

비면허 주파수 개발 및 신산업기술 기반 제도 개선 연구



국립전파연구원
National Radio Research Agency

비면허 주파수 개발 및 신산업기술 기반 제도 개선 연구



국립전파연구원
National Radio Research Agency

제 출 문

본 보고서를 「비면허 주파수 개발 및 신산업기술 기반 제도 개선에 관한 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2020. 12. 31.

연구책임자 : 임 영 채 (4차산업기술팀 신산업기술담당)
연구 원 : 성 주 영 (4차산업기술팀 신산업기술담당)
송 홍 중 (4차산업기술팀 신산업기술담당)
조 승 철 (4차산업기술팀 신산업기술담당)

요 약 문

과학기술정보통신부는 『5G+ 스펙트럼 플랜('19.12월)』을 통해 5G 상용화 이후 글로벌 경쟁에서 5G 품질을 실현하고 5G+ 전략산업의 경쟁력을 강화하기 위한 주파수정책을 펼쳤다. 코로나-19로 전 세계가 집에 머무는 시간이 늘어나면서 개인의 디지털 재택근무, 영상회의, 영상수업 등의 엔터테인먼트 스트리밍 서비스가 늘어나고 있고, 온라인 게임 등 다양한 기술 기반의 경험이 일상화되고 있다. 융합서비스 시대에 모든 사람과 사물이 결합되는 핵심은 5G 급비면허 주파수의 공급이 신산업 비즈니스 성공의 발판이 된다는 것이다.

본 연구의 제2장에서는 5G+ 전략산업의 품질을 실현할 수 있는 비면허 차세대 6GHz대역의 기술과 국내·외 동향 등을 분석하고 국내 기술기준 도입(안)을 제시하였다. 제3장에서는 신산업 생활주파수의 생태계조성을 위한 다양한 연구를 진행하였다.

그 첫 번째는 1GHz 이하의 주파수 대역에서 IoT 시장의 활성화를 위하여 920MHz 대역을 대상으로 광대역 IoT의 기술특성을 살펴보고, 기존 서비스와의 공유방안 연구 등을 통하여 합리적인 기술기준안을 제시하였다. 두 번째는 76-81GHz 대역을 이용한 실내 생체신호모니터링을 위해 물체감지센서로 용도를 정하고 출력기준, 인체영향 등을 검토하여 기술기준안을 마련하였다. 세 번째는 레저스포츠로 급부상하고 있는 5.8GHz 대역 드론레이싱 활성화를 지원하기 위하여 타 서비스와의 간섭영향 등을 검토하여 고속 이동 환경에서 끊임없는 영상전송을 위한 기술기준안을 마련하였다. 네 번째는 주파수 공동사용을 위한 TVWS의 실증특례에 따른 간섭분석 및 제도개선안을 마련하였다. 마지막으로 국민의 재난 안전 예방 등에 사용되고 있는 지표투과레이다의 관리방안과 벽투과레이다의 전파특성실험을 통하여 6GHz 이하의 비면허 기술기준(안)을 제시하였다.

국립전파연구원은 5G+ 전략산업의 육성과 발전을 위해 도입된 기술기준에 따라 비면허 무선기기의 인증을 위한 적합성평가 시험방법에 대해 합리적인 평가방법으로 개선하고자 지속적으로 노력하여 왔다. 제4장에서는 6GHz 대역 무선랜 기술기준 시행에 맞춰 송신 전 신호감지(LBT)와 MU-MIMO 시험 간소화 등의 비면허 기술기준 전반에 따른 시험방법 개선안을 마련하였다.

Contents

제1장 서론	15
제2장 6GHz 대역의 차세대 주파수 및 기술기준 연구	19
제1절 연구의 배경	19
제2절 국외의 6GHz대역 비면허 정책	23
제3절 6GHz 대역 차세대 와이파이 기술기준	26
제3장 신산업 생활주파수 생태계조성 연구	31
제1절 920MHz 광대역 사물인터넷(IoT)	31
제2절 70GHz 대역 용도확대를 위한 제도개선	36
제3절 5.8GHz 대역 드론레이싱 제도개선	39
제4절 TVWS 데이터통신 제도개선	43
제5절 지표투과레이다 및 벽투과레이다 제도	57
제4장 비면허 무선기기 적합성평가 시험방법 개선	69
제1절 연구의 배경	69
제2절 안테나 이득 및 시험단자 적용 개선(부속서 F)	69
제3절 무선랜 시험방법 개선(부속서 G)	70
제4절 20GHz이상의 복사시험 방법 개선(부속서 J)	73
제5절 전계강도 및 자계강도 시험방법 개선(부속서 L)	75
제5장 결론	79
참고문헌	83

표 목차

[표 2.1]	미국의 M/W 주파수 공동사용 분야	21
[표 2.2]	6GHz 대역 차세대 와이파이 기술기준(안)	27
[표 3.1]	국내·외 IoT용 주파수 공급량 비교	31
[표 3.2]	920MHz 광대역 IoT 도입을 위한 기술기준(안)	35
[표 3.3]	물체감지센서용 무선기기 출력 기준	37
[표 3.4]	70GHz대 물체감지센서용 무선기기의 기술기준(안)	38
[표 3.5]	연도별 드론레이싱 대회 국내개최 통계	39
[표 3.6]	드론레이싱 대회용 선호채널	39
[표 3.7]	드론레이싱 가용주파수 산출결과	41
[표 3.8]	영상전송용 특정소출력무선기기의 기술기준(안)	42
[표 3.9]	TVWS 데이터통신용 무선기기 기술기준	43
[표 3.10]	실증특례 사전기술검증 조건	46
[표 3.11]	TVWS Master 규격	48
[표 3.12]	TVWS Slave 규격	48
[표 3.13]	청풍호 전파분석 조건	50
[표 3.14]	TVWS 데이터통신용 무선기기 기술기준(안)	54

표 목차

[표 3.15]	매질 종류에 유전율과 전파속도	58
[표 3.16]	국내에서 사용 중인 GPR/WPR 제조사별 주파수	59
[표 4.1]	KS X 3123 부속서 F 개정안	70
[표 4.2]	KS X 3123 부속서 G 개정안	70
[표 4.3]	KS X 3123 부속서 J 개정안	73
[표 4.4]	KS X 3123 부속서 L 개정안	75

그림 목차

[그림 2.1]	WiFi 세대별 기술발전과 국내도입	20
[그림 2.2]	ITU에서 권고하고 있는 6GHz 대역의 M/W 배치	21
[그림 2.3]	국내 M/W 이용현황	22
[그림 2.4]	현행 6GHz M/W 주파수 배치	23
[그림 2.5]	미국 6GHz 비면허 Regulatory Action Timeline	24
[그림 2.6]	미국 6GHz 비면허 주파수 및 기술기준	24
[그림 3.1]	사물인터넷(IoT) 통신 기술 비교	32
[그림 3.2]	광대역 IoT 기기와 무선마이크 간 채널 회피 기능	33
[그림 3.3]	무선마이크 RF 성능 확인 실험 구성 및 환경	34
[그림 3.4]	생체신호 모니터링 활용 사례	36
[그림 3.5]	드론레이싱과 ITS 동일채널 간섭분석 결과	40
[그림 3.6]	드론레이싱과 ITS 인접채널 간섭분석 결과	41
[그림 3.7]	규제혁신 프로그램	44
[그림 3.8]	청풍호 유람선 사물인터넷 서비스 구성도	45
[그림 3.9]	청풍호 관광 모노레일 공공와이파이 실증	45
[그림 3.10]	전파분석 안테나 패턴도	49

그림 목차

[그림 3.11] 청풍호 안테나 설치 환경	49
[그림 3.12] 모노레일 안테나 설치 환경	50
[그림 3.13] 청풍호 전파환경 분석 구역	51
[그림 3.14] 청풍호 전파환경 분석 1	51
[그림 3.15] 청풍호 전파환경 분석 2	52
[그림 3.16] 모노레일 전파환경 분석	53
[그림 3.17] 지표투과레이다(a)와 벽투과레이다(b)의 형태	57
[그림 3.18] 벽투과레이다의 사용주파수 및 신호 형태	60
[그림 3.19] 벽투과레이다의 전자파 측정환경	60
[그림 3.20] 해외 A사 WPR의 1GHz 이하 전파특성	61
[그림 3.21] 해외 A사 WPR의 6GHz 이하 전파특성	61
[그림 3.22] 해외 B사 WPR의 1GHz 이하 전파특성	62
[그림 3.23] 해외 B사 WPR의 6GHz 이하 전파특성	62
[그림 3.24] 해외 C사 WPR의 1GHz 이하 전파특성	63
[그림 3.25] 해외 C사 WPR의 6GHz 이하 전파특성	63
[그림 3.26] GPR/WPR 기술기준(안)	65

The background of the page is a light gray field filled with numerous white line-art icons. These icons represent various electronic devices and communication concepts, including smartphones, laptops, keyboards, mice, webcams, speakers, headphones, USB drives, and cloud storage symbols. Some icons are larger and more detailed, while others are smaller and more stylized. The overall theme is digital technology and connectivity.

제1장

서론



제1장 서론

신산업·생활주파수에 대한 기반제도는 저용량·저속·사용범위 제한 등에 국한되었던 비면허 기술을 5G 기술과의 융합을 통하여 혁신·성장으로 전인하기 위하여 다양화 되었다. 이러한 추세에 따라 과학기술정보통신부는 『5G+ 스펙트럼 플랜』에서 5G 전략산업 육성을 위해 주파수와 기술기준 마련을 위한 제도적 정책계획을 세웠다. 코로나-19로 전 세계가 집에 머무는 시간이 늘어나면서 개인의 디지털 재택근무, 영상회의와 수업 등의 엔터테인먼트 스트리밍 서비스가 늘어나고 있고, 온라인 게임 등 다양한 기술 기반의 경험이 일상화되고 있다. 융합서비스 시대에 모든 사람과 사물이 결합되는 핵심은 5G 급 비면허 주파수의 공급이 신산업 비즈니스 성공의 발판이 된다는 것이다.

본고에서는 비면허 기술을 5G급 성능으로 고도화하기 위하여 과학기술정보통신부에서 함께 추진하였던 『6GHz 주파수 연구반』의 논의 결과에 따른 6GHz대역 1,200MHz 폭 전체를 비면허로 공급하기까지의 WiFi 기술발전 추이, 국제동향, 국내 M/W 현황 등을 소개하였다. 현재 데이터의 분산, 소비기능이 5G에 비해 저용량이기 때문에 이를 미래 7세대 WiFi를 목표로 용량을 확장하게 되면, 이로 인해 사물인터넷(IoT)이 고신뢰·저지연의 산업용으로 특화되어 물체 식별과 위치 측정 등이 5G 인공지능과 결합하여 초정밀의 고해상도 서비스 제공이 가능하게 된다. 이는 5G+ 전략산업인 스마트공장과 시티, 자율주행차, 디지털 헬스케어, 드론 등의 분야에 새로운 산업을 기대해 볼 수 있다. 국가발전전략인 『한국판 뉴딜(‘20.7.14.)』에도 스마트 물류체계, 스마트 의료 인프라 등 많은 분야가 이러한 비면허 무선 기기와 직·간접적으로 연결되어 있다. 6GHz 대역 외에 1GHz이하 IoT 시장도 세계적으로 빠르게 증가되고 있는 추세이다. 그동안 우리나라는 협대역 IoT 기술 우선 발전과 협대역-광대역 IoT 주파수 공유 시 협대역 통신에 제약 등으로 주파수 특성이 좋은 1GHz 이하 대역의 광대역 IoT는 공급하지 못한 상황이다. 이러한 국내 상황을 고려하여 『광대역 IoT 연구반』을 통하여 간섭영향 실험을 통한 제도 도입방안을 제시하였다.

신산업 생활주파수의 비면허 응용분야에는 70GHz 대역 FMCW 방식의 레이더 기기 및 기술의 대중화·보편화에 따라 차량 외의 응용분야에서 수요가

증가하는 추세이다. 국민의 사회적 안전망 구축에 대한 요구가 커지고, 특히 고령화 및 1인 가구 증가에 따라 주거공간에서의 안전을 확보하기 위해 낙상, 심장박동 등 생체신호 측정기술이 개발되고 있다. 본고에서는 지난 2019년 ‘비면허 주파수 실무위원회’에서 주파수 도입 타당성 검토가 완료된 76~81GHz 대역을 대상으로 기술기준안을 제시하였다. 또한, 드론의 상업화가 확장되면서 급부상한 드론레이싱 대회는 국내 지자체와 공공기관 등의 주관으로 점차 확대되고 있는 상황이다. 2015년부터 신종 스포츠의 하나로 도입되어 국내 드론레이싱에 활동하는 인원이 약 8천여 명으로 예상되고 있다. 드론레이싱은 한정된 공간(경기장) 내에서 전문레이서가 FPV(first person view) 고글을 착용하여 비행 상태의 드론 관점에서 조종하므로 끊김과 오류가 없는 실시간 영상전송이 필수적이다. 대회용으로 사용하는 채널들과 주로 제품들의 사용주파수를 기반으로 가용한 4개 채널을 확보하기 위한 제도 도입안을 제시하였다.

세계적으로 주파수 공동사용의 필요성과 요구 증대로 채널 접속시스템 및 공유기술관련 연구와 원천기술 확보에 노력중이다. 국내에서는 TV 방송주파수 대역(470~698MHz) 중 지역적으로 사용되지 않는 주파수를 활용하여 데이터 통신을 제공하는 서비스로 TVWS(TV White Space)를 이용하고 있다. 이에 대한 틈새시장 창출을 위하여 규제 샌드박스 실증사례와 같이 한정된 지역내 혼간섭이 발생하지 않는 경우에는 예외적으로 출력 기준을 상향하는 방안 검토하게 되었다. 공동사용의 또다른 이슈는 지표 및 벽투과레이다 제도이다. 노후화된 도시를 중심으로 싱크홀 등의 탐지를 위하여 사용하는 지표투과레이다(GPR)와 건설감리 등의 안전진단에 사용되는 벽투과레이다(WPR)등이 6GHz 이하에서 광대역으로 사용되고 있기 때문이다. 본고에서는 벽투과레이다의 전파특성 측정결과를 바탕으로 GPR/WPR의 관리방안과 기술기준안을 소개하고자 한다.

마지막으로 본고에서는 적합성평가를 받기 위한 시험방법개정안에 대해 설명하고자 한다. 신산업 생활주파수의 기술기준이 제정 또는 개정되면, 국가표준인 「무선설비 적합성평가 시험방법(KS X 3123)」으로 인증을 받아 국민들이 신고 없이 사용하게 할 수 있다. 다양한 비면허 무선기기에는 획일화된 시험방법을 적용하기는 어렵기 때문에 기기별로 시험방법을 분리하여 세분화하는 작업이 필요하며, 기술발전 등으로 점차 복잡해지는 시험절차를 효율적으로 간소화하고 시험방법을 합리적으로 개선하는 방안을 제시하였다.

제2장

6GHz 대역의 차세대 주파수 및 기술기준 연구





제2장 6GHz 대역의 차세대 주파수 및 기술기준 연구

제1절 연구의 배경

세계적으로 5G는 전통산업과 접목되어 융합서비스 시장을 창출하며 복합적 결합으로 구현되고 있다. 이에 과학기술정보통신부는 『5G+ 스펙트럼 플랜』(‘19.12월)을 통해 6GHz 대역을 비면허로 공급하기로 발표하였고, 5G 상용화 이후 글로벌 경쟁에서 고용량 저지연의 데이터 품질을 실현하고 전략산업의 경쟁력을 강화하기 위한 주파수 정책을 마련하였다[1]. 『5G+ 전략』의 10대 핵심 산업과 5대 서비스 육성은 신산업, 일자리, 삶의 질을 플러스하자는 것이다. 이러한 전략을 추진하기 위하여 6GHz대역을 대상으로 차세대 무선랜(WiFi) 기술의 도입을 결정하기 위한 과정 등을 살펴봐야 할 것이다. 또한 ITU등 국외의 M/W 주파수 대역 정책동향에 따른 국내 M/W 정비현황과 6GHz 대역의 비면허 정책을 소개하고자 한다.

1. 무선랜(WiFi) 기술

무선랜 기술은 사용자 편의 및 시장의 요구에 따라 지속적인 발전이 이뤄져 왔으며 새로운 기술의 도입을 통해 세대별로 비약적인 성능 진화를 거듭하고 있다. [그림 2.1]에서 설명한 1세대와 2세대 무선랜의 경우 1990년대 IEEE 802.11b 표준의 개발과 1999년의 일반시장에 2.4GHz 주파수의 11Mbps 이하의 속도로 기본 인터넷 서비스를 제공하였다. 이 때만해도 이에 대한 주 서비스는 E-mail 등에서 활용하는 정도였다. 2000년대 고속의 송신 신호를 수백 개 이상의 직교(Orthogonal)하는 협대역 부 반송파(Subcarrier)로 변조시켜 다중화하는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술의 개발과 더불어 IEEE 802.11g의 표준이 개발되었다. 이 기술로 54Mbps의 속도로 풍부한 웹 데이터 전송이 가능하게 되었다. 이를 3세대 무선랜이라고 하며 사용된 주파수가 2.4GHz와 5GHz 대역이다. 2009년에 사용화를 시작한 4세대 무선랜부터는 OFDM 기술과 더불어 SU-MIMO 기술이 접목되어 중간 화질의 영상 스트리밍이 가능하게 되고, 최고 600Mbps의 속도가 가능하게 되었다. 사용된 표준은 IEEE 802.11n 이다. 5세대 무선랜의 경우 5GHz 주파수대역을 더욱 발전시켜 2013년에 완성된 IEEE 802.11ac 표준을 사용한다. 사용할 수 있는 대역폭이 160MHz로 확장되면서 최고 6.9Gbps 까지 가능하여 고품질

콘텐츠의 무선전송서비스가 가능하게 된다. 2018년에 완성된 IEEE 802.11ax 표준을 우리는 6세대 무선랜이라고 하며 이때부터는 기존 2.4GHz와 5GHz 대역에 6GHz대역의 주파수가 사용가능하게 되었다. 6GHz 대역을 사용할 수 있는 최고의 특징은 OFDMA 기술을 DL와 UL에 접목한 것이며, MU-MIMO 기술이 사용된 것이다. 사용할 수 있는 대역폭이 기존 5세대와 같은 160MHz 이지만, 고효율(High Efficiency)이 가능하여 단말 및 AP 사용 환경에 변화를 가져올 수 있는 최고 9.6Gbps 속도가 가능해졌다. 앞으로 다가올 7세대 표준화 IEEE 802.11be 가 진행되면 320MHz이상의 대역폭 사용이 가능해지며, 4K 및 8K 영상 스트리밍이 가능해 진다. 또한, 실시간 어플리케이션의 AR/VR 무선 전송도 가능해 질 것이다.



[그림 2.1]. Wi-Fi 세대별 기술발전과 국내도입

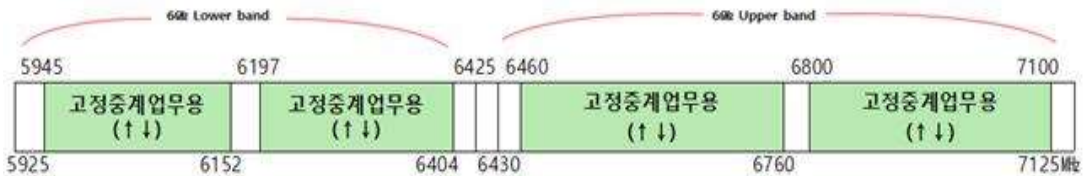
2009년 스마트폰 등장 이후에 WiFi는 이동통신의 보조 수단으로 이용이 급격히 확산되었다. WiFi는 음성에서 데이터 서비스로서의 패러다임을 일으켰으며, 스마트폰 대중화에도 기여하고 있다.

