETSI 혼잡도 제어(65 % 자원 점유율) 권고 적용 : $12.4 \text{ MHz} = 7.52 \text{ MHz} \times 1.65$

사. 3GPP 대역폭 권고(90% 자원 점유율) 적용 : $13.65 \text{ MHz} = 12.4 \text{ MHz} \times 1.1$

* 라~마 계산식은 링크가용도, 차량 수 및 여유대역폭 등의 고려에 따라 가변

3) 5.9GHz 대 공존(coexistence) 이슈

가. 국내 법령체계

앞 절에서 기술한 바와 같이 우리나라를 비롯한 미국, 유럽 및 대부분의 아시아 국가에서 C-ITS 조화주파수로 5.9GHz 대역이 포함되어 있으며, 또한 기존 IEEE 802.11p 방식으로 각종 실증사업이 추진 중에 있다.

반면 3GPP, 5GAA 등의 표준화 단체에서는 C-V2X의 표준 완성 및 5G NR V2X 기술 등 기술발전에 따른 성능 우위를 바탕으로 동 주파수의 사용을 요구하고 있다.

현재까지 우리나라를 비롯한 대부분의 국가/국제기구에서 C-ITS 관련 기술 기준은 주파수 대역폭, 채널 수 및 출력 등만 규정하는 이른바 기술 중립성 개념이 내포되어 있으므로 원칙적으로는 어느 기술도 공공성격의 ITS 사용목적이 충족될 경우 사용이 가능하다.

그러나 동일한 주파수 대역에서 각종 기술이 사용 될 경우 상호간 간섭문제가 필연적으로 발생할 수 밖에 없으며, 이는 곧 차량통신의 신뢰성 저하를 동반하게 된다. 따라서 동일 대역을 사용하는 경우 출력 조정, 호환기능, 간섭회피 기능 등 각 기술간 공존(Coexistence) 기술 연구가 필수적으로 수반되어야 하며, 기술여건상 달성하기 어려운 경우 물리적으로 사용되는 주파수 대역을 분리하는 등 간섭을 배제하기 위한 노력이 선행되어야 한다.

그러나 동일 대역을 이중 기술 간으로 분배할 경우, 주파수 효율이 저하 될 수밖에 없다. 우리나라의 전파법 제5조의제1항의2(전파자원의 확보) 및 제6조(전파자원이용효율의 개선) 등에 규정된 바에 따르면 과기부장관에게 주파수 이용효율 향상 등을 주요 임무로 하고 있으므로, 원칙적으로는 동일 주파수 대역에서 상이한 기술이 사용될 경우 동 조항의 입법취지에는 어긋난다고 볼 수 있다.

또한, 주파수 이용효율 극대화를 기술한 동 조항은 전파법 제6조의 4에 기술된(주파수 공동사용)과 배치된다고 볼 수도 있으나, 이는 동일 주파수 대역에서의 동일한 이용목적의 다양한 기술을 사용하는 것이 아닌, 동일 주파수 대역에서의 상이한 이용목적 달성을 통한 주파수 공동사용으로 해석됨이 타당하다.

예를 들어, 전파법 제6조의4관련 법령은 5.9GHz 대역에서의 상이한 기술(예 IEEE802.11P 및 C-V2X) 사용이 아닌, 77-81GHz 대역의 이용목적이 다른 공동사용(예 차량충돌방지레이다 및 레벨측정레이다) 등과 같은 경우에 적용되는 것으로 이해 할 수 있다.

[표 19] 전파법 제 5조 및 6조

제5조(전파자원의 확보) ① 과학기술정보통신부장관은 전파자원을 확보하기 위하여 다음 각 호의 시책을 마련하고 시행하여야 하며, 그 시행에 필요한 지원방안을 마련하여야 한다. <개정 2013. 3. 23., 2015. 1. 20., 2015. 12. 22., 2017. 7. 26.>

1. 새로운 주파수의 이용기술 개발
2. 이용 중인 주파수의 이용효율 향상
- 2의2. 주파수 공동사용기술 개발

3. 주파수의 국제등록

4. 국가 간 전파의 혼신(混信)을 없애고 방지하기 위한 협의·조정

② 제1항제3호에 따른 등록대상 주파수, 등록비용 및 등록절차 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

[전문개정 2008. 6. 13.]

제6조(전파자원 이용효율의 개선) ① 과학기술정보통신부장관은 전파자원의 공평하고 효율적인 이용을 촉진하기 위하여 필요하면 다음 각 호의 사항을 시행하여야 한다. <개정 2013. 3. 23., 2017. 7. 26.>

1. 주파수분배의 변경
2. 주파수회수 또는 주파수재배치
3. 새로운 기술방식으로의 전환
4. 주파수의 공동사용

② 과학기술정보통신부장관은 제1항 각 호의 사항을 시행하기 위하여 필요하면 대통령령으로 정하는 바에 따라 주파수의 이용 현황을 조사하거나 확인할 수 있다. <개정 2013. 3. 23., 2017. 7. 26.>

[전문개정 2008. 6. 13.]

제6조의3(주파수 공동사용) ① 과학기술정보통신부장관은 주파수할당, 주파수지정, 주파수 사용승인을 받은 자에게 주파수의 전부 또는 일부를 주파수 공동사용에 제공하도록 할 수 있다. 다만, 제6조의4에 따라 방송 사업을 위하여 이용하는 주파수에 대해서는 방송통신위원회와 협의하여야 한다. <개정 2017. 7. 26.>

② 과학기술정보통신부장관은 주파수 공동사용의 범위와 조건, 절차, 방법 등에 관한 기준을 정하여 고시한다. 다만, 제6조의4에 따라 방송 사업을 위하여 이용하는 주파수에 대해서는 방송통신위원회와 협의하여야 한다. <개정 2017. 7. 26.>

나. 5.9GHz 대 공존(coexistence) 방안

1. ETSI의 공존방안

ETSI는 5.9GHz 대역에서 이중기술 사용 시 공존을 위해, 다음과 같이 크게 두 가지 방안을 제시하고 있다.

먼저 신호의 직교성(orthogonality)을 이용한 방법으로, 전송되는 두 신호가 시간(Time), 주파수(Frequency), 공간(Space)상에서 직교성을 갖는다면 수학적으로 두 신호의 내적이 0이 되므로, 한 신호가 다른 신호의 성분을 조금도 가지지 않는다고 이해할 수 있다.

두 번째로는 미리 시간, 주파수, 공간상에서 직교성이 담보되도록 통신 장비들 간의 약속을 정하는 방법이다. 먼저, 선행 약속(A-Priori Agreement)에 의한 공존은 다음과 같이 세 가지 방법을 통해 달성이 가능하다.

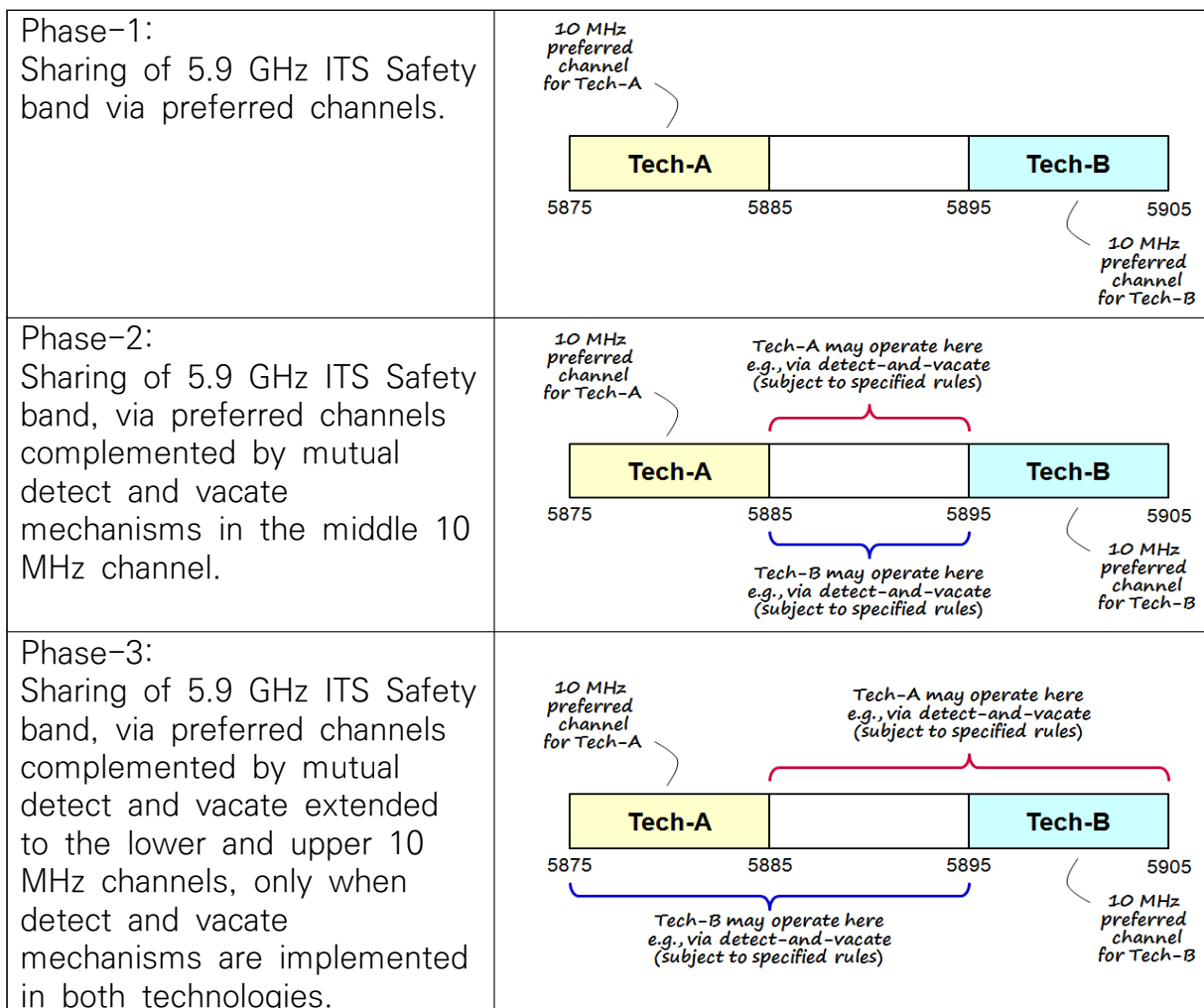
먼저, 모든 사용자는 각 시스템에 대한 사전의 파라미터 정보를 공유(parameterization)를 통해 각 ITS 시스템 간 시간, 주파수, 공간 등의 직교성을 달성함으로써 동일 채널 상에서 공존한다. 이 방법은 주파수 자원 할당량에 기반한 코드분할다중화(CDMA:Code Division Multiple Access)나, 직교주파수분할다중화(OFDMA:Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 또는 시분할다중화(TDMA:Time Division Multiple Access)등 물리계층(physical layer)을 시간, 주파수, 공간상에서 공유하는 방법을 통해 구현이 가능하다.