2. 국외의 M/W 주파수 대역 정책동향

일반적으로 M/W 주파수는 고정국 간의 중계, 이동통신 백홀 및 빌딩 간 통신 등의 대용량 고정통신에서 3GHz-90GHz 대역의 고주파 대역으로 정의한다. [그림2.2]와 같이 ITU-R 권고 F.383-9 는 하향 6GHz 대역의 무선중계 시스템 운용을 위한 채널배치 방법 등을 권고하고 있다. 5925MHz에서 6425MHz 대역의 대용량 고정무선 중계용 채널배치로 5MHz, 10MHz,



20MHz, 28MHz, 29.65MHz, 40MHz 및 80MHz의 배치기준을 각각 제안하고 있다[2]. 또한, ITU-R 권고 F.384-11에서는 디지털 고정무선시스템 운용을 위하여 6430MHz에서 7110MHz 대역의 채널을 5MHz, 10MHz, 20MHz, 30MHz, 40MHz 및 80MHz로 제시하고 있다[3].



[그림 2.2]. ITU에서 권고하고 있는 6GHz 대역의 M/W 배치

이처럼 6GHz 대역에 대하여 세계 주요국은 ITU-R 권고에 따라 상·하위 대역으로 구분하여 상위대역은 주로 방송통신 중계용과 하위대역은 통신 중계용으로 사용하고 있다. 유럽의 주요국들은 이러한 배치 안을 바탕으로 6425MHz에서 7125MHz 주파수를 고정 P-P(Point to point) 링크로 사용하고 있는 것으로 알려져 있다. ECC Report 173을 살펴보면, ERC/REC 14-02 주파수 계획에 따라 주로 고정, 이동 및 방송 인프라 용도로 구성되어 있다. 유럽도 동 대역의 공유연구가 필요하다는 것을 인식하고 있으며 CEPT 회원국마다 M/W의 배치기준이 달라 유럽위원회(EC)는 5925MHz에서 6425MHz로 한정하여 비면허 WiFi 사용이 가능한지에 대한 연구를 CEPT/ECC에 요구하고 있다. 또한, 6425MHz에서 7025MHz의 대역은 WRC-23 의제1.2를 통하여 IMT 추가 주파수 지정이 가능한지 논의하고 있는 상황이다[4]. <표 2.1>에서 보는바와 같이 미국은 M/W의 공동사용이 가장 활발하게 이뤄지고 있는 나라이다[5],[6].

<표 2.1>. 미국의 M/W 주파수 공동사용 분야¹⁾

주파수(MHz)	서비스 분야			
	common carrier (part 101)	Private radio (part 101)	Broadcast auxiliary (part 74)	기 타
5925-6425	CC LTTS	OFS		SAT
6425-6525	CC LTTS	OFS	TV BAS	CARS
6525-6875	LTTS	OFS		
6875-7125	CC	OFS	TV BAS	CARS

‘18년 10월에 미국 FCC 가 6GHz 대역 M/W 주파수 대역에 대하여 공동사용 서비스로 추가 비면허 공급 정책을 발표하였다. 수많은 의견수렴 등을 통해 원안 의결(’ 20년 4월)되었다.

3. 국내의 M/W 주파수 정책

우리나라의 6GHz 대역은 [그림 2.3]과 같이 도서지역 인터넷 공급을 위한 통신과 방송, 위성 등이 이용하고 있다. 고정업무로 통신(155국) 및 방송중계(102국) 업무로 사용하며, 이동방송중계(62국)와 위성의 지국국(75국) 및 GMPCS(1국) 등이 배치되어 있다.



[그림 2.3]. 국내 M/W 이용현황

(이동통신중계 : 적색 / 방송중계 : 청색)

최근 6GHz 차세대 WiFi 기술기준이 전면도입(시행, ‘20.10.16.)되면서,

1) CC(CommonCarrier Fixed Point-to-Point Microwave Service), LTTS(Local Television Transmission Service), OFS(Private Operational Fixed Point-to-Point Microwave Service),BAS(Broadcast Auxiliary Service), SAT(Satellite Service), CARS(Cable Television Relay Service)



동시에 전파법 제6조 및 제6조의2에 따라 [그림 2.4]의 5925~7110MHz 대역에서 이동방송중계용으로 이용 중인 주파수를 5925~7125MHz 대역으로 재배치(과학기술정보통신부 공고 제2020-589호)를 2022년 3월 31일까지 실시하게 된다. 6GHz 대역 WiFi 도입을 결정하면서, 과기정통부는 이동방송중계와 고정방송중계 주파수의 대역폭을 축소하여 상위 6GHz 대역으로 이전하는 방안을 고민하였다. 이동과 고정간의 상호 간섭이 생기지 않도록 분리배치방안에 대해 논의 중이다.



[그림 2.4]. 현행 6GHz M/W 주파수 배치

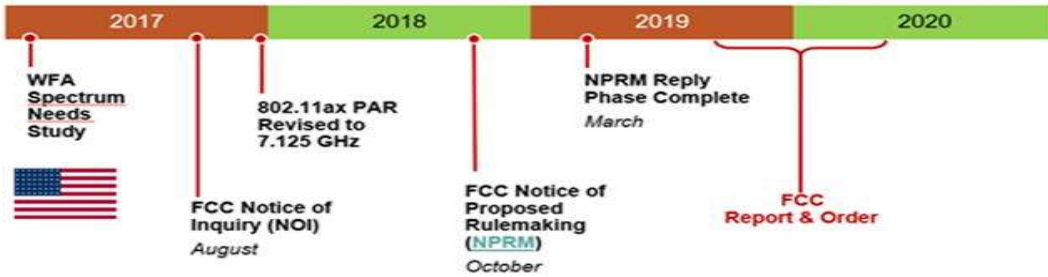
미국 및 유럽 등이 하위 6GHz 대역의 비면허 활용이 예상됨에 따라 우리나라에서는 6GHz 대역 전체에 산재해 있는 이동방송중계 무선국을 상위대역으로 이전할 계획이다. 국내의 경우 최밀집 이용지역인 서울·경기 기준으로 340MHz 대역폭으로 축소가 가능하다. 고정방송중계업무의 경우 이동방송중계의 재배치로 고정방송 주파수와와의 중첩에 의한 간섭을 해소하기 위해 대역폭 축소 및 주파수재배치 계획을 준비 중이다.

제2절 국외의 6GHz 대역 비면허 정책

1. 미국의 6GHz 대역 비면허 정책

미국 FCC는 6GHz 대역(5.925-7.125GHz) 1200MHz폭을 기존 면허 서비스(M/W 및 고정위성)에 간섭 없이 비면허의 사용을 위하여 세계 최초로 비면허 주파수로 선언하였다. FCC의 주파수정책 과정은 우리에게 시사한 바가 크다. 미국은 6GHz 법안 제정을 위하여 크게 3단계로 진행되었다. 이슈제기 및 의견을 구하는 “질의공고(NOI, ‘17년8월)”를 통하여 이후 새롭게 제정될 규칙을 고지하는 “규칙제정공고(NPRM, ‘18년 10월)”를 하였다[7]. 관보게재 이후 의견수렴기간 60일을 거쳐 최종 “보고서 및 명령(R&O,

‘20년4월)’의 단계 이후 ’20년 7월 27일에 최종 시행되었다[8]. [그림 2.5]와 같이 4년에 걸쳐 수요와 공급까지의 논의단계는 앞장에서 설명한 주파수효율 측면의 공유정책으로 기 운영 중인 다양한 기기와의 상호공존을 위한 것이다.



[그림 2.5]. 미국 6GHz 비면허 Regulatory Action Timeline

미국의 6GHz U-NII(Unlicensed National Information Infrastructure)대역은 [그림 2.6]과 같이 4개의 대역으로 구분된다. FCC의 R&O에 따르면, UNII-5 대역(5925-6425MHz)과 UNII-7 대역(6525-6875MHz)의 850MHz 대역폭은 AFC 적용 조건의 표준전력(Standard-Power)으로 AP(4W)와 Client(1W)로 실외사용이 가능하게 기준을 제정하였다. 아직 AFC 표준이 완성되지 못해 사용은 할 수 없다. UNII-5/6/7/8까지의 전 대역(1200MHz 폭)의 실내용 AP(1W) 및 Client(250mW)로만 사용할 수 있다.

U-NII 5 (500MHz)	U-NII 6 (100MHz)	U-NII 7 (350MHz)	U-NII 8 (250MHz)
AFC 적용 조건 AP (4W, 200mW/MHz), Client(1W, 50mW/MHz)		AFC 적용 조건 AP (4W, 200mW/MHz), Client(1W, 50mW/MHz)	
실내저전력 AP (1W, 3.16mW/MHz), Client(250mW, 0.79mW/MHz)			

[그림 2.6]. 미국 6GHz 비면허 주파수 및 기술기준

미국의 기술기준에는 최대 사용할 수 있는 채널 대역은 320MHz이며, 대역외 불요발사는 -27dBm/MHz(RMS)이다. 비면허의 공유조건으로 차량 및 항공기 등에 Client 간 직접 연결은 금지하고 있다. 또한, 자동차, 열차, 선박, 또는



소형 항공기 등 움직이는 이동수단에서 비면허 액세스 포인트의 사용이 금지되고 드론(UAS)도 이용 할 수 없다. AP의 경우는 일체형 안테나와 배터리가 아닌 고정형 전원을 이용해야 한다. 단, 저전력 AP 운용은 U-NII 5 대역으로 1만 피트 상공에서 제한적으로 허용하고 있다. 미국은 이러한 정책을 만들기 위해 수많은 이해관계자와 논의를 거쳤다. 주로 반대한 단체들은 미국 공공안전통신관리자협회(APCO), 이동통신산업협회(CTIA), 고정무선통신연합(FWCC), Verizon, Encina Communications가 각기 다른 내용으로 재심 청원 제출하였다. 6GHz 대역 비면허 이용을 전면 폐기하고 이와 관련된 문제를 시정해줄 것을 요구하는 재심 청원을 제출한 공공안전 관련 단체들은 재심 요청이 받아들여질 때까지 해당 규정의 발효를 중지하는 청원(petition for stay)도 함께 제출했으나, FCC는 공식 거부('20.8.13.) 하였다. 특히, AFC 미적용 상태의 실외 초저전력(VLP) 비면허 기기의 도입 및 확대에 대해 신중해야 한다고 주장하고 있기 때문에 FNPRM에 제시된 사항의 결정은 '21년까지 동향을 지켜봐야 할 것이다.

2. 유럽의 6GHz 대역 비면허 정책

미국과 비슷한 시기인 '17년 12월, 유럽위원회(EC)에서는 6GHz 대역(5925~6425MHz, 500MHz폭)의 비면허 서비스 확대를 위한 연구를 CEPT에 요구하였다[9]. 이에 CEPT ECC 산하 'SE45' 과 'FM57' 에서 기존 무선국과의 공존 가능성, 상호공존 조건, 기술 등을 검토 중이며, '20년 말에서 '21년 상반기에 EC의 6GHz 대역 무선랜 허용을 결정할 예정이다[10]. 최근 5925~6425MHz 대역의 WAS/RLAN을 위한 공존 연구를 하는 스펙트럼 엔지니어링 프로젝트팀 SE45는 5925~6425MHz 대역의 WAS/RLAN을 위한 PSD 값과 대역역외 발사 기준 값에 대한 평가 및 확인 작업을 완료하였다.('20.9.21.)

SE45는 최대 10dBm/MHz로 운용되는 협대역 VLP 기기의 대역 내 PSD 값을 위한 해결책으로 실내 저전력(LPI), 초저전력(VLP) 기기를 위한 대역외 발사(OOBE) 기준 값을 제안한 것이다. SE45는 CEPT 보고서 75의 초안문서, ECC 결정(Decision) (20)01의 초안문서에 대한 의견수렴을 지원하기 위한 작업이라고 설명하였다. 1에서 10dBm/MHz 사이 PSD 값을 활용하는 협대역(narrowband) VLP 기기의 경우 최소 15개의 호핑 채널에 기반한 주파수 호핑 방식을 권고하였고, 저전력 실내(LPI) 기기를 위한 5935MHz 대역 미만 대역외 발사강도는 -22dBm/MHz로 권고하였다. 국가별 확인 기능(Country Determination Capability)이 없는 카테고리 A에 속하는 VLP 기기의 경우,

5935MHz 미만 대역에서 -45dBm/MHz를 준수해야 하며 6025MHz가 아닌 5945MHz에서 대역이 시작되는 것으로 정하였다. 국가별 확인 기능(CDC)이 있는 카테고리 B 기기의 경우 CEPT 보고서 75 및 ECC/DEC/(20)01 초안에 제안된 대역외발사-30dBm/MHz를 권고하였다. 이러한 내용은 CEPT 보고서 75 및 ECC 결정 (20)01의 초안에 대한 의견수렴 과정에서도 고려될 것이다.

제3절 6GHz 대역 차세대 와이파이 기술기준

1. 6GHz 대역 주파수정책

‘19년 12월 대용량 5G 콘텐츠를 Wi-Fi로 소비하고 6GHz대역을 비면허주파수로 공급하겠다는 「5G+ 스펙트럼플랜」은 5세대(5G) 이동통신 최초 상용화 이후 5G 글로벌 경쟁에서 5G 품질을 실현하고 5G+ 전략산업의 글로벌 경쟁력을 강화하기 위한 주파수 확보·공급 전략이다. 5G+ 스펙트럼플랜에서 제시하는 세 가지 정책 중의 하나가 비면허 기술을 5G급 성능으로 고도화하는 것이다. 현재 데이터의 분산, 소비기능이 5G에 비해 저용량이기 때문에 이를 미래 7세대 WiFi를 목표로 용량을 확장하는 것이다. 이로 인해 사물인터넷(IoT)이 고신뢰·저지연의 산업용으로 특화되면 물체 식별과 위치 측정 등이 5G AI와 결합하여 초정밀의 고해상도 서비스 제공이 가능하게 된다. 이는 5G+ 전략산업인 스마트공장과 시티, 자율주행차, 디지털 헬스케어, 드론 등의 분야에 새로운 산업을 기대해 볼 수 있다. 이는 스마트폰 기반의 기존 B2C 시장에서 융합서비스인 B2B 시장을 창출하기 위한 것으로 통신, 제조, 서비스 등의 성장기회가 제공될 것으로 예측하고 있다. 과기정통부는 국민 체감형 차세대 WiFi 등 비면허 주파수 공급을 통하여 국민편익 및 복지 증진을 목표로 주파수 정책을 추진하고 있다. 과학기술정보통신부는 국내의 6GHz 대역 주파수 공급 전에 산업계의 의견청취, 전파정책자문회의, 국내 이동통신사의 의견수렴, 6GHz 주파수 공급 연구반 논의 등을 거쳐 1,200MHz 폭 전체를 비면허로 공급하기로 한 것이다. 국내의 이동통신사들은 기 공급된 5G 주파수(3.5GHz·28GHz 대역 등)가 충분하기 때문에 추가 요구가 없는 상황 이었다. 국내 이용 중인 M/W의 허가현황과 정비 방안 검토에서도 비면허 사용으로 효율을 높이는 것이 안정적인 주파수 공급이 될 것으로 판단하였다. 특히, 최고성능의 Wi-Fi 6E 구현을 원하는 삼성, LG 등의 단말 제조사가 1,200MHz 폭의 공급을 요구하였다. 이에 본격적으로 6GHz대역의



주파수공유 정책으로 혼·간섭을 서로 회피해 가며 이용할 수 있는 비면허로 정책을 수립하게 된 것이다.

2. 6GHz 대역 기술기준

과학기술정보통신부는 6GHz 대역에서 5G급 성능 비면허 기술(WiFi 6E, 5G NR-U 등)을 활용할 수 있도록 기술기준 행정예고(‘20. 6. 26 ~ 8. 24.)를 60일간 진행하였다. 기술기준은 6GHz 대역의 비면허 기술을 선택적 이용이 가능하도록 하였다. 미국처럼 실내 이용 고정 WiFi(AP)는 1,200MHz 폭(5925~7125MHz)으로 250mW 출력이다. 이는 평균 최대 전력밀도는 2dBm/MHz이며, 최대 점유대역폭은 160MHz 이하이다. 자동차, 항공기, 철도, 선박, 드론 등 이동체 사용을 금지하며, AP는 건물내 전원을 사용하는 고정형만 가능하다. 실내·외 휴대전화 테더링 등의 기기 간 연결용으로 사용하는 이동형 WiFi는 500MHz 폭(5925~6425MHz)으로 25mW 출력이다. 평균 최대 전력밀도는 1dBm/MHz이며, 자동차 내장형기기의 경우는 6085~6425MHz 대역을 이용해야 한다. 6GHz 대역을 사용하는 모든 실내·외 WiFi의 채널접속은 송신전신호감지(LBT)방식을 이용하여야 한다. <표 2.2>와 같이 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준의 제7조 특정소출력무선국용 무선설비 ⑤호에 개정안을 제시하였다.

〈표 2.2〉 6GHz 대역 차세대 와이파이 기술기준(안)

신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 개정(안)
<p>제7조(특정소출력무선국용 무선설비)</p> <p>① ~ ④ (현행과 같음)</p> <p>⑤ 무선랜을 포함한 무선접속시스템용(WAS) 특정소출력무선기기의 기술기준은 다음과 같다.</p> <p>1. 5150~5350MHz, 5470~5850MHz 주파수대역의 전파를 사용하는 무선기기는 다음의 조건에 적합할 것. 다만, 제7항 제3호, 제5호, 제6호에 해당하는 기기는 이 조항의 규정을 적용하지 아니한다. (이하생략)</p> <p>2. 5925~7125 MHz 주파수대역의 전파를 사용하는 무선기기는 다음의 조건에 적합할 것</p>

가. 주파수 대역, 안테나 절대이득을 포함한 전력밀도 등

주파수대역(MHz)	점유주파수 대역폭	안테나 절대이득을 포함한 복사전력	비고
5925~6425	160MHz 이하	14dBm 이하 (단, 전력밀도 1dBm/MHz 이하)	※ 안테나 절대이득을 포함한 전력밀도는 평균치일 것 ※ 드론에서 사용은 금지할 것 ※ 자동차에 사용하는 내장형 무선기기의 경우, 6085~6425MHz 대역을 사용할 것

나. 건물 내에서만 사용하는 무선기기의 주파수 대역, 안테나 절대이득을 포함한 전력밀도 등

주파수대역(MHz)	점유주파수 대역폭	안테나 절대이득을 포함한 전력밀도	비고
5925~7125	160MHz 이하	2dBm/MHz 이하	※ 안테나 절대이득을 포함한 전력밀도는 평균치일 것 ※ 건물 내 전원케이블에 연결되어 설치 운용되는 기기 또는 이 기기와 통신하는 기기에 한함 ※ 자동차, 항공기, 철도, 선박, 드론 등 이동체에서 사용은 금지할 것

다. 주파수허용편차는 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이내일 것

라. 불요발사는 지정주파수 대역 밖의 주파수에서 안테나 절대이득을 포함한 평균전력밀도가 -27 dBm/MHz 이하 일 것. 다만, 가목의 경우, 5925~6425 MHz 대역 밖의 주파수에서 -34 dBm/MHz 이하 일 것

마. 변조형식은 디지털변조일 것

바. 송신 전 신호감지 (Listen Before Transmission) 방식을 이용할 것. 송신 전 9 μ s 이상 수신하여 그 수신신호의 세기가 -62 dBm 이하인 경우에 한하여 전파를 발사하고, 10 ms 이내에 송신을 중단하여 16 μ s 이상 송신을 휴지할 것(다만, 제어 또는 응답 신호는 예외로 한다.)

사. 수신 또는 송신 대기 상태의 부차적 전파발사는 다음의 기준 값 이하일 것

주파수	기준값(평균값)	기준 대역폭
1GHz 미만	- 54 dBm	100 kHz
1GHz 이상	- 47 dBm	1 MHz

제3장

신산업 생활주파수 생태계조성 연구





제3장 신산업 생활주파수 생태계조성 연구

제1절 920MHz 광대역 사물인터넷(IoT)

1. 연구배경

사물인터넷(IoT)은 주로 원격 검침과 노약자, 반려동물 등의 위치 추적에 사용하는 저속 데이터 전송 서비스를 이용하며, 주로 917~923.5MHz, 940.1~946.3MHz, 1788.478~1791.950MHz 등의 주파수를 이용하고 있다. 이것은 채널 대역폭 200kHz로 협대역 IoT 이며 CCTV 영상 등 대용량 데이터를 저 전력으로 장거리 전송하기 위한 서비스에는 응용할 수 없다. 이에 공공기관과 산업계 등에서 스마트홈(보안카메라 등), 스마트팜(생육환경 모니터링), 스마트공장(공장 자동화 센서, 보안관제 카메라 등), 사회 인프라(원격검침 등) 등에 응용할 수 있는 Sub-GHz대역을 대상으로 광대역 IoT 주파수 신규 공급을 요구하였다.

IoT 시장은 세계적으로 연 21.1% 증가되고 있으며, 국내에만 2,313 여개('19년 기준) 정도로 매출액 기준 연 23.7% 증가 추세이다. 그러나 주파수의 공급량은 협대역 IoT 기준으로 16.1MHz 폭이며, <표 3.1>과 같이 미국과 유럽 등 주요국 대비 공급폭이 매우 작다. 그동안 우리나라는 협대역 기술 우선 발전과 협대역-광대역 IoT 주파수 공유 시 협대역 통신에 제약 등으로 주파수 특성이 좋은 1GHz 이하 대역의 광대역 IoT는 공급하지 못하였다[11].

〈 표 3.1 〉 국내·외 IoT용 주파수 공급량 비교

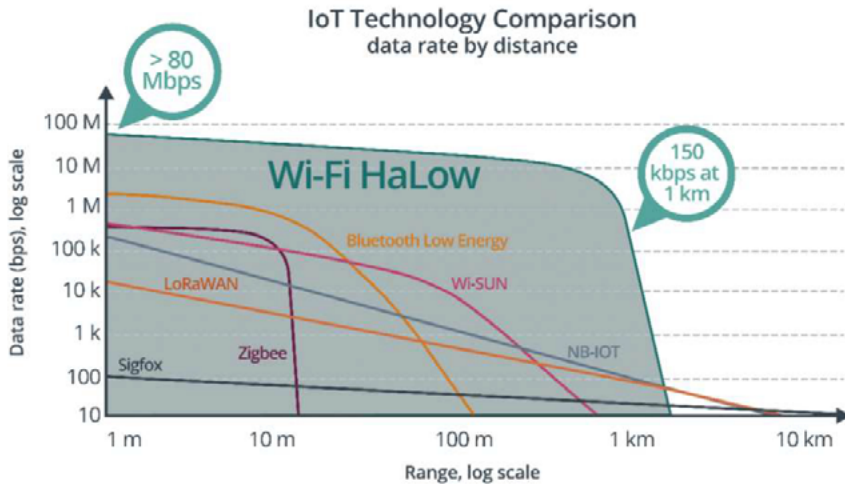
지역/국가	주파수 대역	공급량
대한민국	917~923.5MHz, 940.1~946.3MHz 등	16.1MHz폭
일본	915~930MHz, 950~958MHz	23MHz폭
미국	902~928MHz	26MHz폭
유럽	863~876MHz, 915~921MHz	19MHz폭

본 고에서는 광대역 IoT의 기술특성을 살펴보고, 기존 서비스와의 공유방안 연구 등을 통하여 합리적인 기술기준(안)을 제시해 보고자 한다.

2. 광대역 IoT 기술과 공유연구

가. 광대역 IoT 기술

저전력으로 1km 이상의 장거리 통신을 지원하는 IoT에 특화된 Wi-Fi 기반의 기술 표준은 802.11ah 이다. 이는 기존 2.4GHz와 5GHz 대역 WiFi 보다 전송거리가 길고 장애물의 투과성능이 높아 저전력으로 배터리 교환 없이 최대 13년까지 동작이 가능하다. [그림 3.1]과 같이 LoRa와 Sigfox 등에 비해 전송거리는 짧지만, 고용량의 영상 전송까지 다양한 분야에 적용되며 도달거리가 길어서 중계기 등 추가 설비 구축 없이도 합리적 운영비용으로 도입이 가능하다[12].



[그림 3.1] 사물인터넷(IoT) 통신 기술 비교

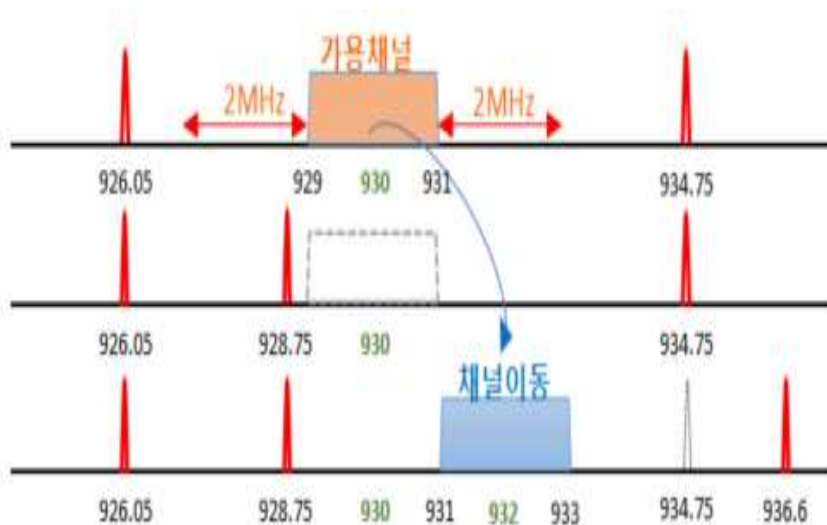
나. 광대역 IoT와 무선마이크 간섭실험을 통한 공유연구

광대역 IoT 표준은 750~950MHz에서 동작하고 국내에서는 1GHz 이하 대역은 배타적 이용권이 있는 이동통신 대역 등의 주파수 이용이 포화되어 있어 광대역 공급이 가능한 대역을 찾기란 쉽지 않다. 과학기술정보통신부에서는 이러한 사항을 해결하기 위하여 『비면허주파수 실무위원회』를 통하여 주파수 타당성을 심의하였고, 무선마이크 대역(925-937.5MHz) 내 간섭 영향 검토하기로 하여 관련 연구반 구성을 통한 간섭실험을 진행하였다.



1) 유선환경의 간섭실험

광대역 IoT 기기의 출력과 서비스 대역폭 등을 가변하며 찾은 기준은 무선마이크와 공유할 수 있는 출력 100mW와 2MHz 대역폭 이었다. 이번 간섭 실험에서 가장 힘든 것은 마이크의 수신감도의 기준을 잡는 것이다. 간섭여부를 판단하는 기준이 되기 때문에 일반적인 무선기기의 수신레벨은 -40dBm에서 -80dBm 사이를 선택한다. 연구반에 참가하는 무선마이크 업체는 최소수신레벨을 -80dBm까지로 원하였고, 방송을 하는 실제 음향 전문가들은 방송 사고등을 예방하기 때문에 실제로 그러한 수신레벨을 사용하지 않는다는 의견을 주었다. 연구반에서는 이러한 이견이 좁아지지 않았으나 협의된 최소수신레벨을 국제표준에서 사용하는 -72dBm과 -82dBm을 가지고 간섭실험을 진행하였다. 결과는 광대역 IoT가 수신하는 무선마이크 신호 -72dBm 일 때만 동일채널과 인접채널에서 채널 사용전 사용자 유무를 확인하는 기술인 CCA(Clear Channel Assessment) 기능이 [그림 3.2]과 같이 작동되었다. 이는 무선마이크 운용 상태에서 주파수 스캔 후, 가용채널 점유상태를 확인하고 광대역 IoT 점유채널과 근접 2MHz 이내 928.75MHz의 무선마이크가 켜질 때 사용 중지되어 채널을 회피하였다.



[그림 3.2] 광대역 IoT 기기와 무선마이크 간 채널 회피 기능

2) 무선환경(실환경)의 간섭실험

무선마이크의 다채널 시스템과의 간섭현상을 확인하기 위하여 실내의 공연장인 실환경에 의한 간섭영향을 확인하였다. 무선마이크 송신기 위치별 무선마이크 수신신호세기는 무선마이크의 제품에 따라 성능 차이가 있는 것으로 확인되었다. 일부 제품군을 제외하고는 -64dBm에서 -76dBm 수준에서 운용 가능하였다. 방송을 하는 실제 음향 전문가들은 이러한 간섭실험을 위한 환경 조건은 운용되지 않음을 다시한번 언급한 바 있다. [그림 3.3]과 같이 무선마이크 RF 성능 확인을 위한 환경을 위하여 최소 수신감도로 잡음 없이 동작하는 거리를 찾아 무선마이크를 위치시키고 광대역IoT 송신기와 무선마이크 수신기간 거리를 조정하였다.



[그림 3.3] 무선마이크 RF 성능 확인 실험 구성 및 환경

그 결과 실환경에서 무선마이크와 광대역 IoT 기기 간 배치에 따른 무선마이크 수신기에 간섭(잡음)발생 여부 등의 확인결과 무선마이크 수신기 근처에 광대역 IoT 기기가 동작하는 조건에서 잡음이 일부 발생되었다. 그 원인은 무선마이크 수신기가 무선마이크와 광대역 IoT 기기의 신호를 동시에 증폭하기 때문인 것으로 추정된다.

3. 920MHz 광대역 사물인터넷(IoT) 도입을 위한 기술기준

광대역 사물인터넷(IoT) 도입전 최소한의 간섭을 예방하기 위하여 LBT(Listen Before Talk) 기술을 통해 데이터 통신이 필요한 경우에만 채널을 사용하도록 기술기준을 <표 3.2>와 같이 제시하였다. LBT 조건을 위하여 송신 전 점유주파수대역에서 264 μ s 이상 수신하여 그 수신신호의 세기가 -85dBm 이하인 경우에 한하여 전파를 발사하고 220ms 이내에 송신을 중단하여 264 μ s 이상 휴지하도록 하였다. 인접채널의 스캔 주기는 무선마이크의 동작시점과 스캔주기



사이의 시간이므로 최대 시간인 10초로하였다.

〈표 3.2〉 920MHz 광대역 IoT 도입을 위한 기술기준(안)

신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 개정(안)

제8조(RFID/USN 등의 무선설비)

⑧ 925~931MHz 주파수대역의 전파를 사용하는 USN용 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 안테나절대이득을 포함한 복사전력밀도는 10mW/200kHz이하일 것

2. 점유주파수대역폭은 1MHz 또는 2MHz일 것

3. 주파수허용편차는 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이하일 것

4. 간섭회피를 위하여 다음 각 목의 조건에 적합할 것

가. 송신 전 점유주파수대역에서 264μs 이상 수신하여 그 수신신호의 세기가 -80 dBm 이하인 경우에 한하여 전파를 발사하고 220ms 이내에 송신을 중단하여 264μs 이상 휴지할 것(다만, 제어 또는 응답 신호는 예외로 한다.)

나. 점유주파수대역폭별 다음의 범위 내에서 -85dBm 이상 수신되는 무선 마이크 신호가 감지될 경우 10초 이내에 송신을 중단할 것

점유주파수대역폭	중심주파수로부터 이격 주파수
1MHz	± (0.5~2.5)MHz
2MHz	± (1~3)MHz

5. 지정주파수대 바깥에서의 불요발사는 다음의 기준 값 이하일 것

주파수	기준 값	분해 대역폭
1GHz 미만	-36dBm (다만, 718~915MHz, 949.3 ~ 962MHz 대역은 평균전력 -76dBm을 적용)	100kHz ※ 다만, 지정주파수대의 끝으로부터 200kHz 이내에서는 3kHz, 400kHz 이내에서는 30kHz를 적용한다.
1GHz 이상	-30dBm	1MHz

광대역 IoT기기에 공존기술 적용으로 무선마이크 완전 보호는 불가능하나 간섭 최소화는 가능할 것으로 판단된다. 그러나 기존 사용자의 보호를 우선하여 제시된 기술기준의 이해관계자 합의와 비면허 주파수 정책부서의 추가 검토가 요구되어 진다.

제2절 70GHz 대역 용도확대를 위한 제도개선

1. 연구배경

76~81GHz 대역은 현재 차량충돌방지용 레이더(「신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준」 제7조제9항), 레벨측정레이더(동 기술기준 제14조) 용도로 사용하도록 되어 있고, 5GHz 광대역폭으로 활용이 가능하여 정밀센서 분야에서 제품 개발이 이루어지는 추세이다. 차량충돌방지용 레이더로 용도가 한정되어 있었으나 CCTV, 열화상 카메라 등 타 기술을 이용한 센서와 비교해 보면 온도, 조도 등 환경적 변화에 민감하지 않고 사생활 보호 측면에서도 장점이 있다. 70GHz 대역의 특징은 [그림 3.4]와 같이 병원 내 환자의 낙상, 호흡·심박 등의 생체 이상신호 감지와 독거노인의 일상적인 모니터링에 특성이 탁월하다. 또한 유치장 화장실 등에서 발생되고 있는 수감자 자살예방 등에도 활용될 수 있다.



[그림 3.4] 생체신호 모니터링 활용 사례

2. 기술기준 제정 검토

학계, 연구기관, 산업계(수요제출 업체, 유사제품 개발업체), 지정시험기관 등 관련 분야 전문가들로 연구반을 구성하고, 기술기준 제정에 대한 검토를 시작하였다. 70GHz대역은 최대 4GHz대역폭의 주파수 활용이 가능한 레이더 칩셋이 개발되어 여러 분야에서 고해상도 센싱을 활용한 다양한 응용제품 개발이 활발하다.

수요기관에서 개발 중인 제품(자동차 내 승객감지용, 77~81GHz, e.i.r.p 100mW)으로 실험한 결과를 공유하였는데, 인체노출 기준은 만족하였으나, 자동차 외부에서



측정되는 전력은 -85.33dBm으로 같은 주파수대역을 사용하는 차량충돌방지용 레이더의 수신감도(-100dBm 수준)보다 높았다. 이렇게 차량충돌방지용 레이더와의 간섭 가능성이 높고, 미국 FCC에서는 자동차 내 70GHz대역 레이더 사용을 금지하는 등 고려사항이 많아 결국 수요제출을 철회하였고, 실내 용도로만 검토를 한정하였다.

실내 공간에서 감지하고자 하는 대상과 탐지 반경 등을 고려하여 기기의 고유 성능은 보장하면서 다른 서비스에 간섭을 주지 않도록 적정한 출력기준을 산출하는 게 관건이었다. 이러한 용도의 생체신호 측정기기는 기존의 물체감지 센서(「신고하지 아니하고 개설했 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준」 제12조, <표 3.3>)와 용도가 같으므로, 물체감지센서에 새로운 대역을 추가하는 것으로 정하고 적절한 출력을 검토하였다.

〈표 3.3〉 물체감지센서용 무선기기 출력 기준

주파수대역	복사전력 (안테나 절대이득 포함)
5847 ~ 5850MHz	10mW
10.5 ~ 10.55GHz	25mW
24.05 ~ 24.25GHz	100mW

수요를 제출한 A사는 3m 정도 거리의 감지를 위해 e.i.r.p 20dBm(100mW) 이상을, B사는 10m 정도 거리의 감지를 위해 e.i.r.p 8dBm(6.3mW) 이상을 요구하였다. 스마트공장 등 일반적 주거 환경보다 높은 층고 환경에서 유사 서비스가 활용될 수도 있으므로 보다 여유 있는 출력 기준을 희망하였으나, 필요한 만큼의 주파수와 출력 등으로 제한하는 것이 합리적이므로 향후 추가 수요가 있으면 재검토하는 것으로 하였다.

출력기준은 기존 물체감지센서의 기술기준을 토대로 인체영향을 감안하여 산출하였다. 24GHz 대역 물체감지센서 출력 기준이 100mW이므로, 수신전력은 파장의 제곱에 비례하므로 70GHz에서는 약 10배인 1W로 산출할 수 있다. 그러나 운용 환경이 인체영향을 무시할 수 없는 실내 공간이라는 점, 24GHz 대역 물체감지센서를 활용한 서비스가 현행 출력기준(100mW)으로 약 10여m 정도 탐지가 가능한 점을 고려하면 100mW(20dBm)으로도 충분한 서비스 제공이 가능할 것으로 판단되었다. mm파의 거리 손실에 따른 전송능력 저하를 최소화하기 위하여 페이드 마진을 둘 필요가 있어 수요제기 업체와 검토를 거친 결과, 안테나 절대이득을 포함한 복사전력(e.i.r.p) 100mW가 적정한 것으로 검토되었다.

3. 기술기준안

해당 주파수 대역(76~81GHz)은 국제적으로 전파천문업무로 분배되어 있으므로 전파천문안테나와의 보호 이격거리를 명시하고, 실외 사용을 금지하기 위한 사용자 고지 등을 포함하여 「신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준」 제12조 제4항에 70GHz대 물체감지센서용 무선기기를 신설하는 것으로 기술기준이 다음과 같이 마련되었다.

〈표 3.4〉 70GHz대 물체감지센서용 무선기기의 기술기준(안)

제12조(물체감지센서용 무선설비)

④ 70GHz대 물체감지센서용 무선기기의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 주파수대역, 전력 등

주파수대역(GHz)	복사전력(안테나절대이득 포함)	
	첨두전력	평균전력밀도
76~81	100mW 이하	-16dBm/MHz 이하

2. 자동차, 항공기, 선박, 철도 등 이동체에서의 사용을 금지하며, 건물 내 전원에 연결되어 설치 운용되는 기기일 것

3. 점유주파수대역폭은 제1호의 지정주파수대 이내일 것

4. 주파수허용편차는 제3호의 점유주파수대역폭 이내일 것

5. 불요발사는 다음의 지정주파수대역 밖의 주파수에서 다음의 기준값 이하일 것

기준값(평균값)	기준 대역폭
-30dBm	1MHz

6. 수신 또는 송신 대기 상태의 부차적 전파발사는 다음의 기준값 이하일 것

주파수	기준값(평균값)	기준 대역폭
1GHz 미만	-54dBm	100kHz
1GHz 이상	-47dBm	1MHz

7. 제조자 또는 판매자는 해당 기기 또는 사용자 설명서에 다음 사항을 명시하고 사용자에게 충분히 알릴 것

“이 기기는 건물내 이용을 목적으로 하며 전파천문안테나로부터 반경 1.2km 범위 이내에 설치하고자 하는 경우에는 천문대와 사전 협의하여야 함”



제3절 5.8GHz 대역 드론레이싱 제도개선

1. 연구배경

레저용 드론은 영상 촬영용, 아크로바틱 비행용, 드론레이싱용 등이 있다. 드론레이싱은 경기장(60m×90m)에 설치한 게이트, 깃발, 링 등의 장애물들을 통과하는 순위를 가리는 경기로 최대 시속 200km로 비행하기 때문에 빠른 순발력과 정확한 조종능력이 요구된다. 선수는 FPV(first person view) 기기를 장착한 고글을 착용하고 비행 상태의 드론 관점에서 조종하므로 끊임과 오류가 없는 실시간 영상전송이 필수적이다. 2015년부터 시작된 드론 레이싱 대회는 지자체, 공공기관까지 활발하게 대회 유치를 하고 있으며, <표 3.5>와 같이 국내·외에서 국제대회가 급격하게 늘고 있는 추세이다. 다만, 2020년부터 코로나-19로 인해 개최가 보류되고 있다.