이 방법은 채널접속 방법에 따라 다양한 기술간 공존이 가능해 주파수 효율을 극대화시킬 수 있는 반면에 각 기술의 채널접속방식 따라 물리계층 중 일부 부분이 사용이 어려울 수 있으므로, 특정 기술이 특정 채널을 사용하지 못하는 경우가 발생하거나, 특정 기술은 물리계층 상에서의 공유를 위해 일부 표준이 수정될 수 있다는 단점이 있다.

두 번째로는 특정 기술 사용을 지역적으로 한정하여 사용하는 방법이 있다. 한 지역에서 다른 지역으로 이동하는 경우 응용계층 상에서의 핸드오버 방식을 적용하여 서비스를 지속할 수 있다. 이 경우 특정 주파수 대역을 한 기술이 독점적으로 쓸 수 있어 주파수 효율성을 극대화 할 수 있으나, 모든 ITS 단말이 다양한 기술을 지원하여야 하고, 특정지역에서는 특정 기술만이 사용되는 등 기술/지역적 한계가 존재하게 된다. 또한 이를 위해서는 미리 주파수

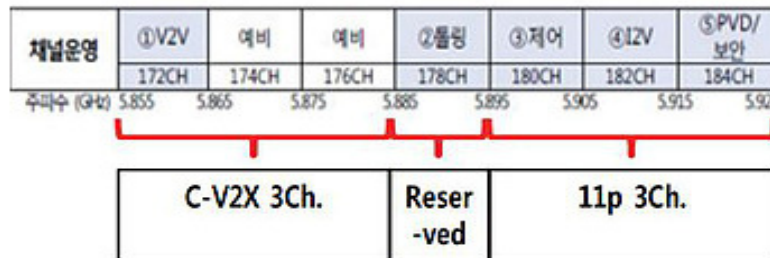
및 지역적 경계를 설정하여야 하는 등 다양한 사용요건이 고려되어야 하는 등 장애요소가 많다.

세 번째로는 ITS 주파수 대역에서 일부 대역폭을 각각 다른 기술에 할당하는 방법이다. ETSI에서는 (그림 19)와 같이 5.9GHz의 ITS 대역폭 중 10MHz를 각각 IEEE802.11p와 LTE-V2X로 할당하여 사용하는 방안(Phase1)을 제안하였으며, 이후 5885-5895MHz대역의 빈 채널은 상대기술이 사용하지 않는 경우거나 두 기술간 직교성을 만족하는 경우 두 기술이 모두 사용할 수 있는 방안(phase2)을 제시하였다. 또한 마지막단계(Phase3)에서는 특정 기술로 할당된 주파수 대역폭까지 사용할 수 있는 방안을 제시하였다. 이 경우 공존을 위해 각 기술별 표준을 수정하거나 별도의 상호 약속 등이 필요 없지만, 전체대역폭 중 일부만이 사용가능하므로 주파수 효율성은 낮아진다고 볼 수 있다.



[그림 19] 5.9 GHz 대 이종 기술간 주파수 공유방안(ETSI)

ETSI에서 제시한 1번 방안(Phase 1)은 국내 5G 포럼에서 제시한 방안과 주파수 대역폭은 다르지만 방법은 매우 유사하다. 5G 포럼은 지난 '18.4월, (그림 20)과 같이 C-V2X(5855-5885MHz) 및 IEEE 802.11P(5995-5925MHz)에 각각 30MHz 폭을 할당하는 것을 제시한 바 있다.



[그림 20] 기술별 5.9GHz 대 채널사용계획(5G 포럼)

2. 공존 방안

같은 채널을 사용하는 3번 방안(phase 3)은 MAC 계층공유, 예약메세지 송출, 헤더 삽입 에너지 신호 전송 등의 방법으로 공존이 가능하다고 알려져 있다.

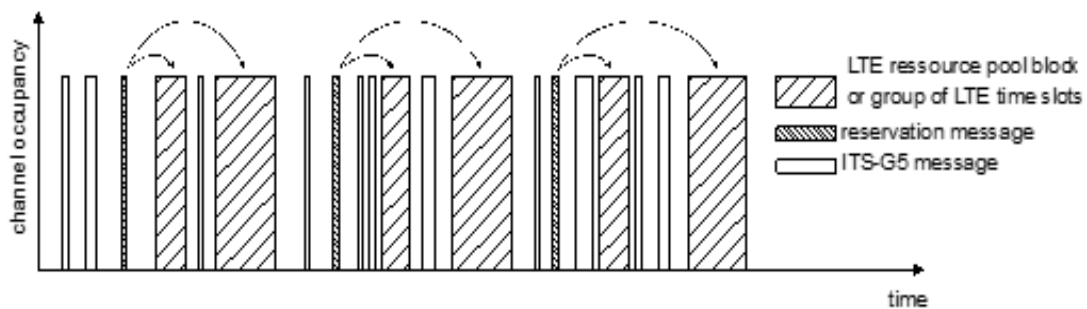
가) MAC Layer 공유

먼저 동일 대역 내에서의 이중 기술간 공존은 MAC 계층(Media Access Layer) 공유를 통해 이루어질 수 있다. 이는 곧 변조, 채널코딩 및 프레임 구조와 같이 신호의 물리계층 특성을 이분화하여 사용함으로써 채널 공존을 달성한다는 것으로, 이 방식은 고정 10MHz폭으로 분배된 기존의 채널 대역폭을 대부분 만족시킬 수 있다는 장점이 있다. 또한 채널 이용 시 다양한 기술을 이용하는 단말로부터 간섭 우려 없이 이용이 가능하다. 이 경우 단말은 채널의 사용여부 등을 감지하여, 채널 이용가능 시점을 파악하는 LBT(Listen Before Talk) 기법 등을 이용하거나 전송율을 결정할 수 있다.

이러한 방식은 매우 많은 기술간에서도 동일 채널 공존이 가능하며, 2번과 달리 대역폭을 특정기술에 할당하지 않아 전체 대역폭이 사용가능한 장점이 있다. 그러나 기술간 채널이용방식이 매우 정확하게 사전에 미리 정의되어야 하고, 이 방식을 지원하는 현존하는 기술이 없다는 단점이 있다.

나) 예약메세지 송출

다음 방안으로는 (그림 21)과 같이 PHY/MAC 계층이 모든 ITS 단말 및 다른 기술에 적용되어 있다는 가정 하에, 모든 ITS 수신기에 예약메세지(reservation message) 또는 기본안전메세지(CAM) 송출함으로써 전송시간(Time slot)을 확보하는 방안이다. 이 방식은 기존 IEEE802.11p로 구현되어 있는 주파수 대역에서 LTE-V2X를 이용할 경우, IEEE802.11p가 채널을 사용하지 않는 시간에 LTE-V2X가 빈 채널을 사용할 수 있도록 예약메세지를 송출하여, 채널 사용시간을 확보한다. 이 방법은 이전 표준들과의 BC(Backwards Compatibility)를 지원하기 때문에, IEEE802.11p를 제외한 다양한 ITS 표준들의 수정이 필요하지 않다는 점과 특정 주파수 대역을 분할하여 사용하지 않아, 주파수 효율성 측면에서도 우수하다는 장점이 있다. 그러나 예약메세지의 규격이 명확히 규정되지 않았거나, IEEE802.11p의 수정이 필요하며, IEEE802.11p 프로토콜의 통신계층(communication layer)에 핸드오버 방식을 규정해야 한다. 이 방식은 표준의 일부 수정을 요구하므로, 다양한 경우에 대해 전체 시스템의 성능과 약 등 연구가 더 필요한 실정이다.



[그림 21] 예약메세지 송출 기법

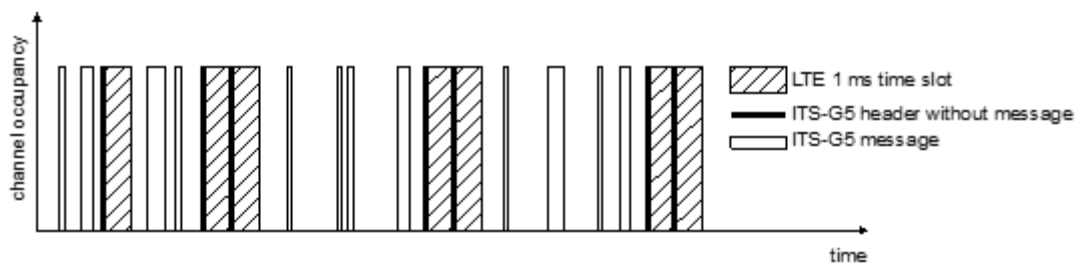
다) 헤더 삽입(Header insertion)

다른 방안은 (그림 22)와 같이 다른 ITS 기술이 채널 예약을 위한 타임슬롯 신호의 전송되기 바로 직전 802.11p 헤더에 포함된 프리앰블 및 시그널을 이용하는 것으로, LTE-V2X의 경우 LTE-V2X 헤더가 사용되지 않은 심볼 가드 타임(guard symbol time) 내에서 전송된다. 사용되지 않은 시간대를 이용하기

때문에, 신호 전송을 위한 추가적인 주파수 자원이 필요하지 않으며, 매번 71us의 심볼 duration이 필요한 대신, 송/수신간 30us 내외의 스위칭 시간을 통해 구현이 가능하다.

이 방법의 장점은 IEEE802.11p의 표준 수정없이, 즉시 구현이 가능하다는 점으로, 물리계층 등 상위 계층의 수정없이 간단한 헤더삽입만으로 구현이 가능하다. 또한 주파수 자원을 나누지 않으므로 주파수 자원의 효율성 측면에서도 우수하다.