〈표 3.5〉 연도별 드론레이싱 대회 국내개최 통계

연 도	2015	2016	2017	2018	2019
대회 개최(건)	5	19	12	14	76

레이싱용 드론을 생산하는 국내업체는 아직 없으며, 주로 사용되는 기기는 모두 해외 제품으로 주요 제조국은 베트남, 홍콩 등이다. 드론레이싱 대회에 사용하는 FPV 영상전송은 아날로그변조 방식을 선호하는데, 디지털변조 방식은 영상 지연, 데이터 손실 등의 한계를 극복하지 못해 업계에서 외면 받고 있다. 사용주파수와 기술기준이 제도화가 되어있지 않으므로 드론레이싱 대회마다 출력기준(25mW~200mW)을 정하고, 37MHz 대역폭의 4개 채널을 지정하여 경기를 진행하고 있다. 주로 사용되는 주파수는 <표3.6>과 같이 중심주파수 5658MHz, 5732MHz, 5843MHz, 5880MHz 등 4개 채널인데, 한정된 장소에서 펼쳐지는 드론레이싱 대회에서 고속으로 영상을 전송하기 위해 운용 채널 간 간섭을 최소화하도록 선정하여야 한다.

〈표 3.6〉 드론레이싱 대회용 선호채널

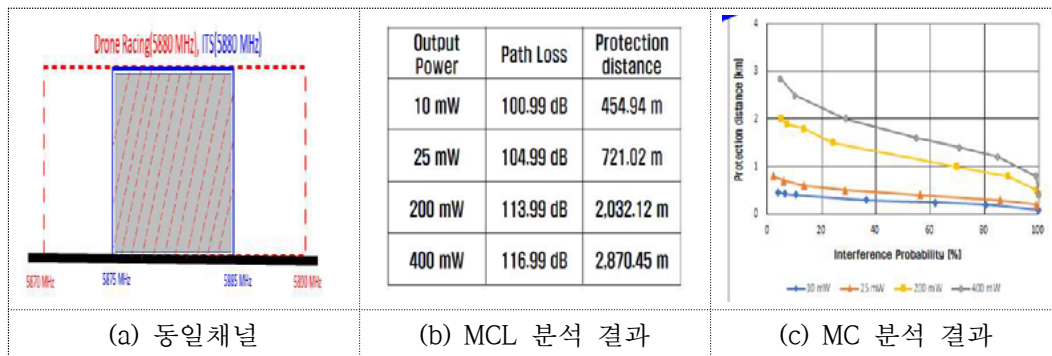
사용채널	1	2	3	4	5	6	7	8
중심주파수(MHz)	5658	5695	5732	5769	5806	5843	5880	5917

2. 해외동향 및 간섭분석

유럽의 ETSI EN 300 400 V2.2.1에 따르면 드론레이싱에 사용할 수 있는 주파수와 출력이 5725~5875MHz 대역, e.i.r.p 25mW(아마추어 면허를 보유하면 800mW까지 가능)의 소출력 무선기기로 규정하고 있다. 미국 FCC CFR 47 § 97.215 (Telecommand of model craft)에서도 드론을 포함한 모형항공기를 아마추어 무선국으로 간주하여 아마추어 면허 보유자는 1W 까지 사용 가능하다.

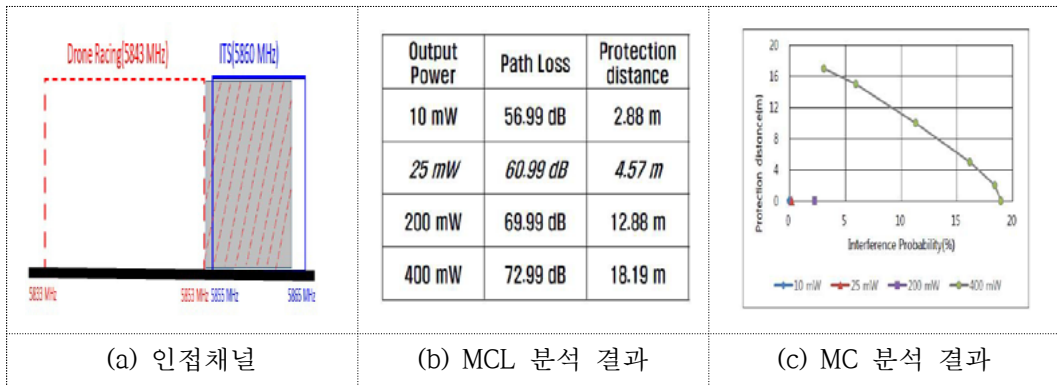
드론레이싱은 한정된 공간(경기장) 내에서 운용하는 게 일반적이기 때문에 당초에는 허가방식의 간이무선국 기술기준을 고려하였으나, 연습용, 레저용 등으로 이용 범위가 확대 예상되어 비면허 기기로 도입을 검토하였다.

드론레이싱에서 사용하는 주파대역과 인접한 대역을 사용하는 기기로는 무선랜(5,470~5,850MHz), 하이패스(5,795~5,815MHz), 물체감지센서(5,847~5,850MHz), ITS(5,855~5,925MHz)가 있다. 본 연구에서는 간섭 가능성이 높은 ITS 서비스와의 간섭영향을 분석하였다. 드론레이싱에서 주로 사용하는 1, 3, 6, 7번 채널 중 6, 7번 채널은 ITS에 근접하여 MCL(Minimum Coupling Loss)과 MC(Monte Carlo)방법으로 분석하였다. 두 서비스 간 동일채널(중심주파수 5880MHz) 출력 25mW 에서는 [그림 3.5]와 같이 721.02m 정도의 이격 거리로 분석되며, 이때의 간섭 확률은 2.06%로 예측해 볼 수 있다.



[그림 3.5] 드론레이싱과 ITS 동일채널 간섭분석 결과

인접채널(중심주파수 5843MHz) 출력 25mW 에서는 [그림 3.6]과 같이 4.57m 정도의 이격 거리로 분석되며, 이때의 간섭 확률은 약 0% 로 예측해 볼 수 있다. 출력을 200mW 정도로 높였을 때, 보호거리 12.88m가 확보되는 조건에도 간섭 확률은 약 0% 로 드론레이싱의 개최지역에 따라 유연한 출력을 선정할 수 있을 것이다.



[그림 3.6] 드론레이싱과 ITS 인접채널 간섭분석 결과

대회용 4개 채널을 확보하기 위해 드론레이싱 상용제품들의 사용주파수를 기반으로 청라 로봇랜드 경기장에서 실측실험을 진행하였다. ITS와의 간섭을 피하기 위해 채널 대역폭을 조정하며 영상 수신 상태를 점검한 결과, 출력을 e.i.r.p 25mW로 했을 때 채널폭이 25MHz 이하인 경우에 타 채널 영상이 겹쳐서 수신되는 등 IMD(Intermodulation)에 의한 간섭현상이 발견되었다. 드론레이싱 선수들의 민감한 가시거리 확보 등을 감안하여 영상 겹침이 없는 채널폭은 30MHz 이상으로 하고, 다양한 채널조합으로 실험하여 영상 수신 상태가 양호한 4개의 채널(<표 3.7>)을 찾았고, ITS 서비스 채널과도 간섭 없음을 확인하였다.

〈표 3.7〉 드론레이싱 가용주파수 산출결과

가용채널	1	2	3	4
중심주파수(MHz)	5658	5705	5785	5828

3. 기술기준안

드론레이싱 대회의 원활한 운영과 관련 산업의 진흥을 위해 「신고하지 아니하고 개설했 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준」 제7조 제12항에 영상전송용 특정소출력무선기기를 신설하는 것으로 기술기준안이 <표 3.8>과 같이 마련되었다.

〈표 3.8〉 영상전송용 특정소출력무선기기의 기술기준(안)

제7조(특정소출력무선국용 무선설비) ① ~ ⑪ (현행과 같음)

⑫ 영상전송용 특정소출력무선기기의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 용도, 주파수, 복사전력, 점유주파수대역폭

장치명 (용도)	주파수대역 (MHz)	전파 형식	복사전력 (안테나 절대이득 포함)	점유주파수 대역폭
무인비행장치 영상 전송용	5600 ~5850	F3F	25mW 이하	20MHz 이하

2. 주파수허용편차는 $\pm 50 \times 10^{-6}$ 이하일 것

3. 불요발사는 제1호에 의한 주파수대역 밖의 주파수에서 1MHz 분해대역 폭으로 측정하였을 때 -30dBm 이하일 것

4. 제조자 또는 판매자는 해당 기기 또는 사용자 설명서에 다음 사항을 명시하고 운용자 및 사용자에게 충분히 알릴 것

“본 무선기기는 무인비행장치(드론)에 한하여 사용 가능함”



제4절 TVWS 데이터통신 제도개선

1. 연구배경

TV White Space(이하 TVWS) 데이터통신 기기는 2014년부터 기존의 디지털방송 대역(470MHz-698MHz)을 활용하여 지방자치단체 협력기반으로 서비스를 추진하였다. 현재까지 TVWS 서비스는 250기 이상의 장치가 설치되어 운영되고 있으나 고부가가치 창출에 어려움이 있어 활성화 되고 있지 않고 있다. 이에 따라 새로운 시장을 창출하고자하는 관련 산업계는 “ICT 규제 샌드박스” 제도를 통해 규제완화를 신청하였다. 주요 제안 사항은 충청북도 제천시와 협의된 제천시 청풍호의 유람선과 모노레일 이동체 등에 공공 WiFi 서비스와 응용 IoT 서비스를 TVWS 장비로 구축 할 수 있도록 하는 것이다. 그러나 <표 3.9>와 같이 이동형기기의 출력이 낮아 청풍호 유람선과 모노레일 이동체에 고품질의 무선통신서비스가 불가능하므로 출력을 1W로 상향하여 고정형기기 TVWS 출력 수준으로 규제완화의 가능성을 검토하게 되었다.

〈표 3.9〉 TVWS 데이터통신용 무선기기 기술기준

	출력수준(공급 전력밀도)	가용채널 탐색방식
이동형 기기	안테나 공급 전력밀도 100mW/6MHz 이하	100미터 이상 위치변경 시 가용채널 재탐색
고정형 기기	안테나 공급 전력밀도 1W/6MHz 이하	매 24시간마다 가용채널 재탐색

※ 출처 : 신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제13조(TVWS 데이터통신용 무선기기)

과학기술정보통신부는 ICT 규제 샌드박스 제도를 통해 신청자에게 완화된 출력기준(1W 이하)으로 특정지역(청풍호) 내 TVWS 이동형 기기의 실증특례를 부여하고('19.9.26) 아래의 사항을 만족하는 조건으로 수용하였다.[1]

- ① (사전기술 검증조건) 동 실증서비스는 지상파 TV방송 및 신고용 무선마이크와 전파 혼·간섭을 일으킬 수 있어, 사전기술검증조건을 충족시킨 후 추진할 것
- ② (실증서비스 범위) 지상파 TV 방송 및 신고용 무선마이크와 혼·간섭 등의 문제를 최소화기 위해 실증계획서에서 제시한 지역에 한정하여 운영할 것

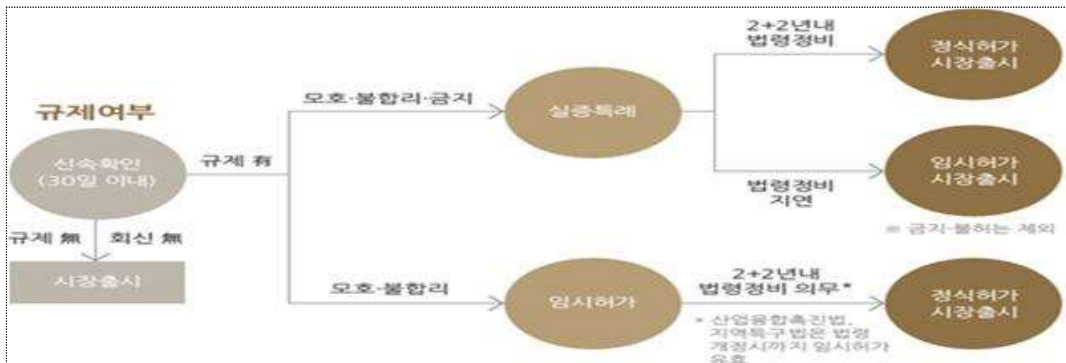
이에, 국립전파연구원에서는 과학기술정보통신부에서 요청한 실증특례 서비스 승인에 필요한 사전기술검증과 전파환경 분석 등 관련 제반사항등을 검토 하였다.

특정지역의 TVWS 이동형기기의 서비스 가능성 검증을 위한 전파 혼·간섭 문제와 그에 따른 기술기준 개선 여부를 검토하기 위한 연구를 수행하였다.

2. TVWS 실증특례의 취지

가. ICT 규제 샌드박스 제도의 개요

‘샌드박스’는 아이들이 안전한 환경에서 자유롭게 뛰어놀 수 있게 만든 박스 형태의 모래놀이터(Sandbox)에서 유래되었다. 2016년 영국에서 금융 분야에 최초로 도입한 뒤 1년 만에 대부분의 기업이 시장 출시라는 성과를 거둔 바 있다. 이 후로부터 전 세계 20개국에서 이러한 제도를 도입하여 추진 중이다[20]. 국내에서는 ICT 융합기술과 혁신적 신기술을 활용한 신산업이 급등장하고 있으나, 기존 규제에 막혀 신속하게 실현하기 힘든 사례가 발생하여, 기업이 기존규제에서 벗어나 창의적이고 자유로운 아이디어로 혁신적인 서비스와 제품을 테스트 할 수 있도록 정부에서 신규 제도를 도입하였다. 정부의 신기술 신산업 육성을 위한 규제혁신 프로그램은 [그림 3.7]과 같이 3가지 방법이 있다. 규제혁신 프로그램은 국민의 생명 안전 등 공익적 가치보호를 위한 소비자 보호제도의 균형을 추구하기 위하여 신청 받은 신사업의 기존 규제 존재와 허가 필요 여부에 따라 다음과 같이 제시하고 있다. 첫째는 신속하게 확인해주는 ‘신속처리’, 둘째는 신사업 신청을 받아 규제특례심의위원회에서 심의한 뒤 시행하는 ‘실증특례’, 마지막으로 시장 출시를 ‘임시허가’ 하는 방법으로 구성된다. 특히, 실증특례는 정보통신 진흥 및 융합 활성화 등에 관한 특별법 제38조의2(실증을 위한 규제특례)에 따라 최대 4년(최초 2년, 2년 연장 가능)의 범위 내에서 ‘신제품·서비스의 안정성 등에 대한 검증 필요 시 일정조건 하에 테스트를 허용하는 우선 시험 검증 제도’이다.



[그림 3.7] 규제혁신 프로그램



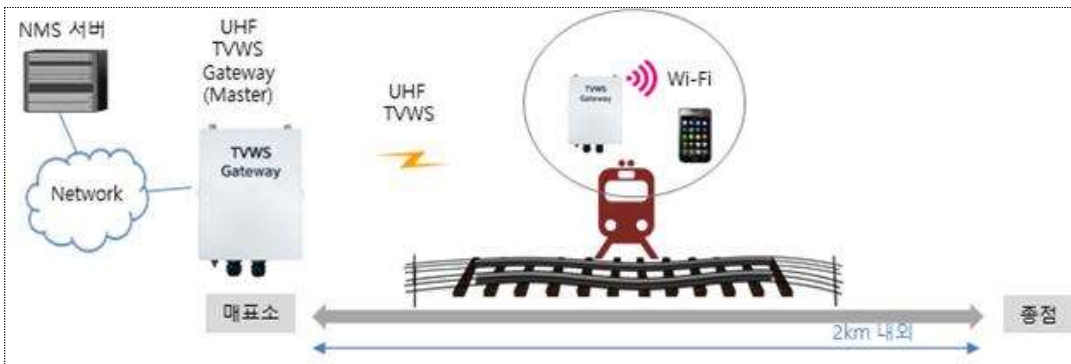
청풍호 신청 사항의 경우 규제특례심의위원회 심의 후에 진행하는 실증특례 방식으로 진행하는 것으로 결정되었다. 이에 국립전파연구원은 과학기술정보통신부 심의를 위한 기술지원기관의 역할을 수행하게 되었다.

나. 청풍호 실증특례 검토사항

당초, 청풍호 실증특례 사항은 [그림 3.8]과 같이 유람선의 사물인터넷 서비스와 [그림 3.9]와 같이 모노레일에서 공공와이파이 서비스가 가능하도록 구분된다. 2년의 실증특례 기간 동안 고정형 TVWS 기술기준 범위의 제한된 구역 내에서 이동에 따른 서비스 가능여부와 전파이용 환경 등의 예상되는 문제점들을 검토하는 것이다[21].



[그림 3.8] 청풍호 유람선 사물인터넷 서비스 구성도



[그림 3.9] 청풍호 관광 모노레일 공공와이파이 구성도

3. 실증특례 서비스 사전 기술검증 조건

실증특례 서비스를 진행함에 앞서 동일 대역 내 기존 사용자(지상파 TV방송, 신고용 무선마이크)에 대한 혼신을 예방하기 위해 <표 3.10>의 사전기술검증 조건을 만족한 후 진행하여야 한다. 국립전파연구원은 운용조건 ⑤항에 따라 실증특례에 사용되는 전파의 혼신 여부를 검증하기 위하여 청풍호에 대한 전파환경 분석 작업도 수행하였다.

〈표 3.10〉 실증특례 사전기술검증 조건

- (전기적 시험항목) 실증 테스트 전에 「무선설비 적합성평가 시험방법」 부속서B에 명시된 다음의 전기적 시험항목을 만족할 것

구 분	전기적 시험 항목 및 조건
일반 사항	▶ 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인
점유 주파수 대역폭 허용치	▶ 방송표준방식 및 방송 업무용 무선설비의 기술기준 [별표13]을 만족할 것
주파수 허용편차	▶ 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제13조를 만족할 것
안테나 공급전력의 허용편차	▶ 무선설비 규칙 제9조제1항을 만족할 것
전파의 세기	▶ 무선설비 규칙 제12조제1항을 만족할 것
TVWS DB 접속 조건	▶ 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제13조제1호마목에 따른 별표4를 만족할 것

- (환경적 조건) 다양한 환경에서 지장 없이 동작하고, 파손, 발화, 발연 등의 예방을 위해 다음의 환경조건을 만족할 것

구 분	환경적 조건 및 적용방법
온도 시험	▶ -20℃ 와 +50℃ 의 온도에서 각각 1시간 이상 방치한 후 그 온도에서 규정한 전원전압을 가하여 동작시켰을 때 이상없이 동작할 것
습도 시험	▶ +35℃ 에 대한 상대습도 95의 습도에 4시간 방치 후 상온·상습에 복귀시켜 규정된 전원 전압을 가하여 동작시켰을 때 이상없이 동작할 것

- (운용 조건) 「신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준」 제13조와 [별표4]를 기본적으로 준용하고, 다음의 유형의 경우 추가·예외 조건을 만족할 것



- TVWS 고정형기기를 정해진 구역에서만 이동형서비스로 운용할 경우
 - ① 운용을 계획하는 전체 구간을 사전에 정밀하게 산출하여, 구역으로 정형화할 것
 - ② 정형화한 전체 구역을 포괄하는 사각형의 각 꼭지점이 되는 GPS 좌표 4개를 산출할 것
 - ③ 산출된 GPS 좌표 4개를 TVWS 가용채널 검색 시스템(RRA의 TVWS DB)에 입력하여 가용채널을 검색한 후, TVWS DB에서 산출되는 전체 운용구역에 대한 공통된 가용채널만을 사용할 것

※ 단, 운용자가 GPS 좌표를 4개로 수동 설정해야 함을 감안하여 「신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준」 [별표4] 제4항에 명시된 제한사항을 예외적으로 허용할 것

▶ [별표4] TVWS 가용채널 데이터베이스 접속조건

- 데이터베이스에 접속하는 기기는 **자동측위 기능이 있어야 하며, 사용자가 위치정보를 임의대로 수정할 수 없을 것**

- ④ 위 ② ~ ③의 과정을 매24시간 경과 이전에 반복하여 운용할 것
- ⑤ 실증특례 서비스 운용 중 우선 사용자(지상파DTV, 신고용 무선마이크)에 대한 혼신이 발생 또는 의심되는 경우 ‘TVWS 가용채널 관리 및 전파혼신 처리 지침(‘17.2.9)’에 따라 관계기관의 혼신처리 업무에 적극 협조할 것

4. 청풍호 전파환경 분석

가. 배 경

실증특례 서비스가 진행되는 한정된 구역에서 TVWS 기기를 선박 등의 이동체에 설치하여 운용할 경우 이동형기기의 출력이 상향(100mW→1W)되는 것이므로 470~698 MHz 주파수대역의 기존 사용자인 지상파 DTV방송 및 신고용 무선마이크에 대한 혼간섭을 일으킬 수 있다. 따라서 사전기술검증조건(‘TVWS 가용채널 관리 및 전파혼신 처리지침(‘17.2.9)’에 의해 전파 혼·간섭에 대한 분석과 주요지점 측정을 통해 검증을 한 후 진행되어야 한다. 이에 따라 국립전파연구원에서는 전파환경 분석 툴(SMIs)을 이용하여 전파 사용가능 여부를 검증하였다

나. 전파환경 운용 장비 현황

전파환경 분석을 위해 TVWS 서비스에 이용되는 고정형기기 규격[22], 서비스 안테나 패턴[23],[24], 안테나 설치 위치 등을 다음과 같이 조사하였다.

1) 고정형기기(마스터와 슬레이브) 규격

전파분석에 이용되는 TVWS 기기는 고정형기기(마스터)와 이동형기기(슬레이브)이며 470~698 MHz 대역에서 동작하고 최대 20 Mbps까지 무선 랜 서비스를 제공한다[22].

〈표 3.11〉 TVWS Master 규격

항 목	규 격	비 고
동작 주파수	470~698 MHz	
출력	27 dBm	(500 mW) conducted power
EIRP	36 dB 이하	4W
최대 수신 레벨	-40 dBm 이상	
최소 수신 감도	Typ. -98 dBm 내외	
변복조	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	Adaptive Modulation
가용채널 할당	TVWS DB 서버	
위치	자동 측위	GPS 내장

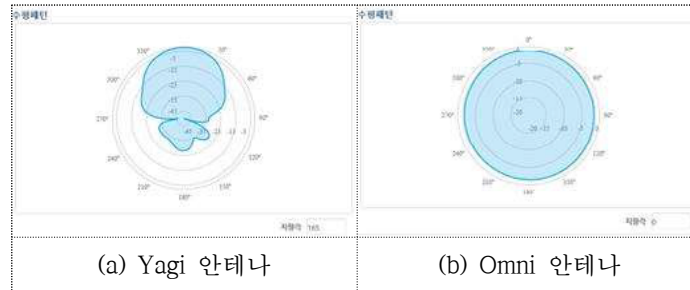
〈표 3.12〉 TVWS Slave 규격

항 목	규 격	비 고
Frequency	470~698MHz	
Stream	SISO	
Network	NAT	
GPS	Internal	
Bandwidth	6/8MHz	
Receive Sensitivity	-104dBm	6MHz BW
Receive Gain Control	Auto	
Max Conducted Power	27 dBm	6MHz BW
Adjacent Channel Emission	<-55dBc	
Transmit Power Control	1dB Step	
Modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM	



2) 안테나 규격

청풍호의 무선서비스에 사용된 [그림3.10 (a)]와 같은 Yagi 안테나는 이득 $10 \pm 1\text{dBi}$, 수직·수평 편파, 최대출력 50W이며 전파의 직진성이 좋아 중장거리 전송에 이용된다[5]. [그림3.10 (b)]와 같은 Omni 안테나는 이득 $5.5 \pm 0.5\text{dBi}$, 수평 빔폭 360° , 최대 입력파워 100W이며 전파의 퍼짐이 좋아 근거리 데이터 전송에 이용된다[24].



[그림3.10] 전파분석 안테나 패턴도

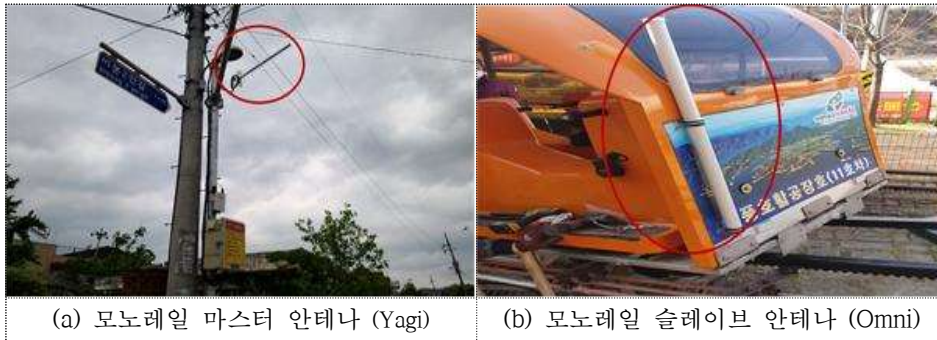
3) 청풍호와 모노레일 서비스를 위한 안테나 설치 환경

청풍호 운항선박에 설치되어 무선통신 서비스를 제공하는 Omni 안테나와 청풍호 주변 마스터에 Yagi, Omni 안테나 설치환경은 [그림 3.11]과 같다.



[그림 3.11] 청풍호 안테나 설치 환경

모노레일에 설치되어 무선통신 서비스를 제공하는 Omni 안테나와 마스터에 설치되어 모노레일에 통신 신호를 제공하는 Yagi 안테나는 [그림 3.12]와 같다.



[그림 3.12] 모노레일 안테나 설치 환경

다. 청풍호 전파분석

1) 분석조건

실증특례 서비스의 측정용 안테나는 Yagi 안테나가 사용되며 마스터 주변 전파음영지역은 Omni 안테나를 사용하여 보완 하였다. 전파분석 안테나 지향각은 마스터1(165°), 마스터2(150°), 마스터3(310°) 각각에 최적의 방향을 도출하였고 Yagi 안테나 분석반경은 4km, Omni 안테나 분석반경은 2km로 설정하고 안테나 높이는 3m, 5m로 설정하였으며, Yagi 안테나 편파는 방송주파수에 사용되는 수평편파에 간섭영향을 줄이고자 수직편파를 사용하였다.

〈표 3.13〉 청풍호 전파분석 조건

항 목	규 격	비 고
분석 주파수	473 MHz(ch. 14), 563 MHz(ch. 29), 689 MHz(ch. 50)	
출력	1W	
대역폭	6 MHz	
안테나 이득	Yagi 10 dBi, Omni 5.5 dBi	
급전선 손실	2 dB	
기타 손실(divider)	3.5 dB	
안테나 지향각(Yagi)	M1(165°), M2(150°), M3(310°)	
분석 간격	20 m	
분석 반경	Yagi 안테나 4 km, Omni 안테나 2 km	
안테나 높이	3m, 5m	
사용 편파	수직편파	



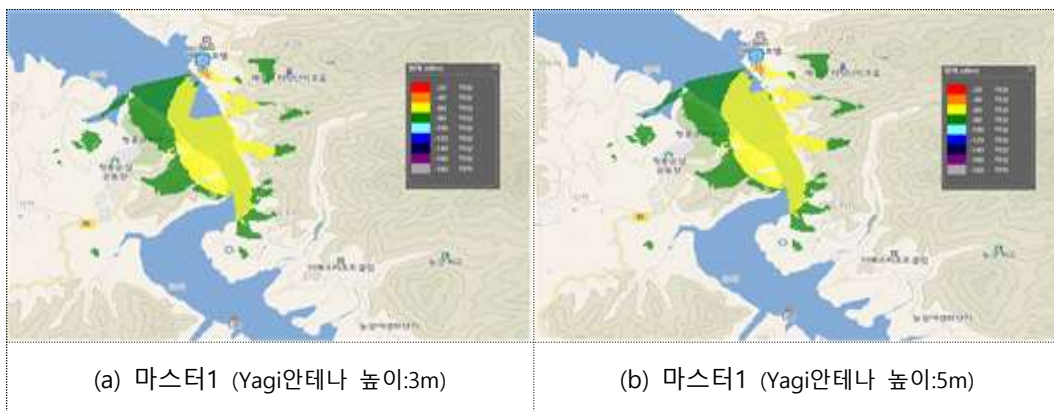
청풍호 전파 분석은 [그림 3.13]과 같이 호수 주변의 3개 지점(M1, M2, M3)에 설치되는 고정형기기 마스터와 유람선 선체에 설치되는 고정형기기 슬레이브 4개 지점(S1, S2, S3, S4)의 가상지점으로 위치를 선정하였다.



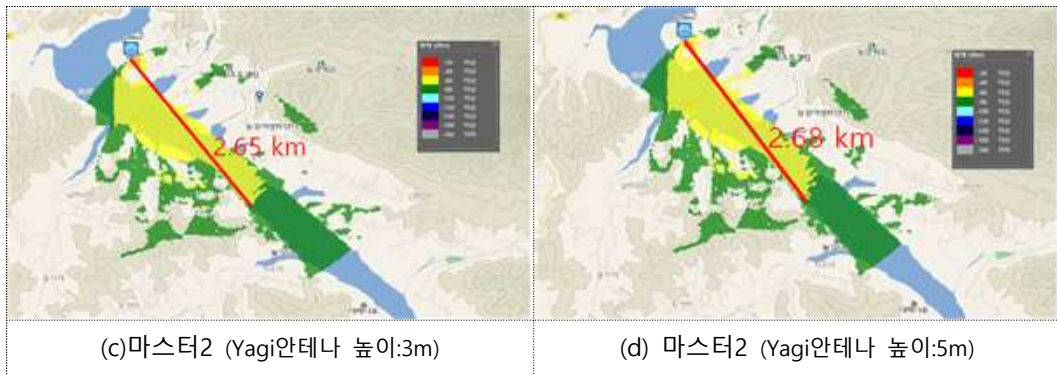
[그림 3.13] 청풍호 전파환경 분석 구역

2) 청풍호 간섭분석 결과

[그림 3.14]의 (a), (b)와 같이 청풍호에 설치된 마스터1은 호수면보다 20m 높은 언덕위에 설치된 안테나를 3m에서 5m로 높이면 음영지역이 줄어들었다. 또한, [그림 3.14]의 (c), (d)와 같이 마스터2의 안테나를 3m에서 5m로 높이면 전파의 커버리지가 소폭(30 m) 확장되는 것을 확인할 수 있었다.

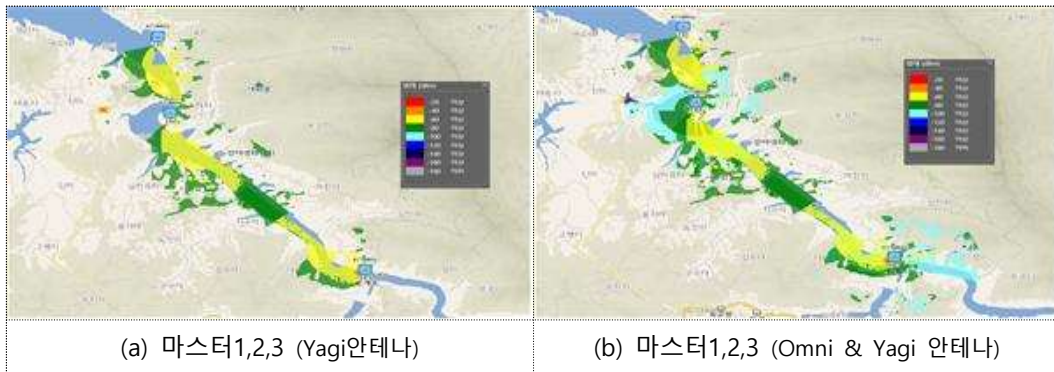


[그림 3.14] 청풍호 전파환경 분석 1



[그림 3.14] 청풍호 전파환경 분석 1 [계속]

마스터1,2,3의 Yagi 안테나를 사용하여 [그림 3.15(a)]과 같이 분석한 결과 호수 중심 부근과 유람선이 회귀하는 옥순대교 부근에 서비스 음영 지역이 발생하였다. 이에 마스터2,3에 Omni 안테나를 추가로 설치함으로써 [그림 3.15(b)]과 같이 전파음영 지역이 해소되어 청풍호 지역의 TVWS서비스가 원활하게 진행될 것으로 예상된다.



[그림 3.15] 청풍호 전파환경 분석 2

3) 모노레일 분석

모노레일 마스터는 [그림 3.16]의 (a)와 같이 모노레일 운행구간에서 [그림 3.16]의 (b)와 같이 무선통신 서비스가 가능한 출력을 확인할 수 있으며 또한, 산악 지형의 특성으로 모노레일과 통신하는 전파가 주변에 영향을 주지 않는 것도 확인되었다.



[그림 3.16] 모노레일 전파환경 분석

4) 청풍호 전파이용 가능성 분석 결과

청풍호 주변에 설치된 마스터2,3는 Yagi 안테나와 Omni 안테나를 동시에 사용하여 전파음영 지역이 해소되었으며 마스터의 출력은 안정적인 무선통신 서비스가 가능한 -80 dBm 이상이 커버리지 구간에 제공 될 수 있음을 확인하였다. Omni 안테나 서비스 지역은 상대적으로 낮은 -100 dBm이상 서비스 되지만 근거리 구간의 전파음영지역이 보완되는 것으로 분석되었다. 모노레일 서비스 구역은 고정형 마스터기기가 설치된 위치로부터 모노레일에 설치된 슬레이브 구간에는 -80 dBm 이상 출력되므로 무선통신 서비스에는 지장이 없을 것으로 보이지만 모노레일이 숲속 구간을 운행하게 되므로 산골짜기 운행구간과 수목이 활성화되는 계절에는 전파 음영 지역이 생길 수 있으므로 측정을 통해 확인할 필요성이 있는 것으로 보인다.

5. 실증특례 기반 기술기준 개정 검토 방향

국립전파연구원은 TVWS 실증특례 서비스를 지원하기 위해 사전기술검증 조건에 따라 전파환경을 분석하였다. 주 내용은 실증특례 서비스를 분석하고 청풍호등에 대한 전파환경을 검토하는 것이다. 현, TVWS 실증특례는 현재의 기술기준에 정의된 이동형 기기의 출력을 초과(100 mW→1 W)하는 예외적인 상황이므로 반드시 제한된 지역에서만 사용하여야 하고, 한정된 이동체(버스 등 타 이동체 탑재 불가)에서 적용하여야 한다. 또한, 고정형기기를 이용하는 이동형 서비스는 반드시 사전 검증을 통해 혼·간섭이 발생하지 않아야 하며 서비스가 원활히 가능하도록 개정되어야 한다. 따라서 청풍호 등에 대한 TVWS 실증특례 요청에 전파이용 환경을 검토한 본 연구결과와 같이 전파사용이

가능한 것으로 검증되어야 한다. 특히, 한정된 지역에서 이동체에 탑재되는 고정형기기의 전파 분석은 기술기준 개정 이후에도 계속적으로 필요한 것으로 판단된다.

6. 기술기준 개정(안) 검토

기술기준 개정(안)은 실증특례 서비스를 위해 산업체가 요구한 고정형(Master)과 이동형(Slave) 방식을 현 규정의 제한구역에서 고정형(M)과 고정형(S)장치로 인정하여 사용하기로 잠정 결정하고 다음과 같이 신고하지 아니하고 개설했 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제13조(TVWS 데이터통신용 무선기기) 2. 고정형 기기 송신장치의 조건 마. 항을 신설하는 방향으로 검토되었다.

마. TVWS 고정형 기기를 선박, 모노레일과 같은 이동체에 탑재하여 데이터베이스에 직접 접속하지않고 정해진 구역에서만 이동형 서비스로 운용하는 경우 사전 검증을 실시할 것. (신설)

이 개정(안)은 선박, 모노레일 등의 이동체에 탑재되는 TVWS 고정형 슬레이브 기기를 운용할 경우 기존의 방송, 무선마이크 등 동일 주파수 대역의 기존서비스 사용자와 공존 여부를 사전에 검증을 실시하여 영향을 주지 않는 것을 전제로 사용하여야 한다는 것을 의미한다. 향후, 기술기준 개정(안)이 완료되면 “TVWS 데이터통신용 무선기기의 무선 랜 적합성평가 항목별 시험방법(KSX 3123 부속서 D)” 개정이 후속으로 진행되어야 할 것이며 “TVWS 가용채널 관리 및 전파혼신 처리지침” 개정도 필요하다.

〈표 3.14〉 TVWS 데이터통신용 무선기기 기술기준(안)

< 기술기준 본문 >

□ 제13조(TVWS 데이터통신용 무선기기) 470~698MHz 주파수대역의 TVWS 데이터통신용 무선기기의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 공통조건

가. TVWS 데이터통신용 무선기기 이용 채널은「방송표준방식 및 방송업무용 무선설비의 기술기준」의 별표 13과 같을 것

나. 채널 당 점유주파수대역폭은 6MHz 이내일 것(다만, 인접 가용채널 사용이 가능할 경우 연속된 2개 채널을 묶어 최대 12MHz 점유주파수대역폭 사용이 가능함)

다. 주파수허용편차는 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이하일 것

라. TVWS 가용채널 데이터베이스(이하 "데이터베이스"라 한다.) 접속을 통해 제공받은 채널에서만 동작할 것. 다만, 데이터베이스에 접속하지 않는 이동형기기는 데이터베이스에 정상 등록된 상대기기의 채널에서만 동작할 것



마. 별표 4의 'TVWS 가용채널 데이터베이스 접속조건'을 만족할 것(다만, 데이터베이스에 접속하지 않는 이동형기기는 제외한다.)

바. 스푸리어스영역 불요발사의 허용치는 56+10Log(PY) 또는 40dBc 중 덜 엄격한 값 이하일 것

2. 고정형 기기 송신장치의 조건

가. 안테나공급전력밀도는 1W/6MHz이하이고 12.2dBm/100kHz 이하일 것

나. 안테나 절대이득은 6dBi 이하일 것. 다만, 안테나 절대이득이 기준치를 초과한 경우에는 초과한 값만큼 안테나공급전력밀도를 저감할 것

다. 대역외영역 불요발사는 다음 조건을 만족할 것

이용채널 지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)	분해 대역폭	기준값
$\pm (3\sim 15)\text{MHz}$	100kHz	-42.8dBm 이하

비고 : 연속된 2개 채널을 묶어 사용하는 경우 '+' 부호는 높은 순위 이용채널 지정주파수, '-' 부호는 낮은 순위 이용채널 지정주파수에 각각 적용한다.

라. 설치 안테나의 높이는 지상고 30m 이하일 것

마. TVWS 고정형 기기를 선박, 모노레일과 같은 이동체에 탑재하여 데이터베이스에 직접 접속하지 않고 정해진 구역에서만 이동형 서비스로 운용하는 경우 사전 검증을 실시할 것. (신설)

3. 이동형 기기 송신장치의 조건

가. 안테나공급전력밀도는 100mW/6MHz 이하이고, 다음 조건을 만족할 것

구 분	100 kHz 대역폭 당
안테나공급전력밀도 100 mW/6MHz 이하 40 mW/6MHz 초과	2.2 dBm 이하
안테나공급전력밀도 40 mW/6MHz 이하	-1.8 dBm 이하

나. 안테나 절대이득은 0dBi 이하일 것. 다만, 안테나 절대이득이 기준치를 초과한 경우에는 초과한 값만큼 안테나공급전력밀도를 저감할 것

다. 대역외 영역 불요발사는 다음 조건을 만족할 것

구 분	이용채널 지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)	분해 대역폭	기준값
안테나공급전력밀도 100mW/6MHz 이하 40mW/6MHz 초과	$\pm (3\sim 15)\text{MHz}$	100kHz	-52.8dBm 이하
안테나공급전력밀도 40mW/6MHz 이하	$\pm (3\sim 15)\text{MHz}$	100kHz	-56.8dBm 이하

비고 : 연속된 2개 채널을 묶어 사용하는 기기의 경우 '+' 부호는 높은 순위 이용채널 지정주파수, '-' 부호는 낮은 순위 이용채널 지정주파수에 각각 적용한다.