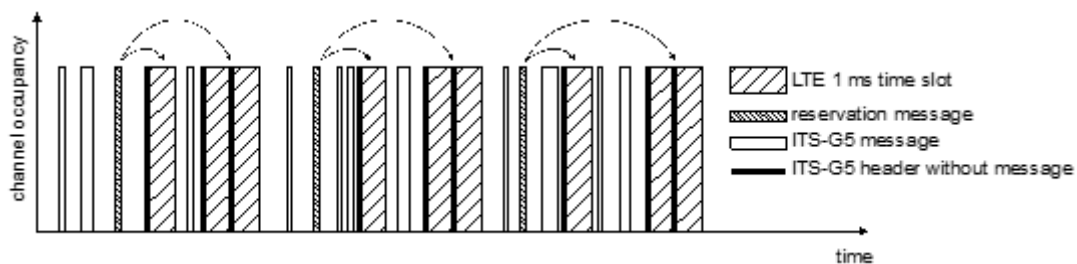
반면, LTE-V2X 표준의 일부 미디엄 액세스 채널 추가가 필요하고, CSMA/CA 프로토콜에 기반하지 않은 LTE-V2X의 헤더가 전송됨에 따라 모든 종류의 간섭에 대해 강인하지 않다는 단점이 있으며, 이전의 3GPP LTE Rel.14 및 Rel.15 표준과도 호환도 가능하지 않다.



[그림 22] LTE-V2X 채널 예약전 IEEE 802.11p 헤더 삽입

라) 예약메시지+헤더삽입

또한, 다음 (그림 23)과 같이 앞에서 기술한 예약메시지 송출 및 헤더삽입 방안을 동시에 고려해 볼 수 있다. 이 방안은 기존 방안이 가지고 있는 장단점을 동시에 가지고 있으며, 특히 IEEE802.11p 기술과는 완벽히 호환되는 반면에 3GPP LTE-V2X 표준과는 여전히 호환되지 않는다.



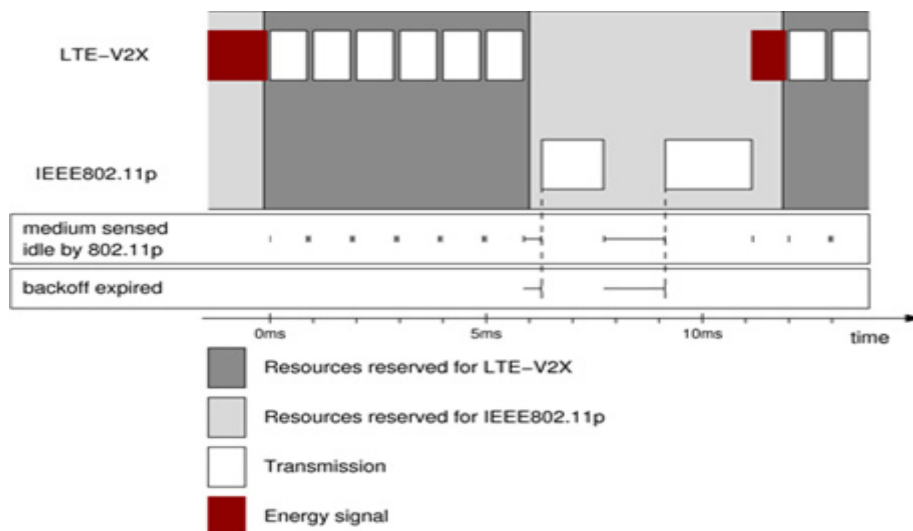
[그림 23] 예약메세지 송출+헤더 삽입 개념

마) 에너지 신호에 기반한 공존방안

모든 LTE-V2X 단말은 LTE-V2X 서브프레임 시작 전 채널 이용 종료를 위해 (그림 24)와 같이 에너지 신호(페이로드가 없는 신호)를 전송하게 되는데, 에너지 신호는 짧은 선제적 신호(preemptive signal)를 전송함으로써 다른 기기에게 신호 전송 의도를 알리게 된다. 실제 데이터를 전송하는 것은 아니며, 실제 데이터 전송 시작 바로 직전에 전송되며, 실제 LTE-V2X 서비스프레임 전송 시점에 IEEE802.11p에게 채널 사용을 연기하라고 지시한다. 이 방법은 가상적으로 시간 자원을 나누는 효과를 하며, 특정 시간에는 LTE-V2X를 또 다른 특정시간에는 IEEE802.11p 신호를 독점적으로 사용하게 한다.

이와 같은 방법은 IEEE 802.11p기술의 CCA 절차 적용 또는 LTE-V2X 기술의 에너지 신호 생성 및 자원 풀의 정의(configuration) 등과 같이 표준의 일부 수정이 요구된다. 따라서 일부 표준 수정만이 요구되었던 앞서 기술한 공존방안과는 달리 두 표준 모두에게 수정이 요구되므로, 공정성 측면을 담보할 수 있으나, 반대로 두 가지 표준의 수정은 현실적으로 불가능해 보인다. 또한 공존을 위한 다양한 ITS 모듈이 필요 없다는 장점이 있으나, 에너지 신호의 전송을 위한 별도의 주파수 자원이 필요함에 따라 전체적인 주파수 효율(spectral efficiency)가 감소된다는 단점도 존재한다.

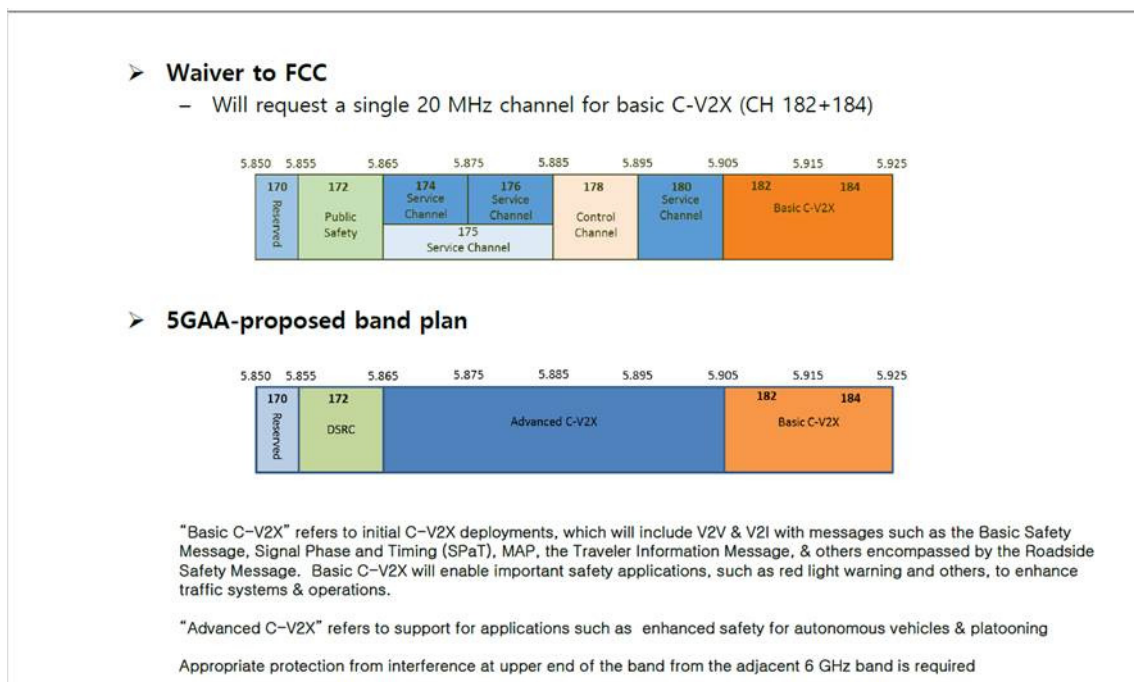
에너지 신호 감지(Energy detection)은 보통 LBT와 같은 방법으로 쉽게 구현될 수 있으나, 복조 시 수신기 민감도(sensitivity)가 각 기술별로 다양하게 해석될 수 있으므로, 미리 복조 함수를 정의하는 등 사전적 약속이 필요하다.



[그림 24] 자원 분배 및 IEEE802.11p의 에너지 신호 예시

3. 5GAA의 공존방안

5GAA는 3GPP 등과 C-V2X 기반의 ITS 통신규격을 마련 중으로, (그림 25)와 같이 최근들어 FCC 등에 최소 20MHz 폭의 주파수 대역을 C-V2X 용으로 할당을 요청하였다. 이 경우, 10MHz 은 DSRC에, 나머지 30 MHz은 예비용으로 분배안을 마련하였는데, 특히 5GAA의 주파수 요구안에 따르면 BSM(Basic Safety Message), SPaT(Signal Phase and Timing), MAP 등과 같은 기본정보를 V2V 등에 적용하는 최소한의 경우(Basic C-V2X)에 20MHz 폭이 필요하며, 군집주행과 같이 보다 진화된 형태의 자율주행 단계의 경우 기존 20MHz 폭 이외에 더 많은 주파수 대역폭이 요구되며, 이를 위해 6GHz 대역 등 추가적인 주파수 대역폭이 요구된다고 하였다.



[그림 25] 5GAA의 5.9GHz 대 ITS 주파수 배치안

4. 채널 배치안

5.9GHz 대역에서 상이한 기술이 적용될 경우, 각 기술이 적용된 신호는 상호간 간섭으로 작용하여 신호의 품질을 떨어뜨린다. 따라서 다음과 같이 5.9GHz 대역에서 각 기술별로 기술방식에 근거하여 주파수 자원을 할당하는 방안을 고려해 볼 수 있다.

1) 동등분배

먼저, IEEE 802.11p와 C-V2X(LTE-V2X) 기술별로 각각 20MHz폭씩 분배하고 나머지 20MHz 폭을 향후 추가될 서비스나 도래할 ITS 기술에 할당하는 방안으로, 이 경우 10MHz 폭은 제어용 채널로 그대로 사용한다. C-V2X의 경우 표준상 별도의 제어용 채널이 필요하지 않으나, 신호의 높은 수신 성공률이 기타 통신시스템보다 더욱 요구된다는 점에서 별도의 제어용 채널 할당은 바람직해 보인다.

우리나라에서 현재 IEEE802.11p 방식 기반의 C-ITS 주파수 대역 사용방안은 다음 (표 20)과 같다.

[표 20] 5.9GHz 대 채널 사용계획

채널	1	2	3	4	5*	6	7
서비스	V2V	예비	예비	톨링	제어 I2V	I2V 부가정보 (지도, 위치, 사고 등)	V2I 차량정보 수집
주파수(MHz)	5860	5870	5880	5890	5900	5910	5920

특히 5860MHz 대역의 1번 채널을 V2V로 계획 중에 있으며, 톨링을 비롯한 I2V 및 V2I 서비스는 각각 4번(5890MHz대), 6번(5910MHz 대), 7번(5920 MHz대)로 사용을 계획하였다. 총 4개 채널을 2개 채널로 변경하기 위해서는 (그림 26)와 같이 채널 6번과 7번 채널(I2V, V2I)은 동일 채널을 사용하되, 상호간 간섭방지를 위해 별도의 난수코드(Random sequence) 및 식별자

(identifier) 삽입 등을 고려해 볼 수 있다. 또한 6번 채널은 34GHz 의 도로정보감지레이다와의 연동을 통해 I2V 서비스를 제공할 수 있을 것으로 보인다. 또한 계획된 4번 채널은 DSRC 방식으로 하이패스용으로 사용 중인 5.8GHz(5795-5815MHz) 대역과 용도가 중복되며, 크게 C-ITS 와는 관련 없는 항목으로 기존 주파수대역과 연동되도록 시스템을 구성하거나, C-ITS 용으로 분배할 경우 기존의 DSRC 대역 주파수 회수·재배치가 타당할 것으로 보인다. 또한 4번, 7번에 적용될 서비스의 소요 대역폭인 수 MHz 정보로, 할당된 채널 대역폭 10MHz에 크게 미치지 못하므로, 같은 채널을 이용하는 등의 방법을 통해 채널 사용을 제한 할 수 있을 것으로 보인다.



[그림 26] 주파수 분배방안 1-동등분배

이 방안은 각 기술별로 같은 대역폭을 분배하는 방식으로 특정기술을 강제하지 않아 기술간 자유 경쟁 유도가 가능하다. 그러나 예비용 20MHz 폭이 향후 도입될 후보기술로 분배가 고려될 경우 5G 기반의 C-V2X 일 것으로 보이며, C-V2X 기술에만 총 40MHz 폭을 분배하는 결과 초래되며, 상호 기술간 호환성 등을 담보하지 못해 주파수 효율성이 낮아지는 단점이 있다.

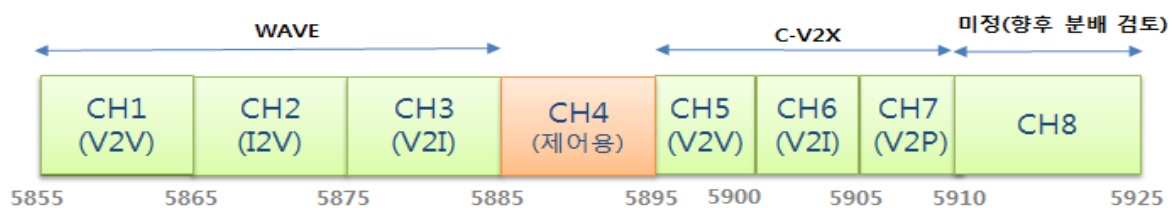
2) 차등분배

앞서 서술한바와 같이 현재까지 완성된 표준을 기준으로 IEEE 802.11p 및 C-V2X(LTE)가 요구하는 최소 대역폭은 각각 10MHz 및 5MHz이다. 따라서 총 서비스 수를 3개로 가정한다면, (그림 27)과 같이 각각 기술별로 30MHz, 15MHz로 분배가 가능하며, 나머지 15MHz 폭은 신기술 여건에 따라 분배하는 등 예비용으로 남겨둔다.

이 경우 IEEE802.11p 기반의 서비스는 채널 1~3번에 할당하여, 추가 기술 개발없이 적용가능하며, C-V2X는 현재 표준이 완성된(Rel 14)에 따라 3개 채

널의 15MHz 폭만 분배하여, 기술 검증 및 실증사업 추진을 지원하다.

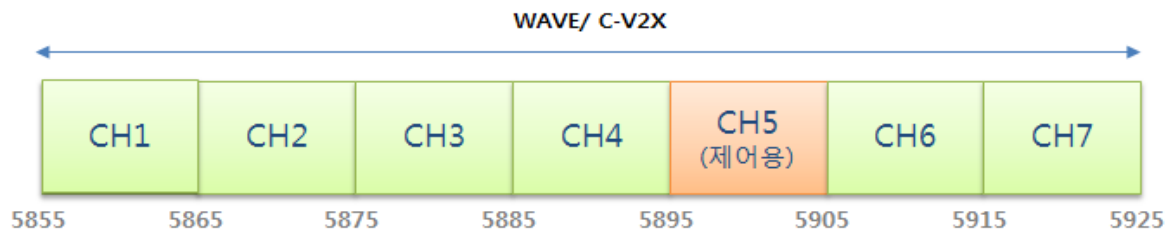
이 방안은 현재 진행 중인 다양한 WAVE 및 LTE-V2X 실험/실증사업 지원 가능, 향후 기술여건 성숙에 따라 추가 주파수 분배 가능성 있다는 장점이 있으며, 5GAA 및 국내 일부 제조사(LG 등)는 C-V2X 검증용으로 최소 20MHz 폭이 필요하다는 입장으로, 15MHz 폭만 분배될 경우 상용화보다는 기술 검증이 주목적이 된다. 또한 제어용 채널은 채널4(5885-5895)로 변경하여, 각 기술간 주파수를 이격되도록 하였다.



[그림 27] 주파수 분배방안 2-차등분배

3) 전체 대역 사용

(그림 28)과 같이 전체 대역을 두 기술모두에 사용할 수 있도록 유도하고, 각 기술에 채널사용 시 상대 기술과의 공존방식을 기술기준상 강제하는 방안으로, 실제로 5G V-2X 표준에도 고려중에 있는 방안이다. 이 경우 전체 75MHz 대역폭을 특정 기술의 규정 없이 이용할 수 없기 때문에 기술간 호환 및 기술간 공정경쟁이 가능하다는 장점이 있으나, 이미 표준이 완료된 IEEE802.11p에 공존방식을 강제하지 못하며, 후발 주자인 C-V2X 표준에 분배될 수 밖에 없을 것으로 보인다.



[그림 28] 주파수 분배방안 3-전체대역 공유

4) 기타 방안

앞 절에서 서술한 바와 같이, 우리나라는 단거리전용통신(DSRC) 용도로 5795-5815MHz 대역을 이용 중이며, 실제 도로공사에서는 20MHz 폭의 1번 채널(5795-5805MHz)만 사용하는 것으로 확인되었다. C-V2X의 경우, 관련한 상용칩을 막 출시되는 단계로 기술의 성능 검증 등이 이루어지지 않음에 따라 선행적으로 5.9GHz 대 주파수 대역을 분배하는 것보다, 주파수 회수·재배치를 통해 2번 채널(5805-5815MHz)의 10MHz 폭을 C-V2X의 시험용 주파수로 분배하여, 실용화 가능성 검증용으로 활용하는 방안도 고려해 볼 수 있다.

제7절 C-ITS 후보 주파수 대역 검토

국제적으로 ITS 주파수대역 분배현황은 다음 (표 21)과 같으며, 대부분 지역에서 5.9GHz대역을 ITS 주파수 대역으로 분배하고 실증사업을 추진함에 따라, WRC-19 등 향후 국제/지역조화주파수 대역으로 이용될 가능성이 높아 보인다. 그러나 현재 기술여건 또는 주파수 정책 상 5.9 GHz대역에서 IEEE802.11p 및 C-V2X 간 공존이 어려울 경우, 다음 700MHz, 6GHz 및 63GHz 대역 등 새로운 주파수 대역의 ITS 용으로의 분배를 검토해 볼 수 있다.

[표 21] ITU-R region 별 C-ITS 주파수 대역

지역	주파수 대역
Region 1(유럽)	5855-5925 MHz, 63-64 GHz
Region 2(아메리카)	5850-5925 MHz
Region 3(아시아-오세아니아)	5855-5925 MHz 한국(5855-5925MHz), 중국(5905-5925MHz), 일본(5770-5850MHz, 755.5-764.5MHz)

1. 700MHz 대역

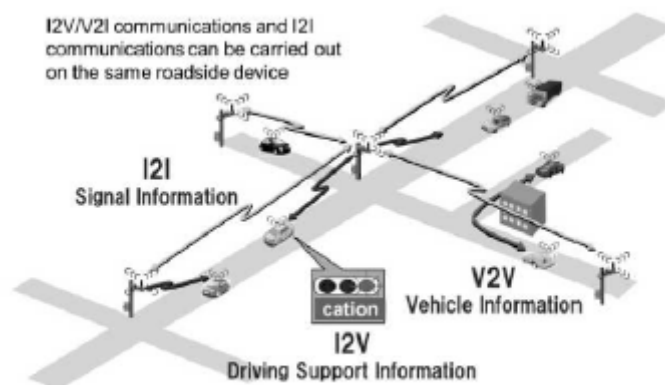
700MHz 대 주파수는 GHz 대역보다 신호 회절성이 강해 전파의 도달 거리가 길어, 신호의 전달 특성이 우수한 성능을 갖는 대역이다. 일본은 아날로그

방송의 디지털 전환 시 발생하는 여유 주파수 중 755.5-764.5 MHz의 9MHz폭을 차량 안전용으로 분배하고, (표 22)와 같이 ARIB STD-T109 700MHz ITS 표준인 “700MHz intelligent Transport System”을 확정하였다.

[표 22] 일본 ITS(700MHz) 시스템 주요 파라미터

파라미터	값
중심 주파수	760MHz (Single frequency)
점유 대역폭	9MHz 이하
채널 코딩	컨볼루션 코딩(1/2, 3/4 코딩율)
변조방식	BPSK, QPSK, 16QAM
전송 출력	10 mW/MHz 이하
접속 제어방식	CSMA/CA+TDMA

특히, 노변 센서들이 교차로 사각지대에 있는 차량을 감지하여 700MHz 대역을 이용하여 주변에 있는 차량에 알리는 실험 등을 수행하였다. 특히 (그림 29)와 같이 우수한 회절특성에 따라 교차로에서 I2I 통신의 사용가능성을 제시하였으며, 각 교차로의 노변 기지국 간의 통신을 통해서 각 교차로의 교통 상황 및 차량 정보 등을 공유하고 각 교차로 주변을 통과하는 차량들은 노변 기지국과 차량간 통신을 통해서 가시거리 너머에 있는 교차로들에 대한 교통 상황을 사전에 통보받고 인지하여 안전운행을 지원한다. 또한 긴급차량 우선 신호 제어, 교통흐름 유지 등 다양한 700MHz 주파수 활용방안을 제시하였다.