4. 제조자 또는 판매자는 다음 각 목의 사항을 사용자 설명서 등을 통하여 사용자에게 충분히 알릴 것

가. 해당 기기는 TVWS 가용채널 데이터베이스에서 제공하는 채널만 사용할 수 있음

나. TVWS 가용채널 데이터베이스에서 제공하는 채널은 정부의 주파수 분배·회수·재배치 정책 및 전파 혼신 제거 조치에 따라 축소 또는 삭제될 수 있음

7. 결 론

TVWS 제도개선을 위한 본 연구에서는 TVWS 새로운 시장 창출을 원하는 사업자의 ICT 규제샌드박스 요청에 따라 기술기준 개정이 필요한 상황이었다. 이에 과학기술정보통신부와 국립전파연구원은 청풍호 등에서 서비스 가능 여부에 대한 전파이용 환경을 분석하였으며 전파환경 실측을 통해 TVWS 실증특례 서비스가 기존의 방송 및 무선 서비스에 영향을 주지 않고 서비스가 가능함을 검증하였다. 그러나 제한된 일부 지역에 대한 전파분석과 전파환경 실측이 이루어짐에 따라 전체 지역을 위한 기술기준 개정의 어려움이 있어 일단 한정적인 조건으로만 기술기준 개정(안)을 도출하기로 잠정 결론을 내렸다.

TVWS 실증특례 내용을 반영한 기술기준 개정이 완료된 이후에도 지역과 운용 계획에 따른 새로운 TVWS 서비스 요청 시 전파 환경 검증과 전파 분석 작업이 계속 필요한 것으로 고려하고 있다.



제5절 지표투과레이다 및 벽투과레이다 제도

1. 연구배경

최근 몇 년간 노후화된 도시를 중심으로 싱크홀의 크고 작은 사고들이 늘어나고 있다. 2015년부터 2019년까지 1,250건의 싱크홀이(지하안전관리에 관한 특별법상 통보대상 기준) 발생했다[13]. 국토교통부는 위와 같은 사고를 예방하기 위해 지하안전관리에 관한 특별법 개정을 통하여 소관 지하시설물 및 주변 지반을 연1회 이상 확인하여 소속 자치구에 제출하도록 시행('19년 11월)하였다[14]. 이러한 재난을 예방하기 위하여 필요한 것이 [그림 3.17]의 (a)형태의 지표투과레이다(이하 GPR)이다. 이와 유사한 [그림 3.17]의 (b)형태의 벽투과레이다(Wall Penetrating Radar, WPR)는 건설 분야의 안전 및 시공품질의 부실방지를 위하여 건설감리에서 사용되고 있다. 이러한 GPR/WPR은 지난 10여 년 동안 전파를 발사하는 기기임에도 불구하고 무선기기의 인증 없이 사용되고 있다. GPR/WPR의 사용하는 주파수도 광대역이며, 대부분 수입에 의존하여 사용되기 때문에 이에 대한 주파수관리 측면의 제도화 도입이 필요한 상황이다.



[그림 3.17] 지표투과레이다(a)와 벽투과레이다(b)의 형태

2. GPR/WPR 기술 및 전파특성

1) GPR/WPR의 원리와 기술

지표투과레이다와 벽투과레이다는 광대역의 전파를 투사하여 신호의 종류에 따른 도달시간을 이용하여 영상으로 볼 수 있는 장치이다. GPR/WPR은 레이다의

원리를 사용하는 장치로 전파경로를 표면반사(Surface reflection)와 표적의 반사파를 분석하여 신호의 높이에 따라 칼라로 구분을 하여 영상으로 표시하게 된다. 신호는 Pulse wave 와 Step-Frequency Continuous Wave 등을 이용한다. 이러한 원리로 측정된 결과는 <표 3.15>와 같이 매질의 전기전도도 (electrical conductivity) 및 유전율(Dielectric constant)과 같은 지반구성물질의 전기적 특성에 따라 달라진다.

〈표 3.15〉 매질 종류에 유전율과 전파속도

매질의 종류	유전율	전파속도 (m/ns)
공기	1	0.3
금속	1	0.3
물	81	0.033
마른 콘크리트	5.5	0.12
마른 모래	4	0.15

매질 종류에 따른 유전율에 의해서, 매질의 전파속도는 아래의 식(1)에 따라 계산할 수 있으며, 매질의 두께는 식(2)에 따라 확인해 볼 수 있다.

$$V_m = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

$$D = \frac{T \cdot V_m}{2} = \frac{T \cdot C}{2\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots \text{식 (2)}$$

여기서,

V_m = 매질 내에서의 전파속도 (m/s)

C = 자유공간에서의 전파속도 (3×10^8 m/s)

ϵ_r = 매질의 상대유전율

D = 반사깊이 (m)

T = 전자기파의 양방향 이동시간 (s) 이다.

이러한 계산은 매질의 상대유전율을 표면 입사파의 진폭 대비 반사파의 진폭 비율로 산정할 수 있다. GPR/WPR 분석에 사용되는 대부분의 상용 프로그램들에서는 이러한 유전상수 값을 제공하여 계산에 응용하고 있다[15].



사용자가 탐지하고자 하는 깊이에 따라 서로 다른 기술방식으로 운용되고 있다. 실제 수 m 이상 깊은 지하탐지용으로 사용하고자 할 경우에는 Ground-coupled 방식을 사용하고 있으며, 수 cm 내 지표면 정밀탐지용일 경우 지표면과 5cm-20cm의 이격을 두고 Air-coupled 방식의 기술을 사용하고 있다. 주파수가 낮을 경우는 심도가 깊은 곳을 탐지할 때 사용하며, 주파수가 높을수록 정밀탐지용에서 사용하고 있다. 지표투과레이다의 범주에 들어가는 벽투과레이다는 우리나라에서는 철근 탐지기로 불린다. 이러한 벽투과레이다는 해외에서 “콘크리트 스캐너”, “GPR Hand-held 무선기기” 및 “벽 영상 탐지기”라고 분류하며 GPR 범주의 하나로 분류하고 있다.

2) GPR/WPR의 사용주파수와 전파특성




<표 3.16>은 국내에서 사용 중인 GPR/WPR의 제조사별 사용 주파수를 나타낸 것이다. 일반적으로 주파수를 표기 할 때에는 중심주파수를 표기하나, 제조사별로 사용하는 Pulse의 대역폭을 표기한 것도 있었다. 이러한 조사 자료가 GPR/WPR 사용주파수에 대한 국내 도입 시 하한 주파수 등으로 고려될 수 있다[16].

〈표 3.16〉 국내에서 사용 중인 GPR/WPR 제조사별 주파수

제 조 사	GPR 사용 주파수	WPR 사용 주파수
GSSI	100MHz, 250MHz, 400MHz, 900MHz, 1.2GHz, 1.6GHz	0.8~2.3GHz
MALA	100MHz, 250MHz, 500MHz, 450MHz, 700MHz,, 800MHz	
Impulse radar	170MHz, 200MHz, 350MHz, 400MHz, 450MHz, 600MHz	1GHz, 2GHz
IDS	250MHz, 700MHz, 200MHz ~ 1.6GHz	2GHz
3D RADAR	250MHz ~ 700MHz, 0.5GHz-3GHz	
존드	400MHz, 2.6GHz이하	
RPS	100MHz ~ 4GHz	0.2~4GHz
(주) 이성	500MHz, 1.6GHz	

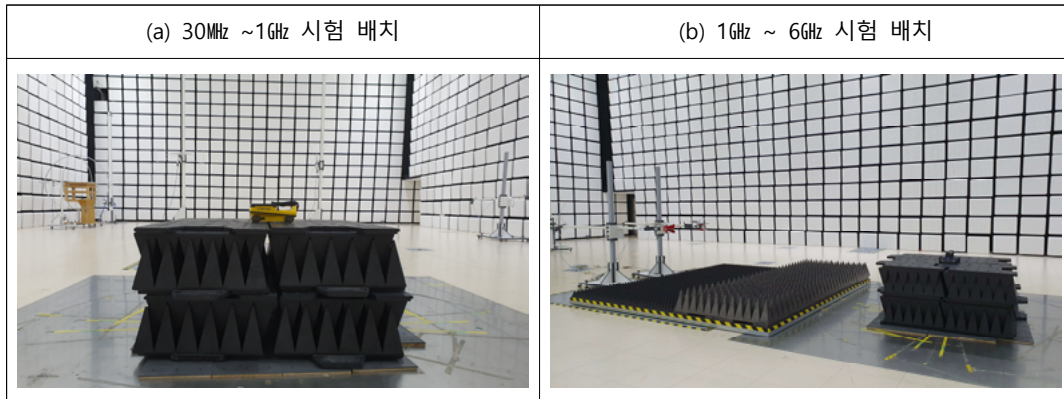
국립전파연구원에서는 지난해 <표3.16>과 같이 제조사별 GPR의 전파특성을 측정하여 EMI 기준 이내에 적합함을 확인하였고, 비면허로 GPR 제도를 도입할 것을 제시한바 있다. 본 고에서는 WPR의 전파특성을 소개하고자 한다. [그림

3.18]를 살펴보면, 국내에서 사용되는 벽투과레이다의 사용주파수는 지표투과레이다의 사용 주파수와 유사하며 목표 측정 깊이가 0.5~0.8m 로 지표투과레이다에 비하여 출력이 작은 특징이 있다.

분 류	해외 A 사	해외 B 사	해외 C 사
사용 주파수(GHz)	0.8~2.3	2 (중심주파수)	0.2~4
신호 형태	pulse	pulse	SFCW
측정 깊이(m)	0.5	0.8	0.7
제품 사진			

[그림 3.18] 벽투과레이다의 사용주파수 및 신호 형태

벽투과레이다의 전파특성을 측정하기 위하여 전자파무반사실 챔버 안의 턴테이블 위에 페라이트타일과 전파흡수체를 80cm 높이로 설치하고 시료를 한 가운데에 위치시켰다. 벽투과레이다의 사용주파수가 광대역으로 사용되고 있어, 1GHz 이하의 실험은 [그림 3.19]와 같이 10m 거리에 수평·수직 바이로그안테나 설치하였다. 또한, 1GHz~6GHz 시험은 3m 거리에 수평·수직 혼안테나를 설치하고, 시료와 안테나 사이에 전파흡수체를 추가로 설치하였다.

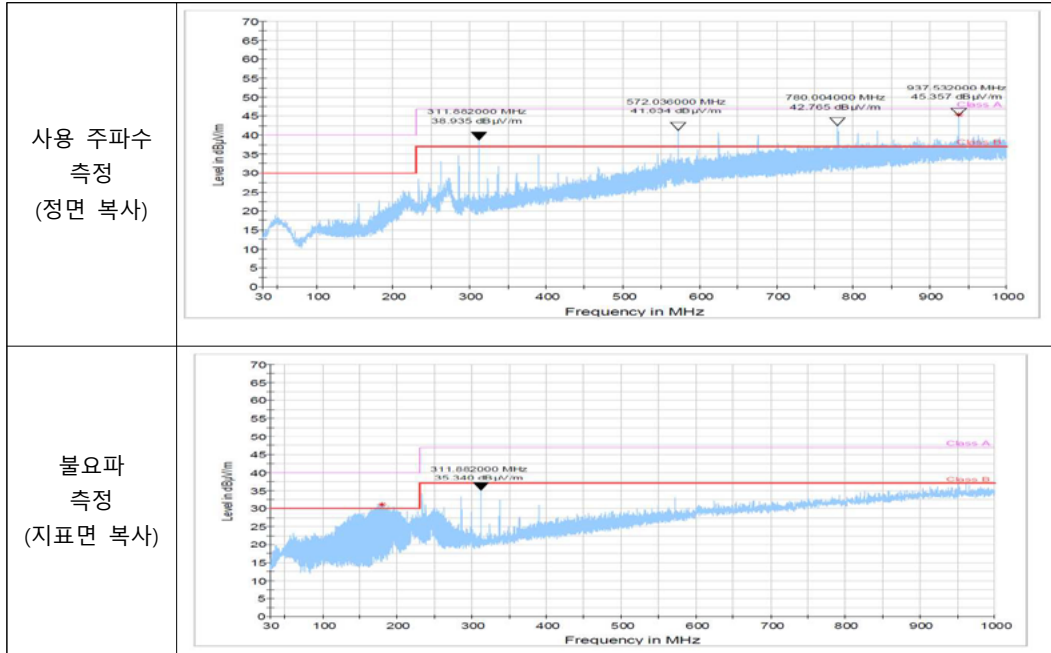


[그림 3.19] 벽투과레이다의 전자파 측정환경

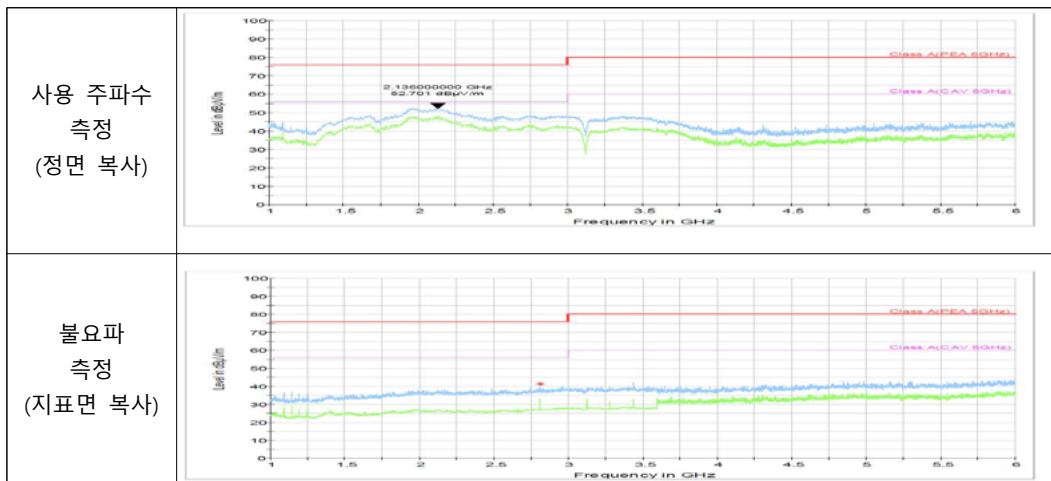
이때, 전파 발사면이 수신안테나 정면을 향한 상태에서 기기들이 사용하는 주파수대역을 측정하고, 전파발사 면이 흡수체를 향한 상태에서 불요파 세기를 측정하였다. 주파수 대역별 검파방식은 1GHz 이하는 준첨두 값을 측정하고, 1GHz 이상은 첨두값과 평균값을 같이 측정하였다.



해외 A사의 경우 30MHz~1GHz 시험에서 WPR 기기가 사용하는 주파수는 측정되지 않았고, 불요발사는 35.3dB μ V/m 이하로 class A 기준을 만족하였다. [그림 3.20]과 [그림 3.21]을 비교해 보면, 해외 A사의 WPR 사용 주파수가 0.8~2.3GHz로 알려져 있으나, 시험결과 1~3.7GHz으로 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

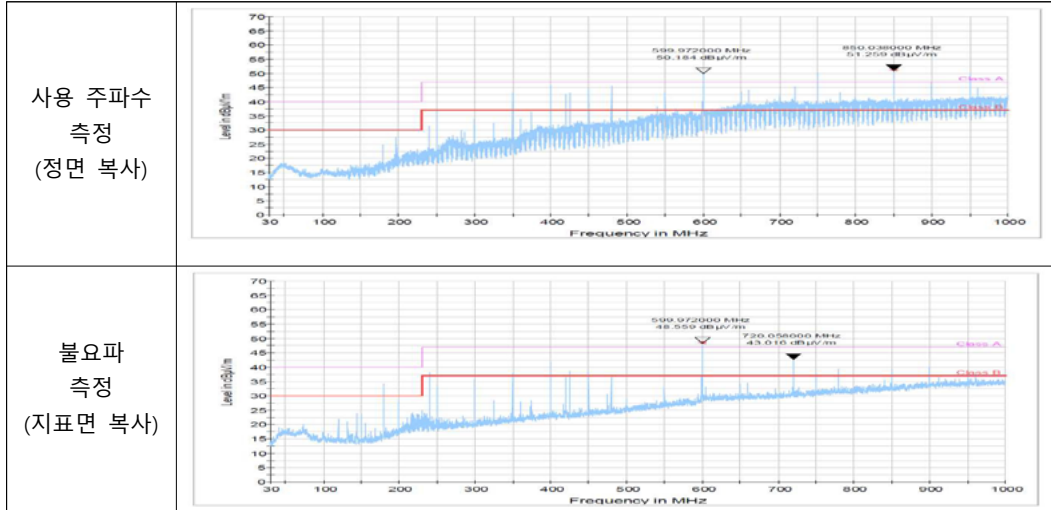


[그림 3.20] 해외 A사 WPR의 1GHz 이하 전파특성



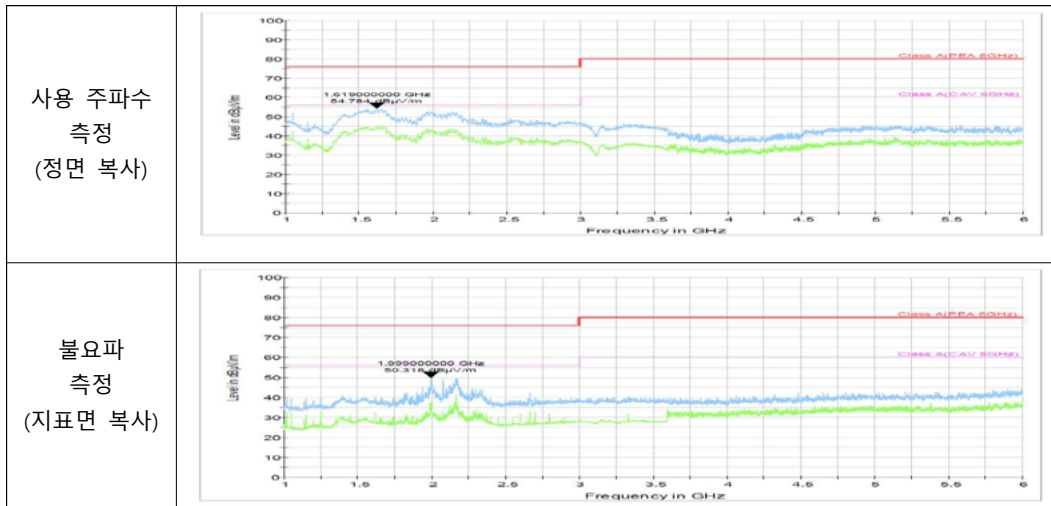
[그림 3.21] 해외 A사 WPR의 6GHz 이하 전파특성

또한, 1GHz~6GHz 시험에서 기기가 사용하는 주파수 대역내의 불요발사는 침투 값이 42dB μ V/m 이하로 class A 기준을 만족하였다.



[그림 3.22] 해외 B사 WPR의 1GHz 이하 전파특성

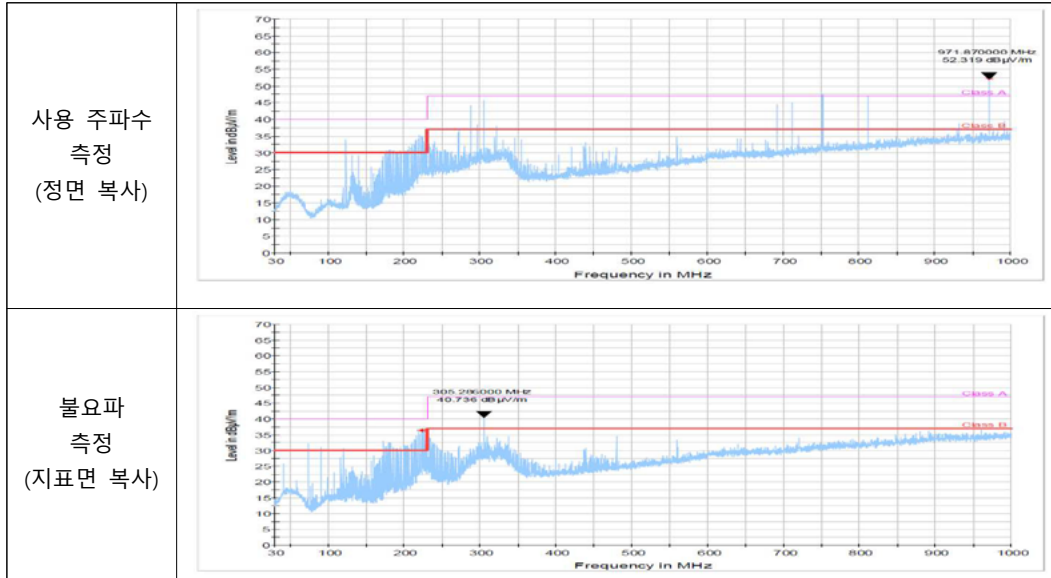
해외 B사도 [그림 3.22]와 같이 30MHz~1GHz 시험에서 기기가 사용하는 주파수는 측정되지 않았고, 불요발사는 48.5dB μ V/m 로 class A 기준을 약 1.5dB 초과하였으나, 3년 이상 사용한 WPR 기기 외장 차폐케이스의 성능 노화로 인한 결과임을 예상해 볼 수 있다.