[그림 29] 일본의 700MHz ITS 시스템 개요

우리나라의 700MHz 대 이용현황을 보면, 과기정통부는 (그림 30)과 같이 지난 '15년 재난안전통신망에 20MHz(상/하향 각 10MHz)과 지상파 UHD용으로 30 MHz 폭, 이동통신에 40MHz(상/하향 각 20MHz)를 분배하였다. 특히 UHD방송용으로 지상파에 분배된 주파수는 HD방송에서 UHD 전환기간에 한해 분배하는 것으로, 전환 완료 후 회수 될 예정이다.



[그림 30] 국내 700MHz 대 주파수 분배 현황

따라서 700MHz 대역에 일부 여유가 있을 것으로 판단되나, 앞서 기술한 바와 같이 매우 우수한 신호 특성을 갖는 대역으로 다양한 서비스의 사용요구가 있고, LTE-R/M 등 다양한 재난통신용 서비스가 존재하며, 국제/지역적 조화 주파수 개발이 쉽지 않으므로 국내에서 ITS 용으로 분배하기는 어려워 보인다[20].

2. 5.9~6.4 GHz 대역

이 대역은 향후 5G 기술까지 수용할 수 있도록 5GAA 등에서도 ITS 후보 대역으로 제안하는 대역으로, 현재 ITS 주파수 대역과 바로 이어서 쓸 수 있다는 장점이 있다. 국내 주파수 분배현황을 보면, 우리나라는 5925-6700MHz, 6700-7075 MHz 대역을 고정 M/W 중계, 방송중계로 용도 지정되어 있고, 지난 '18.10월 6~7.2GHz 대역을 UWB 용으로 추가 분배하였다. 특히 6GHz 대역은 방송, UWB와 같이 낮은 출력을 갖는 서비스는 시스템 특성상 주변 잡음에 민감하므로, 상대적으로 고출력(20dBm)을 사용하는 ITS 통신방식의 경우 공존을 위한 다양한 기술 여건을 만족시켜야 하는 단점이 있다. 또한 Wifi Alliance 등 무선랜 협회 등에서는 광대역 Wifi 사용을 위해 6GHz 이상까지 확장하는 주파수 수요서를 FCC에 제출함에 따라, 이후 국제 주파수 분배 동향에 따라 Wifi와의 공존연구도 필요할 것으로 보인다.

3. 63~64 GHz 대역

이 대역은 유럽에서 ITS 용도로 할당하여 이용중이며, 최근 일본에서도 60GHz 대를 이용한 차량간 통신방식 연구를 제안하였다. 동 대역은 고주파 특성상 도달 거리가 수 km 내외로 짧다는 단점이 있으나, 상대적으로 광대역 폭을 확보 할 수 있다는 장점이 있다.

우리나라는 해당 대역을 지구탐사위성(수동), 고정, 무선탐지 및 우주연구 등의 업무로 분배하였으며, 특히 용도 미지정 기기로 용도 지정한 바 있다. 또한 해당 주파수대역을 사용하는 용도 미지정기기의 출력은 20 dBm으로 ITS 대역에서 규정한 출력과 동일하며, 해당 대역에서의 수동업무와의 공존연구가 선행적으로 필요하다. 또한 우리나라 주파수 분배표 및 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선설비의 기술기준 등에 따라 262-264MHz, 22-23.6GHz, 57-66GHz, 122-123GHz, 244-246GHz 대역 등은 용도 미지정 기기로 분배하고 있으므로, 향후 추가 주파수 분배 시 ITS용으로 우선적으로 검토 가능할 것으로 보인다.

제3장 무선전력전송 기술기준 검토

제1절 현행체계 문제점

1. 관계법령체계

우리나라는 무선전력전송(WPT : Wireless Power Transmission)을 별도로 정의하지 않고 (표 23)와 (표24)와 같이 전파법 제58조 및 동법 시행령 제74조 (통신설비 외의 전파응용설비)에 따라 전파응용설비 중 하나로 해석하여 관계 법령을 적용중이다. 전파법 제58조에서는 대통령령으로 정하는 전파응용설비에 대해 과학기술정보통신부의 허가를 받아 운용하도록 규정하고 있는데, 통신설비인 전파응용설비로는 전력선통신설비 또는 유도식 무선전신·전화 등이 있고 통신설비 외의 전파응용설비는 전선로에 주파수가 9킬로헤르츠 이상인 전류가 흐르고 50와트를 초과하는 고주파 출력을 사용하며 통신을 주 목적으로 하지 않는 설비로 규정하고 있다. 다만 전자유도가열식 조리기, 전자레인지, 1,000와트 미만의 고주파 조명기기, 가사용 저전압 전원설비를 이용하는 200와트 이하의 무선전력전송기기등 가사용 전자제품에 한하여 과학기술정보통신부 장관이 정하여 고시한 설비는 허가 대상에서 제외하고 있다.

[표 23] 해외 국가/단체의 무선전력전송 정의

국가	전파응용설비의 정의
ITU	<ul style="list-style-type: none"> • Operation of equipment or appliances designed to generate and use locally radio frequency energy for industrial, scientific, medical, domestic or similar purposes, excluding applications in the field of telecommunications. (ITU Radio Regulations - Article 1, Definitions of Radio Services)
미국	<ul style="list-style-type: none"> • Equipment or appliances designed to generate and use locally RF energy for industrial, scientific, medical, domestic or similar purposes, excluding applications in the field of telecommunication. Typical ISM applications are the production of physical, biological, or chemical effects such as heating, ionization of gases, mechanical vibrations, hair removal and acceleration of charged particles. (47CFR §18.107)

국가	전파응용설비의 정의
유럽	• The bands in Annex 1 a - b - c - d f - f1 - f2 - h - i - j - k - l and m are also designated for industrial, scientific and medical (ISM) applications as defined in ITU Radio Regulations. (ERC/REC/70(03))
대한민국	• 전파에너지를 발생시켜 한정된 장소에서 산업·과학·의료·가사, 그 밖에 이와 비슷한 목적에 사용하도록 설계된 설비 (전파법 제58조)

따라서, 시행령에서는 허가용 전파응용설비만을 ‘통신설비 외 전파응용설비 (전파법시행령 제74조)’와 ‘통신설비인 전파응용설비(전파법시행령 제75조)’로 분류하고 있으므로, 출력 50W 이하인 전파응용설비는 별도 분류기준이 없는 실정이다.

[표 24] 전파응용설비 관계법령

전파법	전파법 시행령
<p>제58조(산업·과학·의료용 전파응용설비 등) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 설비를 운용하려는 자는 과학기술정보통신부장관의 허가를 받아야 한다. 허가받은 사항 중 대통령령으로 정하는 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다. <개정 2010.7.23, 2013.3.23></p> <p>1. 전파에너지를 발생시켜 한정된 장소에서 산업·과학·의료·가사, 그 밖에 이와 비슷한 목적에 사용하도록 설계된 설비로서 대통령령으로 정하는 기준에 해당하는 설비</p>	<p>제74조(통신설비 외의 전파응용설비) 법 제58조제1항제1호에서 "대통령령이 정하는 기준에 해당하는 설비"란 주파수가 9킬로헤르츠(kHz) 이상인 고주파 전류를 발생시키는 설비로서 50와트를 초과하는 고주파 출력을 사용하는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 설비를 말한다. 다만, 가사용 전자제품 등 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시하는 것은 제외한다. <개정 2013.3.23></p> <p>1. 산업용 전파응용설비(고주파의 에너지를 발생시켜 그 에너지를 목재와 합판의 건조, 금속의 용융 또는 가열, 진공관의 배기 등 산업생산을 위하여 사용하는 것)</p> <p>2. 의료용 전파응용설비(고주파의 에너지를 발생시켜 그 에너지를 의료용으로 사용하는 것)</p> <p>3. 그 밖의 전파응용설비[제1호 및 제2호 외의 설비로서 고주파의 에너지를 직접 부하(負荷)에 가하여 가열 또는 전리 등의 목적에 이용하는 것]</p>

<p>2. 전선로에 주파수가 9킬로헤르츠 이상인 전류가 흐르는 통신설비 중 전계강도(電界強度) 등이 대통령령으로 정하는 기준에 해당하는 설비</p> <p>② 과학기술정보통신부장관은 제1항에 따른 허가 신청을 받은 경우 제45조에 따른 기술기준에 적합하고 다른 통신에 방해를 주지 아니한다고 인정되면 허가하여야 한다. <개정 2013.3.23></p> <p>③ 제1항에 따라 허가받은 설비에 관하여는 제21조 제1항·제3항·제4항, 제24조, 제25조, 제25조의2, 제45조 및 제72조를 준용한다. <개정 2010.7.23></p> <p>④ 과학기술정보통신부장관은 전선로에 주파수가 9킬로헤르츠 이상인 전류가 흐르는 통신설비의 경우 다른 통신에 방해를 주지 아니하도록 그 운용을 제한하는 주파수 대역을 정하여 고시할 수 있다. <개정 2013.3.23>[전문개정 2008.6.13]</p>	<p>제75조(통신설비인 전파응용설비) ① 법 제58조제1항제2호에서 "대통령령으로 정하는 기준에 해당하는 설비"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 설비를 말한다. <개정 2010.12.31, 2013.3.23></p> <p>1. 전력선을 이용한 통신설비(이하 "전력선통신설비"라 한다)는 해당 설비로부터 3미터에서의 전계강도가 500마이크로볼트($\mu V/m$)를 초과하는 설비. 다만, 해당 설비의 주파수가 450킬로헤르츠(kHz) 미만인 경우에는 과학기술정보통신부장관이 고시하는 전계강도를 초과하는 설비로 한다.</p> <p>2. 유도식 무선전신·무선전화로서 해당 설비로부터 500미터 떨어지고 선로로부터 기본주파수의 파장을 2파이(π)로 나눈 거리에서의 전계강도가 미터마다 15마이크로볼트를 초과하는 것(이하 "유도선통신설비"라 한다)</p> <p>② 전력선통신설비는 그 설비에서 발사되는 주파수와 사용하는 출력이 다음 각 호에 적합하여야 한다. <개정 2008.6.20></p> <p>1. 9킬로헤르츠(kHz)이상 30메가헤르츠(MHz)까지의 범위의 주파수(기술개발을 위한 현장실험의 경우는 제외한다)</p> <p>2. 송신설비의 고주파 출력이 10와트 이하일 것. 다만, 특수한 장치의 것은 제외한다.</p> <p>③ 유도선통신설비는 그 설비에서 발사되는 주파수가 9킬로헤르츠(kHz)부터 250킬로헤르츠(kHz)까지의 것이어야 한다.</p>
--	--

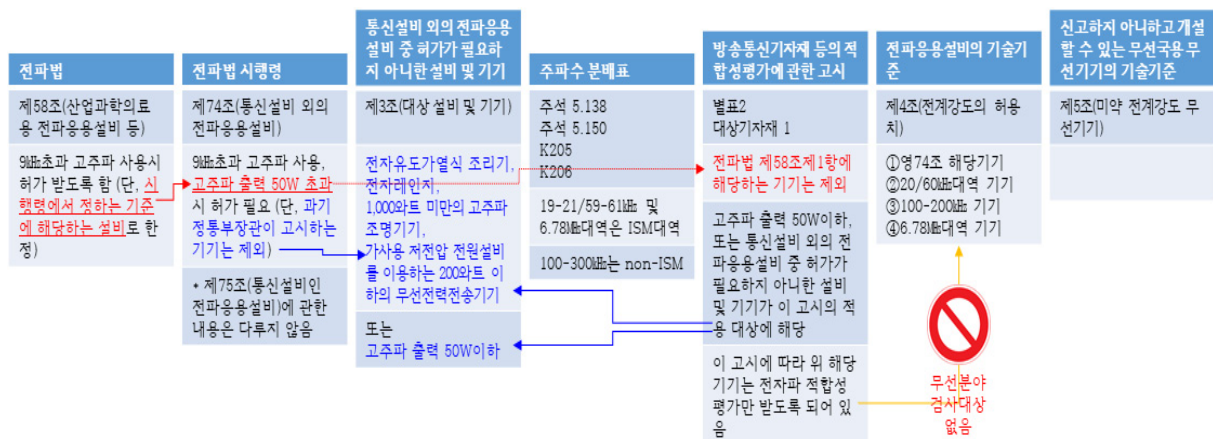
또한, 전파법 제58조제1항에 따른 전파응용설비를 제외한 전파응용설비는 (표 25)와 같이 적합등록 대상기자재에 해당하며 ‘전자파적합성 기준’을 만족하여야 한다(무선, 유선, 전자파인체보호 기준은 평가 비대상).

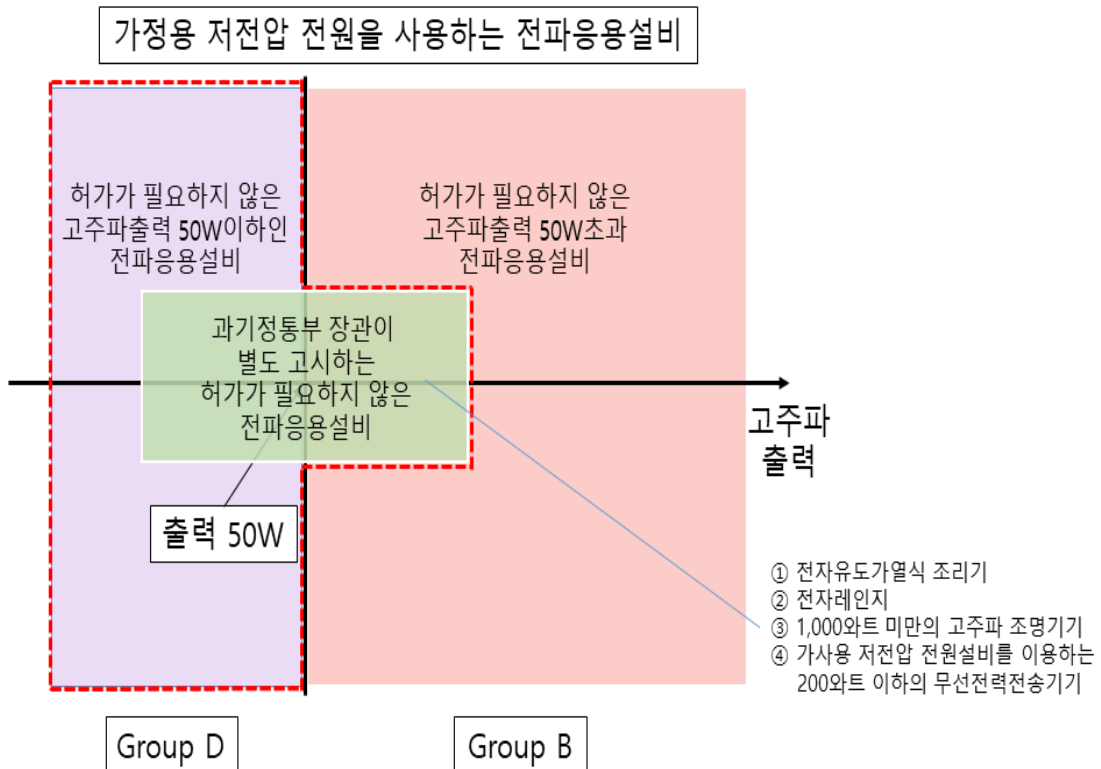
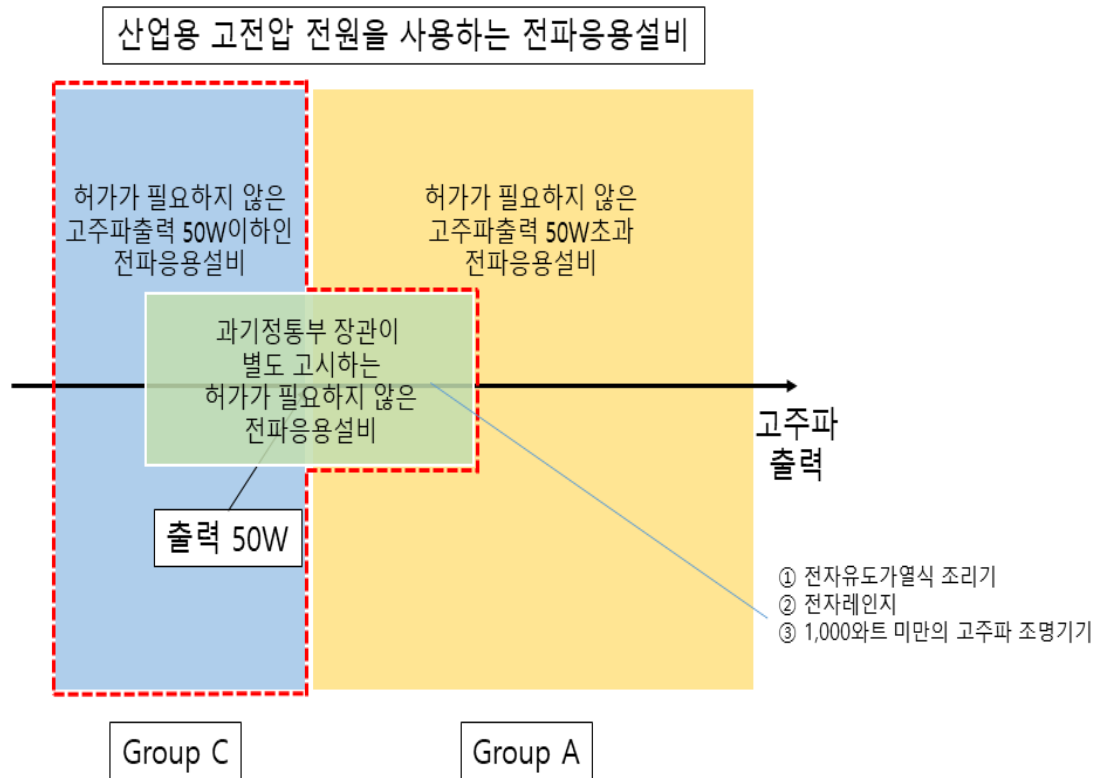
[표 25] 방송통신기자재 등의 적합성평가에 관한 고시
[별표2, 지정시험기관 적합등록 대상기자재]

대상 기자재	적합성평가기준 적용 분야				
	전자파 적합성	무선	유선	전자파 인체보호	
				SAR	전자파 강도
1. 산업·과학 또는 의료용 등으로 사용되는 고주파 이용 기기류 : 산업·과학·의료 및 가정용으로 고주파에너지를 발생하거나 이를 부분적으로 이용하도록 설계된 장치 및 기기류 (「전파법」 제58조의3제1항제4호 나목 및 바목에 따른 기기와 동법 제58조제1항 각 호에 따른 전파응용설비는 제외)	가. 산업용 고주파 이용기기류	○			
	나. 과학용 고주파 이용기기류	○			
	다. 의료용 고주파 이용기기류	○			
	라. 가정용 고주파 이용기기류	○			

또한, 무선전력전송 기기의 사용 주파수 및 전계강도 허용치는 국립전파연구원장 고시 ‘전파응용설비의 기술기준’을 적용중에 있으며, 동 법령 및 기술기준 체계상 서로 참조하고 있는 기준값이 다르거나, 국내에만 전계강도 허용치가 높게 설정되어 있는 등 산업계 등에서 빈번한 해석요구 등이 있음에 따라 관련 법령 정비 및 기술기준 개정이 요구된다.

국내 무선전력전송 관련 법령체계를 다음 (그림 31)에 요약하였다.





[그림 31] 국내 무선전력전송 관련 법령체계

제2절 기술기준 개정방향

1. 주요 개정사항

가. 가사용 전파응용설비 정의 및 범위

전파응용설비 기술기준 제4조3항에 따르면, 산업·과학·의료·가사(ISM) 그 밖에 이와 유사한 목적으로 분배된 주파수를 이용하는 통신설비 외의 전파응용설비에서 발사되는 기본파의 전계강도 허용치는 제한이 없다. 전파규칙에서 규정한 ISM 대역의 정의는 (표 26)과 같이 산업, 과학, 의료 목적으로 '공간'을 한정하는 대신, 출력 등을 제한없이 완화하여 사용이 가능하다. 특히 ITU에서는 ISM 대역으로 2.4-2.48 GHz, 5.725-5.875 GHz, 24-24.25 GHz, 61-61.5GHz 122-123 GHz, 244-246 GHz 대역 등을 규정하고 있으므로, 기술 개발에 따른 다양한 주파수 대역 사용이 가능하다.

[표 26] 전파규칙 1.15. ISM 정의

Industrial, scientific and medical (ISM) applications (of radio frequency energy) : Operation of equipment or appliances designed to generate and use locally radio frequency energy for Industrial, scientific and medical, domestic or similar purposes, excluding applications in the field of telecommunications.