[그림 3.23] 해외 B사 WPR의 6GHz 이하 전파특성

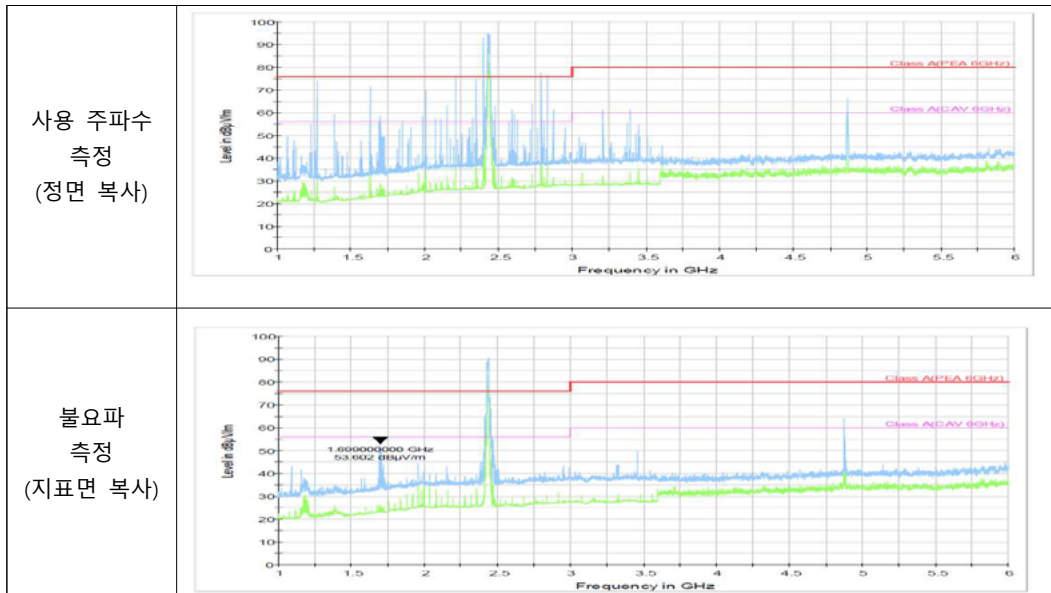


[그림 3.23]과 같이 1GHz~6GHz 시험에서 해외 B사의 WPR 사용하는 주파수대역은 1GHz ~ 3.6GHz로 측정되었고, 불요발사는 침두값이 50.3dB μ V/m 이하로 class A 기준을 만족하였다.



[그림 3.24] 해외 C사 WPR의 1GHz 이하 전파특성

해외 C사의 WPR은 [그림 3.24]과 같이 30MHz~1GHz 시험에서 기기가 사용하는 주파수는 측정되지 않았다.



[그림 3.25] 해외 C사 WPR의 6GHz 이하 전파특성

해외 C사의 1GHz 이하 불요발사는 $40.7\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 이하로 class A 기준을 만족하였다. 1GHz~6GHz 시험에서 WPR이 사용하는 주파수대역은 0.2~4GHz로 알려져 있으나, 시험결과 1~3.6GHz로 차이가 있었다. 해외 C사의 경우는 Step Frequency 기술방식으로 EMI 측정으로는 정확도가 다소 떨어진다. 신호의 유형을 확인하기 위한 불요발사는 침투값이 $53.6\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 이하로 class A 기준을 만족하였다. 또한, [그림 3.25]에서 확인한 바와 같이 WiFi를 이용하여 별도의 태블릿으로 제어하는 형태이기 때문에 2.4GHz 신호와 제2고조파가 검출되었다.

3. GPR/WPR 제도도입 방안

앞서 살펴본 바와 같이 GPR은 지면 아래로 전파를 발사하여 대상물을 측정하는 응용서비스이다. 또한, WPR도 GPR과 같은 레이더의 원리이며, GPR은 지면아래로 사용하고, WPR은 벽면에 접촉하여 사용한다. 다만 광대역 주파수를 사용하기 때문에 타 무선국에 혼신을 주지 않고 운용하기 위해서는 정상적인 작동 상태에서 가능한 공간으로 방사되는 전파를 차폐하는 성능이 매우 중요하다고 할 수 있다. 제도 도입 시 GPR 운영 제한사항과 관리방안을 마련하여 제도를 도입해야 할 것이다. GPR/WPR을 비면허로 도입할 경우는 누구나 자유롭게 적합성 평가만 받으면 사용할 수 있는 장점이 있으나, 용도 및 작업자·운용자 제한이 어렵고 관리조건을 만들어 비면허 기술기준을 만들 경우 비면허의 개념에서 벗어난다는 한계가 있다. 비면허제도로 도입할 경우, 국내에서 이미 운용되고 있는 GPR/WPR이 관련 제도 신설로 발생하는 문제를 최소화 할 수 있으며, 관련법을 최소화하여 도입할 수 있어 매우 용이한 장점이 있다. 비면허로 도입될 수 있는 『신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준』 [그림 3.26]과 같이 제안하고자 한다. 기술기준 제정 시에 GPR/WPR의 운용조건으로 통신목적이 아닌 지표면 수직방향으로 발사하는 기기에 한하여 운용할 것을 명시해야 할 것이다. 점유주파수 대역폭(1MHz 분해대역폭으로 측정한 최대 전력밀도보다 10 dB 낮은 대역폭)은 6GHz 이하 주파수대역 이내로 규정한다. 기술기준의 일반 운용조건 등은 아래와 같이 제시하였다.

- 1) 이동체에 부착되어 사용하는 경우, 수동으로 동작하는 비잠금 스위치(사용자의 손이나 동작감지 센서의 사용)를 사용해야 하며, 장비운용자로부터 사용이 중지되었을 때 10초 이내에 송신을 중단할 것.



- 2) 원격으로 사용하는 컴퓨터 제어 장비의 경우, 제어시스템에 의하여 사용이 중단되거나 장비운용자에 의하여 사용이 중지되었을 때 기기가 10초 이내에 송신을 중단할 것.
- 3) 데이터 수집을 위하여 차량에 장착되는 기기의 비활성화 할 것.
- 4) 지표 및 벽 투과레이다용 기기를 운용하고자 하는 자는 “(가칭) 비면허종합관리 시스템”에 등록하고 사용할 것

신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 개정(안)

제3조(정의) ①항 13호 및 14호 신설

13. “지표투과레이다용 무선국”이란 주파수의 투과 및 반사 특성을 이용하여 지면아래로만 동작하여 지표 아래의 매질을 탐사하는 무선국을 말한다.
14. “벽투과레이다용 무선국”이란 주파수의 투과 및 반사 특성을 이용하여 벽을 통과하지 않고 벽면안의 매질을 탐사하는 무선국을 말한다.

제15조(지표 및 벽투과레이다용 무선기기)

① 지표투과레이다용 무선기기는 다음 각 호의 조건에 적합하여야 한다.

1. 주파수대역, 전력밀도 등

주파수대역	안테나 끝단이득을 포함한 전력밀도		비 고
	평균 전력밀도(RMS)	최대 전력밀도(QP)	
30MHz 이상 230MHz 미만	-65dBm/100MHz	-44.5dBm/120MHz	
230MHz 이상 1000MHz 미만	-60dBm/100MHz	-37.5dBm/120MHz	
1000MHz 이상 1800MHz 미만	-65dBm/100MHz	-30dBm/100MHz	
1800MHz 이상 3400MHz 미만	-51.3dBm/100MHz		
3400MHz 이상 5000MHz 미만	-41.3dBm/100MHz		
5000MHz 이상 6000MHz 미만	-51.3dBm/100MHz		

2. 주파수대역폭(1MHz 분해대역폭으로 측정된 최대 전력밀도보다 10dB 낮은 대역폭)은 6MHz 이하 주파수대역 이내일 것
3. 불요발사는 제1호의 주파수 대역 밖의 주파수에서 측정된 전력밀도가 제1호의 **최대 전력밀도**보다 20dB 이상 낮은 값일 것
4. 지표투과레이다(GPR) 무선국은 통신 목적으로 사용되지 않으며, 기기의 의도적인 사용에서 지면아래로만 방사가 이뤄져야 함
5. 벽투과레이다(WPR) 무선국은 통신 목적으로 사용되지 않으며, 기기의 의도적인 사용에서 벽면안쪽으로 방사가 이뤄져야 함
6. 이동체에 부착되어 사용하는 경우, 수동으로 동작하는 비접촉 스위치(사용자의 손이나 동작 감지 센서의 사용)를 사용해야 하며, 장비운용자로부터 사용이 중지되었을 때 10초 이내에 송신을 중단해야 함
7. 원격으로 사용하는 컴퓨터 제어 장비의 경우, 제어시스템에 의하여 사용이 중단 되거나 장비운용자에 의하여 사용이 중지되었을 때 기기가 10초 이내에 송신을 중단해야 함
8. 데이터 수집을 위하여 차량에 장착되는 기기의 비활성화 시간은 60초 이내임
9. 지표투과레이다용 무선국 또는 사용자 설명서에 “지면을 향해서만 전파를 발사해야 한다.”는 문구를 명기할 것
10. 지표 및 벽투과레이다용 기기를 운용하고자 하는 자는 별표 6의 ‘GPR/WPR 무선기기 이용조건’을 만족하여야 하며, (가칭)비면허종합관리시스템에 자기로 운용등록하고 사용하여야 한다.
11. 제조자 또는 판매자는 10호의 사항을 사용자 설명서 등을 통하여 사용자에게 충분히 알릴 것

[그림 3.26] GPR/WPR 기술기준(안)

제4장

비면허 무선기기 적합성평가 시험방법 개선





제4장 비면허 무선기기 적합성평가 시험방법 개선

제1절 연구의 배경

비면허 무선기기란 일반적인 무선국 허가(신고) 없이, 기술기준(「신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준」)을 충족하는 것만으로 누구나 자유롭게 이용 가능하고 특정인에게 배타적인 이용 권한을 부여하지 않은 소출력 무선기기를 의미한다. 적합성평가를 받기 위한 시험방법은 국가표준인 「무선설비 적합성평가 시험방법(KS X 3123)」으로 제정 당시에는 항목별로 범용적인 시험방법을 기술하였으나, 다양한 비면허무선기기에 획일화된 시험방법을 적용하기는 어렵기 때문에 기기별로 시험방법을 분리하여 세분화하는 개정 작업이 필요하여 수차례 개정을 거쳐 왔다[26].

과학기술정보통신부에서 발표한 「5G+ 스펙트럼 플랜(2019.12)」에 따라 비면허 기술을 5G성능으로 고도화하기 위해 6GHz 대역 1.2GHz 폭의 무선랜 주파수가 공급되고 기술기준이 제정(2020.10.16.시행)되었다. 기술기준 시행시기에 맞춰 시험 방법을 마련하기 적합성평가 시험분야 전문가들로 연구반을 구성하였다.

여러 차례의 서면검토와 대면회의를 거쳐 새로 도입되는 6GHz 무선랜(WiFi)에 대한 시험방법을 마련하였고, 주파수대역이 넓어지고 동작조건 등이 급격하게 증가하여 시험시간이 대폭 증가할 것으로 예상되는 무선랜의 시험시간을 효율적으로 단축할 수 있도록 시험절차 등을 간소화하였다. 또한 20GHz 이상의 복사시험방법과 전계강도 및 자계강도 시험방법 등도 개선하였다.

제2절 안테나 이득 및 시험단자 적용 개선(부속서 F)

부속서 F는 전파법 시행령 제25조 제4호에 따른 무선설비의 안테나 이득 및 시험단자 적용에 대한 시험방법이다. 안테나 이득 시험단자의 적용 시, ‘다중 입출력 기기’에 대해서는 지정 시험기관 별로 혼란이 있을 수 있어 순환지연다이버시티, 동시에 동시채널을 송수신하는 기기를 <표 4.1>과 같이 포함시켰다.

〈표 4.1〉 KS X 3123 부속서 F 개정안

F.2 일반사항

F.2.2 시험 단자의 적용

b) 2 개 이상의 안테나를 가진 다중 입출력 기기(순환지연다이버시티 (CDD), 동시에 동일 채널을 송수신하는 기기 포함)에 대한 주파수 허용편차 및 점 유주파수대역폭 시험은 어느 하나의 안테나 단자에서 시험할 수 있다.

제3절 무선랜 시험방법 개선(부속서 G)

부속서 G는 무선랜을 포함한 무선접속시스템용(WAS) 특정소출력 무선기기 및 무선데이터통신시스템용 특정소출력무선기기의 무선랜 적합성평가 항목별 시험방법이다. 새로 제정된 6GHz 무선랜 기술기준에 도입된 ‘송신 전 신호감지(LBT)’에 대한 시험방법이 필요하여 신설하였고, 과도한 시험시간이 소요되는 MU-MIMO 시험에 대한 시험기관들의 개선요구가 있어 최악의 조건에서만 시험하도록 간소화하기 위해 해당 내용을 수정하였다. 최대 전력밀도가 발생하는 WiFi 표준, 채널대역폭, 전송속도, 안테나 단자 조건에서만 전체시험을 실시하도록 하여 시험 소요시간이 200시간에서 40시간으로 대폭 단축될 것으로 예상된다. 그 외, 시험절차를 알기 쉽게 수정하였고, 불필요한 문단은 삭제하는 등 <표 4.2>와 같이 개선하였다.

〈표 4.2〉 KS X 3123 부속서 G 개정안

G.2 시험순서와 수검기기의 동작조건

- a) 상온 정격전압 및 주파수대역별 중간 동작주파수에서 최대 안테나 공급 전력(또는 전력밀도)이 발생하는 안테나 단자와 전송속도를 확인한다.
다음과 같이 수검기기의 WiFi 표준, 채널대역폭, 전송속도 및 안테나 단자 별로 안테나 공급전력(또는 전력밀도)을 확인한다.
 - ㉠ WiFi 표준별로 각각 확인한다. 예: 802.11 a/b/g/n/ac/ax
 - WiFi 표준은 다르지만 전송속도가 동일하고 최대 안테나 공급전력(또는 전력밀도)이 발생하는 전송속도까지 동일하다면 최대 안테나 공급전력 (또는 전력밀도)이 더 큰 WiFi 표준에서만 시험할 수 있다.
예: 802.11n 20MHz 대역폭 / 802.11ac 20 MHz 대역폭을 비교하여 선택
 - ㉡ 채널대역폭에 따라 각각 확인한다. 예: 20 MHz / 40 MHz / 80 MHz



- ㉔ 전송속도는 최저 및 최고 상태에서 확인한다.
- ㉕ 안테나 단자가 SISO(Single Input Single Output)로 동작할 때는 각각의 안테나 단자에서 확인하고, MIMO(Multiple Input Multiple Output)로 동작할 때는 최다 안테나가 동시에 동작하는 조건에서 임의의 하나의 안테나 단자에서 확인한다. 다중 사용자를 지원하는 MU(Multi User)-MIMO (IEEE802.11ax)의 경우, 아래의 RU(Resource Unit) 조합 및 할당 표의 조건별로 확인한다.

- 채널대역폭별 RU 조합 및 할당 표

채널 대역 폭	RU할당 (위치)	RU 조합(개수)						
		26RU	52RU	106RU	242RU	484RU	996RU	2×996RU
20 MHz	최저	○	○	○	○			
	중간	○	○					
	최고	○	○	○				
40 MHz	최저	○	○	○	○	○		
	중간	○	○	○				
	최고	○	○	○	○			
80 MHz	최저	○	○	○	○	○	○	
	중간	○	○	○	○			
	최고	○	○	○	○	○		
160 MHz	최저	○	○	○	○	○	○	○
	중간	○	○	○	○	○		
	최고	○	○	○	○	○	○	

b) 다중 사용자를 지원하는 MU-MIMO의 시험항목별 RU 조합 및 할당 조건은 다음과 같다.

- ㉖ 각 채널대역폭별로 아래의 조건에서 안테나 공급전력(또는 전력밀도), 점유주파수대역폭 및 불요발사 시험을 실시한다.
- 안테나 공급전력(또는 전력밀도), 점유주파수대역폭, 대역외 발사 시험 : 최대 RU 조합
 - 스푸리어스 발사 시험: 최대 안테나 공급전력(또는 전력밀도)이 발생하는 RU 조합 및 할당
- ㉗ 최소 채널대역폭에서 아래의 조건을 적용하여 안테나 공급전력(또는 전력밀도) 및 대역외 발사 시험을 추가로 실시한다. 만약 RU 조합별 출력 전력

설정값이 채널대역폭별로 상이한 경우는 최소 채널대역폭 및 최소 채널 대역폭에서의 출력 설정값보다 큰 설정값을 갖는 채널대역폭 각각에서 추가 시험을 실시한다.

- 안테나 공급전력(또는 전력밀도) 추가 시험에 적용되는 RU 조합 및 할당 조건

동작주파수 (채널)	RU 조합(개수)	RU 할당(위치)
최저	최소	최저
중간	최대 RU를 제외한 RU 조합 각각	최저, 중간 및 최고에서 각각
최고	최소	최고

- 대역외 발사 추가 시험에 적용되는 RU 조합 및 할당 조건

동작주파수(채널)	RU 조합(개수)	RU 할당(위치)
최저	최소	최저
최고	최소	최고

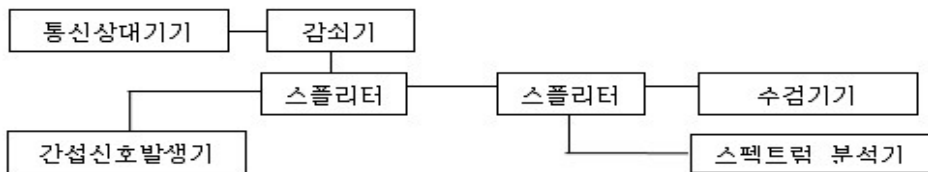
G.3.7 송신 전 신호감지(LBT) 기능 확인

G.3.7.1 일반사항

a) 송신 전 신호감지 기능 시험은 신청대역 내의 1개의 채널에 대해서 시험한다

b) 다중 안테나 단자를 사용하는 경우, 어느 하나의 안테나 단자에서 시험한다.

G.3.7.2 시험구성도



G.3.7.3 시험절차

a) 스펙트럼분석기를 다음과 같이 설정한다.

중심 주파수	반송주파수
스윙 주파수폭	0 Hz
분해능 대역폭	1 MHz
비디오 대역폭	분해능대역폭과 같은 값
검출 모드	첨두치
Trigger	Video 80 % 또는 신호를 포착할 수 있는 방법



스윙 시간	기술기준에서 정한 시간 이상
표시 모드	Clear Write 모드
스윙 횟수	연속 스윙

b) 간섭신호발생기의 주파수는 반송주파수로, 신호제기는 수검기기의 입력단에서 -62dBm이 되도록 설정한다. 만약 무변조신호를 인식하지 못 할 때에는 그림 G.1과 같은 -62dBm/20MHz 변조신호를 사용한다.

c) 간섭신호발생기의 출력이 OFF조건에서 수검기기를 송신조건으로하여 스펙트럼분석기로 전파가 발사되는 것을 확인한다. 스펙트럼분석기의 스윙횟수를 1회로 변경하고 Delta Marker 기능을 이용하여 수검기기의 송신시간(10ms 이내)과 휴지시간(16 μ s 이상)을 측정하여 기록한다.

d) 간섭신호를 인가하여 수검기기가 송신을 중단하고 휴지상태를 유지하는지 확인한다.(단, 송신 전 수신신호를 확인하는 시간(9 μ s 이상)은 제조사의 자료로 확인할 수 있다.)

e) 위의 c)~d) 과정을 3회 이상 반복측정하여 확인한다.