미국은 가사용 전파응용설비(Consumer ISM Equipment)와 산업용 전파응용설비(Non-Consumer ISM Equipment)에 대한 기준이 구분되어 있으나 국내는 정의와 범위 및 기준이 모호하므로, 다양하게 해석될 여지가 있다.

또한 기존의 산업용 전파응용설비와 달리 가정 등 국민 생활환경에서 사용되는 무선전력전송기기의 인체영향 등을 고려하여 산업용 무선전력전송 기기와 가정용 무선전력전송기기의 기술기준의 분리 마련 검토가 필요하다. 특히, 최근 6.78MHz, 2.4GHz대역 RF빔 방식의 가사용 무선전력전송기기가 개발 상용화되는 추세는 인체 전자파 노출 가능성 증가하기 때문에 기술기준 개정 시 신중한 검토가 필요하다. 이에 따라 ISM 이라고 하더라도, 기본파의 전계강도의 제한치를 두는 방안도 고려 가능하다.

나. 주파수 별 출력 규제문제

우리나라 기술기준은 (표 27)과 같이 동작 주파수별로 측정 거리 및 전계강도 허용치를 다르게 규정하고 있다. 국내 기술기준은 모드에 따라 적용되는 기술기준이 다른 미국이나 동작 주파수별로 규제값이 다른 유럽과 비교할 경우, 그 규제 값이 매우 높다는 요구가 있다.

[표 27] 주파수별 전파응용설비 전계강도 허용값

주파수(MHz)	허용값(전계강도)	측정거리(m)
0.019-0.021	100 uV/m(산업용)	100
0.059-0.061	100 uV/m(산업용)	100
0.1-0.205	98-91.8 dBuV/m(미약전계강도)	3
6.675-6.795	49.8-49.7 dBuV/m(ISM용)	10

특히 미국의 경우 전력전송을 제어하는 통신의 경우 FCC CFR part 15를 적용하고, 실제 무선충전의 경우 part 18을 적용하는 등 이원화 된 규제를 적용하고 있고, 무선전력전송 기기를 ISM 기기로 분류하여, (표 28)과 같이 측정 거리는 동일하나 전력에 따라 기본 전계강도 허용치가 다르게 적용하고 있다 [21][22].

[표 28] 미국 전파응용설비 전계강도 허용값

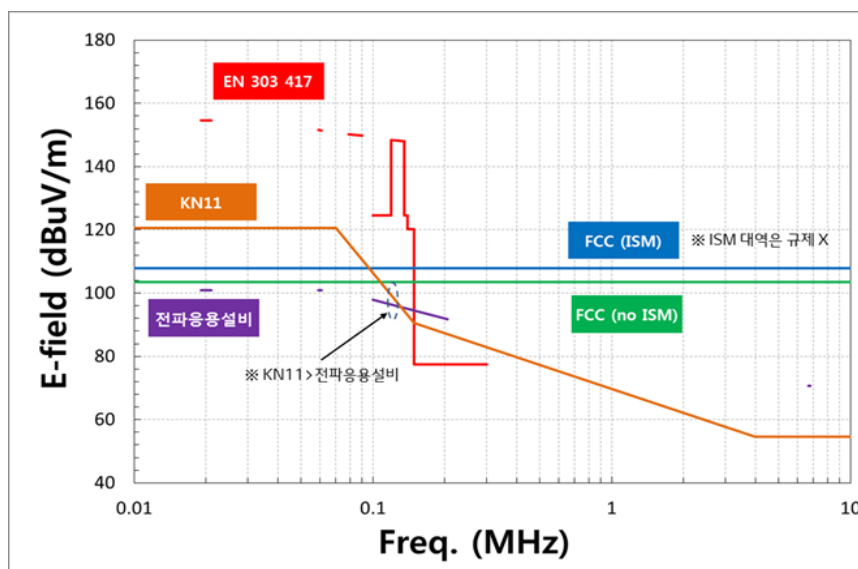
주파수(MHz)	출력(w)	허용값(전계강도, uV/m)	측정거리(m)
ISM	500 w 이상	$25 \sqrt{\text{출력}/500}$	300 m
	500 w 이하	25	
non-ISM	500 w 이상	$15 \sqrt{\text{출력}/500}$	
	500 w 이하	15	

또한, 유럽은 EN 303 417에 따라 (표 29)와 같이 동작주파수 별로 규제값이 상이하나 측정거리는 10m로 동일하다. 따라서 우리나라의 경우 거리와 주파수 별 규제치가 변수로 주어지기 때문에 각종 무선전력전송 기기의 규제값이 상이하게 되므로, 다양한 기술의 적용에 한계가 있다는 문제가 있다[23][24].

[표 29] 유럽 전파응용설비 전계강도 허용값

주파수(MHz)	허용값(전계강도)	측정거리(m)
0.019-0.021	72	10
0.059-0.061	69.1-69	
0.079-0.09	67.8-67.2	
0.1-0.119	42	
0.119-0.135	66-65.5	
0.135-0.14	42	
0.14-0.1485	37.7	
0.1485-0.3	-5	
6.675-6.795	42	

(표 27)~(표 29)에 기술된 주파수별 전계강도 허용치를 3m에서 측정한 값으로 변환하여 그림으로 나타내면 (그림 32)와 같다. (그림 32)에서 알 수 있듯이 현행 무선분야 적합성 평가기준과 전자파 적합성 평가기준 등에 따라 약 123kHz 대역 이하에서는 미약무선기기 기본과 전계강도 허용기준이 KN11의 EMC 허용기준보다 높아지기 때문에, 출력을 조정할 수 밖에 없어 무선전력 전송 효율이 낮아진다는 단점이 있다. 따라서 이 값을 국제 기준에 따라 상향하거나 거리에 따라 변하는 전계강도 값을 특정 거리를 기준으로 통일할 필요성이 있다.



[그림 32] 한국, 미국, 유럽의 주파수별 전계강도 허용치

2. 전파응용설비 개정안

앞 절에서 설명한 내용을 중심으로, 전파응용설비 개정안은 다음 (표 30)과 같이 도출 될 수 있다.

[표 30] 전파응용설비 기술기준 개정안

현행	개정(안)																						
<p>제4조(전계강도의 허용치) ① 영 제74조에 따른 통신설비외의 전파응용설비에서 방사되는 기본파 및 불요발사에 의한 전계강도의 최대허용치는 다음과 같다.</p> <p style="text-align: center;">< 표 생략 ></p>	<p>제4조(전계강도의 허용치) ① 영 제74조에 따른 통신설비외의 전파응용설비에서 방사되는 기본파 및 불요발사에 의한 전계강도의 최대허용치는 다음과 같다.</p> <p style="text-align: center;">< 현행과 같음 ></p>																						
<p>② 제1항의 규정에도 불구하고 무선전력전송 기기에서 방사되는 기본파 및 불요발사에 의한 전계강도의 최대 허용치는 다음 각 호와 같다.</p>	<p>② 제1항의 규정에도 불구하고 무선전력전송 기기에서 방사되는 기본파 및 불요발사에 의한 전계강도의 최대 허용치는 다음 각 호와 같다.</p>																						
<p>1. 19~21kHz, 59~61kHz 대역을 이용하는 무선 전력전송기기의 기본파 및 불요발사에 의한 전계강도는 제1항의 산업용 전파응용설비 기준에 적합할 것</p>	<p>1. 기본파의 전계강도는 다음에 적합할 것</p> <table><tr><th>주파수</th><th>자계강도 허용치 (dBμA/m)</th><th>비고</th></tr><tr><td>19kHz 이상 21kHz 미만</td><td>72</td><td rowspan="9">측정거리 10m, 분해대역폭 200Hz를 기준으로 하며, f는 kHz를 단위로 한 주파수임</td></tr><tr><td>59kHz 이상 61kHz 미만</td><td>72-(11.63*LOG(f/30))</td></tr><tr><td>100kHz 이상 110kHz 미만</td><td>42</td></tr><tr><td>110kHz 이상 135kHz 미만</td><td>72-(11.63*LOG(f/30))</td></tr><tr><td>135kHz 이상 140kHz 미만</td><td>42</td></tr><tr><td>140kHz 이상 148kHz 미만</td><td>37.5</td></tr><tr><td>148kHz 이상 150kHz 미만</td><td>14.8</td></tr><tr><td>150kHz 이상 300kHz 미만</td><td>[14.8]</td></tr><tr><td>6765kHz 이상 6795kHz 미만</td><td>[?]</td></tr></table>	주파수	자계강도 허용치 (dBμA/m)	비고	19kHz 이상 21kHz 미만	72	측정거리 10m, 분해대역폭 200Hz를 기준으로 하며, f는 kHz를 단위로 한 주파수임	59kHz 이상 61kHz 미만	72-(11.63*LOG(f/30))	100kHz 이상 110kHz 미만	42	110kHz 이상 135kHz 미만	72-(11.63*LOG(f/30))	135kHz 이상 140kHz 미만	42	140kHz 이상 148kHz 미만	37.5	148kHz 이상 150kHz 미만	14.8	150kHz 이상 300kHz 미만	[14.8]	6765kHz 이상 6795kHz 미만	[?]
주파수	자계강도 허용치 (dBμA/m)	비고																					
19kHz 이상 21kHz 미만	72	측정거리 10m, 분해대역폭 200Hz를 기준으로 하며, f는 kHz를 단위로 한 주파수임																					
59kHz 이상 61kHz 미만	72-(11.63*LOG(f/30))																						
100kHz 이상 110kHz 미만	42																						
110kHz 이상 135kHz 미만	72-(11.63*LOG(f/30))																						
135kHz 이상 140kHz 미만	42																						
140kHz 이상 148kHz 미만	37.5																						
148kHz 이상 150kHz 미만	14.8																						
150kHz 이상 300kHz 미만	[14.8]																						
6765kHz 이상 6795kHz 미만	[?]																						
<p>2. 100~205kHz 대역을 이용하는 무선전력전송 기기의 기본파는 3m 거리에서 측정한 전계 강도가 500μW/m 이하(측정값에 6π/λ를 곱하여 적용한다. 이 경우 λ는 측정주파수의 파장임)이고 불요발사는 기본파의 전계 강도 보다 낮을 것</p>																							
<p>3. 6765~6795kHz 대역을 이용하는 무선전력전송기기의 기본파 및 불요발사에 의한 전계 강도는 다음의 기준 값 이하일 것</p>																							

주파수	기준 값	비 고
9kHz~10MHz	$78.5-10\log(f/9)\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$	※ 10m 거리를 기준으로 하며, f는 kHz를 단위로 한 주파수로 한다. ※ 분해대역폭은 주파수 9~150kHz에서 200Hz, 150kHz~30MHz에서 9kHz, 30~1,000MHz에서 120kHz를 적용하고, 검출 모드는 준 침투치 모드를 이용한다.
10~30MHz	48dBμV/m	
30~230MHz	30dBμV/m	
230~1000MHz	37dBμV/m	

③ 제1항 및 제2항에도 불구하고 산업·과학·의료·가사 그 밖에 이와 유사한 목적으로 분배된 주파수를 이용하는 통신설비 외의 전파응용설비에서 발사되는 기본파의 전계강도 허용치는 두지 아니한다.