제4절 20GHz이상의 복사시험 방법 개선(부속서 J)

부속서 J는 전파법 시행령 제25조 제4호에 따른 무선설비 중 20GHz 이상의 주파수를 사용하는 무선설비의 적합성평가 항목별 복사시험방법이다. 스펙트럼 분석기의 분해능대역폭 설정값은 기존에 필요 주파수대역폭의 1%~3%으로 되어 있어, 필요 주파수대역폭이 77~81GHz(예: 차량충돌방지용 레이더)이면 40~120MHz가 되는데, 일반적인 스펙트럼분석기에서 설정할 수 없는 경우가 많아 3MHz 이상으로 변경하였다. 스윙시간도 자동설정 방식에서 송신신호 1주기 x 스윙포인트(최소 1초)로 현실화하였고, 펄스변조파형과 주파수변조연속파형 각각에 대한 보정값이 필요하여 계산식을 <표 4.3>과 같이 추가하였다.

<표 4.3> KS X 3123 부속서 J 개정안

J.3.2 측정기 조건	
J.3.2.1 침투전력을 측정하는 경우	
a) 스펙트럼분석기를 다음과 같이 설정한다.	
중심 주파수	반송 주파수
스윙 주파수폭	필요 주파수대역폭의 2배 ~ 3배

분해능 대역폭	3MHz 이상
비디오 대역폭	분해능 대역폭과 같은 값
검출 모드	첨두 검출(Peak Detect)모드
스윙 시간	송신신호 1주기 x 스윙포인트, 최소 1초
표시 모드	최대값 유지(Max. Hold) 모드

Marker를 최대측정값으로 이동하여 기록하고 다음의 식으로 보정한다.

- ④ 펄스변조파형(Pulsed Modulation Wave)의 첨두전력 보정계수

$$20\log(\text{채널대역폭} / X), X : \text{분해능대역폭(MHz)}$$

- ⑤ 주파수변조연속파형(FMCW, Frequency Modulated Continuous Wave)의 첨두전력 보정계수

$$5 \times \log\left(1 + K\left(\frac{\text{span}}{t \times \text{RBW}^2}\right)^2\right)$$

K : 0.1947 (스펙트럼분석기에서 Gaussian filter 사용의 경우)

Span : FMCW 스윙주파수폭(MHz)

RBW : 측정에 사용된 계측기의 3 dB 분해능대역폭(MHz)

t : FMCW 스윙시간(μs)

J.3.2.3 첨두전력밀도를 측정하는 경우 스펙트럼분석기를 다음과 같이 설정한다.

중심 주파수	반송 주파수
스윙 주파수폭	필요 주파수대역폭의 2배 ~ 3배
분해능 대역폭	3 MHz 이상 50 MHz 이하
비디오 대역폭	분해능 대역폭 이상
검출 모드	첨두 검출(Peak Detect) 모드
스윙 시간	송신신호 1주기 x 스윙포인트, 최소 1초
표시모드	최대값 유지(Max. Hold) 모드

Marker를 최대측정값으로 이동하여 기록하고 다음의 식으로 보정한다.

- ④ 펄스변조파형(Pulsed Modulation Wave)의 첨두전력밀도 보정계수

$$20\log(50 / X), X : \text{분해능대역폭(MHz)}$$

- ⑤ 주파수변조연속파형(FMCW, Frequency Modulated Continuous Wave)의 첨두전력밀도 보정계수



$$5 \times \log \left(1 + K \left(\frac{span}{t \times RBW^2} \right)^2 \right)$$

K : 0.1947 (스펙트럼분석기에서 Gaussian filter 사용의 경우)

Span : FMCW 스위프주파수폭(MHz)

RBW : 측정에 사용된 측정기의 3 dB 분해능대역폭(MHz)

t : FMCW 스위프시간(μ s)

제5절 전계강도 및 자계강도 시험방법 개선(부속서 L)

부속서 L은 전계강도 및 자계강도 무선기기 시험방법이다. 시험주파수를 선정할 때, 중심주파수 대비 사용대역폭 비율((10% 이상 3개, 10% 이하 2개)에 따르도록 되어 있어 사용대역폭이 좁은 경우에는 실제 시험이 곤란한 면이 있었으나 사용주파수대역만을 기준으로 선택하도록 단순화하였다. 기기 출력이 작아 10m 거리에서 측정이 어려울 경우 3m에서 측정하고 보정계수를 적용할 수 있도록, 30~1000MHz 대역에 대한 보정계수를 <표 4.4>와 같이 추가 하였다.

<표 4.4> KS X 3123 부속서 L 개정안

L.2.3 피시험기기의 조건

b) 시험주파수

- 무선기기의 사용주파수대역에 따라 시험주파수를 다음과 같이 적용하고, 단일주파수는 해당주파수에서 시험한다.

사용주파수대역	시험주파수
1MHz 이하	사용대역에서 기본파의 전계강도 또는 자계강도가 최대인 주파수(채널) 1개 선택
1MHz 초과 10MHz 이하	사용대역의 처음과 마지막 주파수(채널) 2개 선택
10MHz 초과	사용대역의 처음, 중간, 마지막 주파수(채널) 3개 선택

L.7 전계강도 및 자계강도 측정시 거리보상값 적용

- b) 30MHz ~ 1000MHz 의 주파수에 대하여 측정거리를 10m에서 3m로 변경하여 측정한 경우에는 10dB의 보정인자를 실측값에 보상한다.

제5장

결론





제5장 결 론

과학기술정보통신부의 『5G+ 스펙트럼 플랜('19년 12월)』에 따라 신산업 생활주파수 전반에 대한 것은 주파수정책부서의 주관으로 설립된 개별 연구반의 논의결과를 기반으로 수행된 결과이다.

5G+ 스펙트럼플랜에서 제시하는 중점 정책 중의 하나가 비면허 기술을 5G급 성능으로 고도화 하는 것이다. 현재 사용 중인 2.4GHz와 5GHz 주파수 대역의 WiFi는 데이터의 분산, 소비기능이 5G에 비해 저용량이기 때문에 이를 미래 7세대 WiFi를 목표로 용량을 확장하는 것이다. 이로 인해 사물인터넷(IoT)이 고신뢰·저지연의 산업용으로 특화되면 물체 식별과 위치 측정 등이 5G, 인공지능(Artificial Intelligence)과 결합하여 초정밀의 고해상도 서비스 제공이 가능하게 된다. 이는 5G+ 전략산업인 스마트공장과 스마트시티, 자율주행 자동차, 디지털 헬스케어, 드론 등의 분야에 새로운 산업을 기대해 볼 수 있다. 국립전파연구원에서 신산업 생활주파수를 대상으로 연구한 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 개정(안)의 주요한 내용은 다음과 같다.

1. 6GHz 대역의 차세대 무선랜 기술기준(안)

신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제7조(특정소출력무선국용 무선설비)의 ⑤항(무선랜을 포함한 무선접속시스템용(WAS) 특정소출력무선기기)의 기술기준(안)에는 6GHz 대역의 비면허 기술을 선택적 이용이 가능하도록 하였다. 미국처럼 실내 이용 고정 WiFi(AP)는 1,200MHz 폭(5925~7125MHz)으로 250mW 출력이다. 평균 최대 전력밀도는 2dBm/MHz 이며, 최대 점유주파수 대역폭은 160MHz 이하이다. 자동차, 항공기, 철도, 선박, 드론 등 이동체 사용을 금지하며, AP는 건물내 전원을 사용하는 고정형만 가능하다. 실내·외 휴대전화 테더링 등의 기기 간 연결용으로 사용하는 이동형 WiFi는 500MHz 폭(5925~6425MHz)으로 25mW 출력이다. 평균 최대 전력밀도는 1dBm/MHz 이며, 자동차 내장형기기의 경우는 6085~6425MHz 대역을 이용해야 한다. 6GHz 대역을 사용하는 모든 실내·외 WiFi의 채널접속은 송신전신호감지(LBT)방식을 이용하여야 한다.

2. 920MHz 광대역 사물인터넷(IoT) 기술기준(안)

신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제8조(RFID/USN 등의 무선설비)의 ⑧항(925~931MHz 주파수대역의 전파를 사용하는 USN용 무선설비)의 기술기준(안)에는 비면허 무선마이크와 광대역 IoT의 공유조건을 제시하였다. 광대역 IoT의 출력은 안테나절대이득을 포함한 복사전력으로 100mW 이하로 제시하였으며, 광대역 서비스를 위하여 점유주파수 대역폭은 1MHz 또는 2MHz로 하였다. 광대역 사물인터넷(IoT) 서비스 전에 최소한의 간섭을 예방하기 위하여 LBT(Listen Before Talk) 기술을 통해 기존 서비스와 간섭이 없는 경우에만 채널을 사용하도록 하였다. LBT 조건을 위하여 송신 전 점유주파수대역에서 264μs 이상 수신하여 그 수신신호의 세기가 -80dBm 이하인 경우에 한하여 전파를 발사하고 220ms 이내에 송신을 중단하여 264μs 이상 휴지하도록 하였다. 인접채널의 스캔 주기는 무선마이크의 동작시점과 스캔주기 사이의 시간이므로 최대 시간인 10초로 하였다. 광대역 IoT기기에 공존기술 적용으로 무선마이크 완전 보호는 불가능하나 간섭 최소화는 가능할 것으로 판단된다. 그러나 기존 사용자 보호를 우선하여 제시된 기술기준에 대하여 이해관계자 합의와 비면허 주파수 정책부서의 추가 검토가 요구되어 진다.

3. 70GHz 대역 용도확대를 위한 기술기준(안)

신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제12조(물체감지센서용 무선설비)의 ④항(70GHz대 물체감지센서용 무선기기)의 기술기준(안)에는 전파천문안테나와의 보호 이격거리를 명시하고, 실외 사용을 금지하기 위한 사용자 고지 등을 포함하였다. 76GHz~81GHz 대역의 물체감지를 위하여 첨두전력 100mW 이하와 평균전력밀도 -16dBm/MHz 이하를 만족해야 한다. 이는 실내 공간에서 감지하고자 하는 대상과 탐지 반경 등을 고려하여 기기의 고유 성능은 보장하면서 다른 서비스에 간섭을 주지 않도록 산정한 결과이다. 또한, 해당 기기 또는 사용자 설명서에 건물 내 이용을 목적으로 하며 전파천문안테나로부터 반경 1.2km 범위 이내에 설치하고자 하는 경우에는 천문대와 사전 협의하는 문구를 포함하는 것을 제시하였다.

4. 5.8GHz 대역 드론레이싱을 위한 기술기준(안)

신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제7조



(특정소출력무선국용 무선설비)의 ⑫항(영상전송용 특정소출력무선기기)의 기술기준(안)으로 5600MHz ~ 5850MHz 대역에 점유주파수대역폭을 20MHz 이하로 안테나 절대이득 포함한 복사전력을 25mW 이하로 제시하였다. 이 기술기준(안)은 드론레이싱 대회와 원활한 운영과 관련 산업의 진흥을 위한 것으로 제조자 또는 판매자는 해당 기기 또는 사용자 설명서에 무인비행장치(드론)에 한하여 사용가능하다는 것을 명시하도록 하였다.

5. TVWS 데이터통신 기술기준(안)

과학기술정보통신부에 신청된 TVWS 실증특례 사항으로 국립전파연구원의 간섭분석 결과를 토대로 한정적인 지역에 적용할 수 있도록 기술기준 개정안이 마련되었다. 신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제13조(TVWS 데이터통신용 무선기기)의 ‘고정형 기기 송신장치의 조건’에서 TVWS 고정형 기기를 선박, 모노레일과 같은 이동체에 탑재하여 데이터베이스에 직접 접속하지 않고 정해진 구역에서만 이동형 서비스로 운용하는 경우 사전검증을 실시할 수 있는 조항을 신설하는 기술기준(안)을 제시하였다. 이 개정(안)은 선박, 모노레일 등의 이동체에 탑재되는 TVWS 고정형 기기를 운용할 경우 방송, 무선마이크 등 동일 주파수 대역의 기존서비스 사용자와 전파간섭 여부를 사전에 검증하여 영향을 주지 않는 것을 전제로 사용하여야 한다는 것을 의미한다.

6. GPR/WPR 기술기준(안)

재난예방용 등으로 사용되는 지표투과레이다(GPR) 및 벽투과레이다(WPR)는 지면 아래와 벽면에 붙여 매질의 특성을 영상으로 볼수 있는 무선기기이다. 통신이 아닌 전파응용의 비통신에 해당되며, 잡은레벨 이하의 출력특성이 있으나 광대역으로 사용하기 때문에 관리방안이 포함될 수 있는 기술기준(안)을 제시하였다. 신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제15조(지표 및 벽투과레이다용 무선기기)로 6GHz이하에서 운용될 수 있도록 하였다. 관리방안으로 첫째, 이동체에 부착되어 사용하는 경우, 수동으로 동작하는 비잠금 스위치를 사용하는 경우, 원격제어의 경우에 장비운용자로부터 사용이 중지되었을 때 10초 이내에 송신을 중단하는 조항을 명시하였다. 둘째, 데이터 수집을 위하여 차량에 장착되는 기기는 비활성화를 기본으로 해야 하며, GPR/WPR의 운용자는 관리시스템에 등록하고 사용하도록 하였다.

7. 비면허 무선기기 적합성평가 시험방법 개선(안)

주파수정책에 따라 허가(신고) 없이 누구나 자유롭게 사용할 수 있는 무선기기의 적합성평가 시험방법인 「무선설비 적합성평가 시험방법(KS X 3123)」 개정안을 마련하였다. 부속서 F의 안테나 이득 및 시험단자 적용 시, 2개 이상의 안테나를 가진 ‘다중 입출력 기기’에 대해 구체적인 예를 명시하였다. 부속서 G에는 신규 도입된 6GHz 무선랜 기술기준의 인증시험을 위하여 ‘송신 전 신호감지(LBT)’에 대한 시험방법을 신설하고, 시험에 많은 시간이 소요되는 MU-MIMO 시험은 최악의 조건에서만 시험하도록 간소화하여 시험결과의 정확성은 유지하면서 시험시간을 약1/5로 단축할 수 있도록 효율적인 개선안을 제시하였다. 부속서 J에는 복사전력 측정 시 분해능대역폭, 스윙시간 등 스펙트럼분석기 설정 값을 합리적으로 개선하고, 보정계수로 보상하는 계산식을 추가하였다. 부속서 L에는 시험주파수 선정을 사용주파수대역 기준으로 선택하도록 단순화하고, 30MHz에서 1GHz 주파수에 대한 거리보상 값 적용을 추가하였다.

본 연구의 기술기준(안)은 과기정통부의 주파수정책에 따라 6GHz 등 많은 연구반의 협업에 따라 도출된 것이 대부분이다. 비면허 주파수를 사용하는 국내시장에서 우리 중소기업에 새로운 먹거리 창출을 할 수 있도록 노력하고 있으며, 본 연구의 결과는 일부 도입 확정되었지만, 이해관계자들의 협의결과에 따라 달라질 수 있음을 밝힌다. 또한, 본 연구결과를 바탕으로 비면허 분야의 새로운 무선데이터 통신기술이 다시 한 번 도약하여 대한민국의 4차산업혁명기술과 산업 활성화에 기여하기를 희망한다.

[참고 문헌]

- [1] 과학기술정보통신부, “5G+ 스펙트럼 플랜”, 2019. 12.
- [2] Recommendation ITU-R F.383-9, “Radio-frequency channel arrangements for high-capacity fixed wireless systems operating in the lower 6GHz(5 925 to 6 425MHz)band”, 2013.
- [3] Recommendation ITU-R F.384-11, “Radio-frequency channel arrangements for medium-and high-capacity digital fixed wireless systems operating in the 6425-7125MHz band”, 2012.
- [4] ECC Report 173, “Fixed Service in Europe”, 2012. 4.
- [5] 강영홍, “M/W 중계 주파수의 공동사용 방안 및 기술기준 연구”, 방송통신정책연구(14-진흥-085), 전자파학회, 2014. 12.
- [6] 강영홍, “M/W 주파수 이용효율화 방안”, 한국방송통신전파진흥원 (KCA 연구 2015-16), 2015. 12.
- [7] FCC, “Unlicensed Use of the 6GHz Band“, OET Docket No.18-295, 2018.
- [8] FCC, “Report and Order and Further Notice of Proposed Rule-making”, FCC 20-51, 2020.
- [9] ETSI EN 301 893, “Broadband Radio Access Networks (BRAN); 5 GHz high performance RLAN; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive”
- [10] ERC/DEC/(99)23, ERC Decision of 29 November 1999 on the harmonised frequency bands to be designated for the introduction of High Performance Radio Local Area Networks
- [11] 박태형, 사물인터넷 시장 및 주요기업동향, 월간SW중심사회, 2019.1
- [12] 사물인터넷 기술동향, 사물인터넷표준연구실, 2020.7.
- [13] Song Eon-seok, 'Special Act on Underground Safety Management', Proposal of amendment to the law, Aug 6, 2020.

- [14] Minister of Land, Infrastructure and Transport, “The 1st Basic Underground Safety Management Plan” , July 2019
- [15] Lee Ji-young, Korea Expressway Corporation, “Electrical characteristics of road pavement by GPR” , Journal of the Korean Society of Civil Engineers, June, 2020.
- [16] Ji-Young Seo, “Investigation of frequency use in industrial life (GPR field)“, pp. 16-17, Oct, 2018.
- [17] FCC Code of Federal Regulations. part 15-Radio Frequency Devices, Subpart F Ultra-Wideband Operation 15.509
- [18] EN 302 066-1,2 “Harmonized standard for GPR/WPR“, European Commission’ s R&TTE Directive (2014/53/EC) article 3.2, Jan. 2017.
- [19] 과학기술정보통신부 검토의견 “UHF TVWS 기술을 이용한 원거리 이동체의 사물인터넷 서비스” , 2019. 10.
- [20] “TVWS 관련 ICT 규제샌드박스 추진현황” , 한국전파진흥협회, 2019. 12.
- [21] “TVWS 활용 청풍호 유람선 · 모노레일 와이파이 서비스 실증특례에 관한 사항” , ICT 규제 샌드박스 사전검토위원회, 2019. 9.
- [22] “2019년도 규제샌드박스 시험보고서” . 이노넷(주), 청풍호유람선(주), 2020. 4.
- [23] “Log Yagi Antenna Item No. XY014113” . XingYue Communicate
- [24] “Omni Antenna Item No. XY013119” . XingYue Communicate
- [25] “TVWS 기술기준, 실증특례 회의록” , 한국전파진흥협회, 2020. 2.~12.
- [26] 국립전파연구원, 무선설비 적합성평가 시험방법(KS X 3123), 2019.

비면허 주파수 개발 및 신산업기술 기반 제도 개선에 관한 연구



국립전파연구원

National Radio Research Agency

(58323) 전남 나주시 빛가람로 767

발행일 : 2020. 12.

발행인 : 김 정 렬

발행처 : 과학기술정보통신부 국립전파연구원

전화 : 062) 338-4414

인쇄 : (사)중증장애인복지협회 도동

Tel. 062) 363-4454

ISBN : 979-11-5820-176-0 < 비매품 >

- 주 의 -

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



국립전파연구원

National Radio Research Agency

58323 전남 나주시 빛가람로 767(빛가람동)
<http://www.rra.go.kr>



ISBN 979-11-5820-176-0

비매품

93560