주파수	기준 값	비 고
9kHz~10MHz	$78.5-10\log(f/9)\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$	※ 10m 거리를 기준으로 하며, f는 kHz를 단위로 한 주파수로 한다. ※ 분해대역폭은 주파수 9~150kHz에서 200Hz, 150kHz~30MHz에서 9kHz, 30~1,000MHz에서 120kHz를 적용하고, 검출 모드는 준 침투치 모드를 이용한다.
10~30MHz	48dBμV/m	
30~230MHz	30dBμV/m	
230~1000MHz	37dBμV/m	

③ 제1항 및 제2항에도 불구하고 공업, 과학 및 의료용(ISM) 응용으로 지정된 주파수^{주)}를 이용하는 경우 기본파의 전계강도 허용치는 두지 아니한다. 다만, 가사·의료용 전파응용설비와 전파법 시행령 제75조에 해당하는 설비에는 적용되지 않는다.

주) 6765~6795kHz, 13553~13567kHz, 26975~27283kHz, 40.66~40.70MHz, 2400~2500MHz, 5725~5875MHz, 24~24.25GHz, 61~61.5GHz, 122~123GHz 및 244~246GHz

제4장 결론

이 연구에서는 자율주행차의 필수 기반기술인 센서 및 통신 등 각종 전파기반의 기술들을 살펴보고 주파수 자원 및 국내 기술기준 체계를 분석하였다. 이를 위해, 미국, 유럽 및 ITU 등 주파수 관련 국가 및 단체의 사례를 조사하였다. 특히 차세대 지능형 교통시스템으로 각광 받고 있는 C-ITS는 우리나라를 비롯한 전세계적으로도 5.9GHz 대역을 이용한 각종 실증사업 등이 추진 중에 있으며, 국제적/지역 조화주파수로 제안하고 있는 대역이다.

이에 따라, 최초의 C-ITS 기술이라고 할 수 있는 IEEE802.11 기반의 DSRC (또는 WAVE) 등을 중심으로 표준이 완료되었고, 우리나라에서도 이 기술을 기반으로 스마트 하이웨이 사업 등 인프라 구축이 완료되었거나, 계속 추진 중에 있다.

또한, 최근의 이동통신 기술의 발달로 서비스 커버리지 확대 및 저지연에 따른 사고 감소 등 신호품질의 우수성을 바탕으로 한 C-V2X 표준이 확정되고, 해당 기술을 5.9GHz 대역에서 사용하기를 희망함에 따라 필연적으로 발생할 수 밖에 없는 동일주파수 내 신호간 간섭문제가 발생한다. 이에 따라 이 연구에서는 기술간 신뢰성 있는 통신을 위해, 5GAA 등에서 제안한 공존기술을 소개하고, 적절한 채널 배치 등을 통한 두 기술간 공존 방안을 제시 하였다. 이를 통해 주파수 자원을 효율적으로 관리하고, 자율주행차의 필수적인 신뢰성 있는 통신이 가능하게 할 것으로 기대된다.

또한, 4차 산업 혁명의 핵심 기술 중 하나로 각광받는 무선전력전송 기술이 상용화 됨에 따라 기술 개발 시 국내의 다양한 법령 및 기술기준에 의해 따라, 적용받아야 할 법규가 상이하게 된다. 이에 따라 이 연구에서는 무선전력전송을 위한 국내 법령 체계를 살펴보고, 다양한 해석의 여지가 있는 전파응용설비 기술기준의 개정안을 제시하였다.

먼저, 국내에서는 ISM 대역을 산업, 과학, 의료용 이외에 가사용으로도 정의하고 있으므로, 해당 무선충전 제품이 가사용으로 쓸 경우 어느 규정을 만족해야 하는지 다양한 해석의 여지가 있다. 이를 위해 ITU, 미국, 유럽 등의 ISM 관련 규정을 조사하여 전파응용설비 기술기준 개정 시 참고하도록 하였다.

또한, 무선전력전송은 전파응용설비 기술기준의 전계강도 기준값을 만족하여야 하는데, 국내에서 제시된 값이 미국 및 유럽 등에 비하여 엄격하다는 산

업계 의견을 반영하여, 국제 표준값을 반영하는 안을 제시하였다. 그러나 동 기술기준은 “신고하지 아니하고 개설 할 수 있는 무선설비의 기술기준” 등 관련되어 있는 기술기준에 규정된 전계강도 값을 준용하므로, 전파응용설비 기술기준 개정 시 보다 신중한 검토가 필요하다.

또한, 우리나라는 전파법 등에서 통신 유무에 따라 전파응용설비를 각각 다르게 규정하고 있으므로, 기술 발전에 따른 최근의 무선전력전송 기술을 제대로 반영하지 못한다. 따라서 이 연구에서는 무선전력전송 기술의 정의를 새롭게 규정하여 기술기준 상에 반영하는 개정안을 제시하였다.

마지막으로 우리나라의 법령체계 상 무선전력전송 이원화 된 문제는, 신기술의 적기 도입을 저해하는 요소로 작용할 수 있으므로 장기적으로는 전파법, 전파법 시행령, 신고하지 아니하고 개설 할 수 있는 무선설비의 기술기준, 전파응용설비 기술기준 등 관계 법령을 규제 관점이 아닌 신기술의 도입 시 저해될 요소를 제거하거나, 해석상 명확하지 않은 부분을 수정하는 관점에서 검토될 필요성이 있다.

이러한 연구를 통해 수립·개선된 제도는 4차산업의 핵심 기술로 각광받는 자율주행차와 무선전력전송 분야 산업 활성화 도모 및 효율적 주파수 자원 관리에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)
- [2] Shashibushan Yenkanchi, "Multi Sensor Data Fusion for Autonomous Vehicles", Universtiy of Windsor Scholarship at UWindsor, 2016.1.21.
- [3] Alessio Filippi, "IEEE802.11p ahead of LTE-V2V for safety applications", NXP Semiconductors. Onn Haran and Ron Toledano - Autotalks.
- [4] Morgan Stanley, "Autonomous Cars & Telcos: We're gonna need a bigger (5G) Pipe", Autos & Shared Mobility, Global Telcos, Tech, SRI, 2018.5.7
- [5] IEEE Computer society 802.11p, "IEEE Standard for Information Technology-Telecommunications and Information exchange between systems - local and metropolitan area networks-specific requirements, part 11 Amendment 6", 2010.7.15.
- [6] 정소이, 이동구, "자율주행을 위한 C-V2X 표준화 동향", 한국통신학회지 (정보와통신) 35(3), 2018.2, pp 18-25
- [7] 3GPP TS 36.211, "Evolved Universal Terrestrial Radiio Access;Physical Channeles and modulation (Rel 14)", V14.1.0. 2016.12
- [8] 장재득, 김태중, "자율주행차량을 위한 밀리미터파 무선통신 기반 차량 사물통신기술", 정보통신기술진흥센터, pp3-14, 주간기술동향 1810호, 2017.8.23.
- [9] 정소이, 이동구, 김재현 (2018). "자율주행을 위한 C-V2X 표준화 동향. 한국통신학회지(정보와통신)", 35(3), 18-25.
- [10] GSMA, "Safer and smarter driving: the rollout of Cellular V2X services in Europe", 2017.12
- [11] Giammarco Cecchini, "Performance Comparision Between IEEE802.11P and LTE-V2V In-coverage and Out of coverage for Cooperative Awareness, IEEE Vehicular Networking Conference, 2017.12.27
- [12] 오종택, "미국의 5.9GHz 차세대 DSRC 주파수 및 표준화 현황", TTA 표준기술동향
- [13] Draft ETSI EN 302 663 V1.2.0, Intelligent Transport Systems (ITS); Access layer specification for intelligent Transport Systems operating in the

- 5GHz frequency band, 2012.11
- [14] ECC/DEC/(09)01 The harmonised use of the 63-64 GHz frequency band for Intelligent Transport Systems (ITS)
 - [15] ETSI ITS Standardization Activities, Workshop on ICT for next generation ITS, 2016.2.25.
 - [16] ETSI EN 302 571, Harmonized standard for 5.9 GHz ITS spectrum(ITS-G5)
 - [17] ETSI EN 302 686, Harmonized standard for 63 GHz to 64GHz ITS spectrum
 - [18] 임기택, “국내 WAVE 통신산업 현황”, 2018.3
 - [19] 김창주, “자율주행차 전파기술”, 전자과학회지 제28권제4호, 2017.7
 - [20] 한국방송통신전파진흥원(KCA연구 2016-7), 협력-지능형교통체계(C-ITS) 서비스를 위한 효율적인 전파활용 방안에 관한 연구, 2016.9.30.
 - [21] FCC CFR part 15
 - [22] FCC CFR part 18
 - [23] EN 330 330: Short Range Devices (SRD); Radio equipment in the frequency range 9 kHz to 25 MHz and inductive loop systems in the frequency range 9 kHz to 30 MHz
 - [24] EN 303 417: Wireless Power transmission systems, using technologies other than radio frequency beam, in the 19 - 21kHz, 59 - 61 kHz, 79 - 90 kHz, 100 - 300 kHz, 6765 - 6795 kHz ranges

비면허 대역 규제 간소화를 위한 체계 개편 연구



국립전파연구원
National Radio Research Agency

(58323) 전남 나주시 빛가람로 767

발 행 일 : 2019. 3.

발 행 인 : 전 영 만

발 행 처 : 국립전파연구원

전 화 : 061) 338-4414

인 쇄 : (사)한국척수장애인협회 광주·전남인쇄사업소
062) 222-2788

ISBN : 979-11-5820-121-0

〈 비 매 품 〉

주 의

1. 이 연구보고서는 국립전파연구원에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 국립전파연구원 연구결과임을 밝혀야 합니다.