

5G+ 확산 신산업 생활주파수 이용제도 개선 연구



국립전파연구원
National Radio Research Agency

제 출 문

본 보고서를 「5G+ 확산 신산업 생활주파수 이용제도 개선 연구」
과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2021. 12. 31.

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

요 약 문

본 연구에서는 비면허 기술의 대표 주자라 할 수 있는 Wi-Fi의 차세대 서비스인 6GHz Wi-Fi의 기술기준 제정 과정과 국내외 정책동향 등을 분석하고, 6GHz Wi-Fi 서비스 확장의 첫 단계로 지하철 내에서 사용할 수 있도록 마련한 기술기준안을 설명한다. 산업계 요구를 받아들여 산업 생활주파수의 생태계 확산을 위한 연구를 진행하였는데, IoT 시장의 활성화를 위하여 900MHz 대역 광대역 IoT 서비스를 위한 기술기준안과 낙상 감지 등 생체신호 모니터링을 위해 70GHz 대역 물체감지 센서의 출력기준, 인체영향 등을 검토하고 기술기준안을 마련하였다. 그리고, 주파수 공동 사용 기술인 TVWS의 규제샌드박스 신청에 대한 간접분석을 실시하고 제도 개선안을 마련하였다.

국립전파연구원은 도입된 기술기준에 따라 비면허 무선기기의 인증을 위한 합리적인 적합성평가 시험방법을 개선하고자 지속적으로 노력하여 왔다. 900MHz 광대역 IoT 기술기준과 이동체에 탑재되는 TVWS 기술기준을 개정하고, 이에 따른 시험방법을 마련하였으며, 이외에도 그간에 적합성평가 시험시 이견이 있었던 시험방법을 명확히 하여 시험결과의 신뢰성을 높이기 위한 개선사항들을 도출하였다.

제1장 서론	1
제2장 신산업 생활주파수 이용제도 개선 연구.....	5
제1절 연구의 배경	5
제2절 6GHz 대역 와이파이 기술기준	5
제3절 900MHz 광대역 사물인터넷(IoT) 기술기준	20
제4절 70GHz 대역 물체감지 센서 기술기준	23
제5절 TVWS 기술기준	27
제3장 비면허 무선기기 적합성평가 시험방법 개선.....	37
제1절 연구의 배경	37
제2절 대상 기자재별 적합성평가 적용 구분(부속서 B)	37
제3절 RFID/USN용 무선설비의 적합성평가 항목별 시험방법(부속서 H)	40
제4절 TVWS 데이터통신용 무선기기 시험방법(부속서 I)	43
제5절 전계강도 및 자기장도 시험방법(부속서 L)	46
제4장 결론	53
참고문헌.....	55

표 목 차

[표 2.1] IEEE 802.11ax 주요 기술	7
[표 2.2] 해외 6GHz 정책 동향(2021년)	10
[표 2.3] 6GHz 무선랜 기술기준	11
[표 2.4] 6GHz 지하철 무선랜 기술기준	12
[표 2.5] IEEE 802.11ax 스펙트럼 마스크의 주파수 오프셋	15
[표 2.6] 간섭분석 시나리오	15
[표 2.7] 간섭분석에 사용된 파라미터	16
[표 2.8] 최소결합손실 방법 수행결과	17
[표 2.9] 몬테카를로 방법 수행결과(자유공간 모델 1)	17
[표 2.10] 몬테카를로 방법 수행결과(자유공간 모델 2)	18
[표 2.11] 몬테카를로 방법 수행결과(ITU-R P.1411 모델 1)	18
[표 2.12] 몬테카를로 방법 수행결과(ITU-R P.1411 모델 2)	19
[표 2.13] 국내·외 IoT용 주파수 공급량 비교	20
[표 2.14] 920MHz 광대역 IoT 기술기준	22
[표 2.15] 물체감지센서용 무선기기 기술기준	25
[표 2.16] 70GHz대 물체감지센서 기술기준	26
[표 2.17] 현행 TVWS 무선기기 기술기준	28

표 목 차

[표 2.18] 청풍호 방송신호 측정 결과	30
[표 2.19] 소양호 방송신호 측정 결과	32
[표 2.20] TVWS 데이터통신용 무선기기 기술기준	33
[표 3.1] KS X 3123 부속서 B 개정안	38
[표 3.2] KS X 3123 부속서 H 개정안	40
[표 3.3] KS X 3123 부속서 I 개정안	43
[표 3.4] KS X 3123 부속서 L 개정안	46

그림 목 차

[그림 2.1] Wi-Fi 세대별 기술비교	5
[그림 2.2] 6GHz 대역 Wi-Fi 채널 할당	6
[그림 2.3] 미국 6GHz 비면허 정책 시행 과정	7
[그림 2.4] 미국 6GHz 비면허 기술기준	8
[그림 2.5] 간섭분석 환경 조감도	14
[그림 2.6] 동일 중심주파수 및 주파수 이격	14
[그림 2.7] IEEE 802.11ax 스펙트럼 마스크	15
[그림 2.8] 6GHz 대역 방송중계업무의 주파수 재배치 계획	19
[그림 2.9] 사물인터넷(IoT) 통신 기술 비교	21
[그림 2.10] IoT 기기의 CCA 기능	22
[그림 2.11] 전파 도달시간을 이용한 거리 측정	24
[그림 2.12] 도플러 효과를 이용한 속도 측정	24
[그림 2.13] TVWS 개념도	27
[그림 2.14] TVWS 활용 예	28
[그림 2.15] 유람선 서비스 구성도	29
[그림 2.16] 관광 모노레일 서비스 구성도	29
[그림 2.17] 청풍호 TVWS 서비스 커버리지	30
[그림 2.18] 소양호 TVWS 서비스 커버리지	31



제1장 서론

제1장 서론

언제 어디서나 자유롭고 편하게 고속의 끊임없는 서비스를 원하는 이용자의 욕구는 늘 존재하고 있다. 이와 맞물려 자율주행차, IoT, Wi-Fi 등 근거리 통신을 위한 산업·생활용 비면허 무선기기의 수요가 급증하면서 주파수 활용의 효율성을 높이고 공유하는 기술을 이용하는 주파수 재사용에 대한 필요성이 증대되고 있다. COVID-19의 확산으로 비대면 회의, 원격수업 등은 더 이상 선택이 아닌 필수가 되었으며, 빅데이터, 인공지능, 가상현실 등 더 이상 생소하지 않은 신기술들은 모두 네트워크 데이터 통신, 특히 무선통신을 기반으로 발전할 것이다. 무선통신 서비스에 대한 기대와 요구는 지속적으로 늘어날 것인데, 가용한 주파수 자원의 한계 때문에 전파간섭은 필연적으로 발생할 수 밖에 없다. 그러므로 정부는 다양한 무선 서비스를 수용할 수 있도록 법적, 제도적 장치를 시의적절하게 마련하고 적극 지원하여야 하는 의무가 있다.

4차 산업혁명 시대 도래에 따른 광대역 초연결 무선망의 급속한 확대는 유한 자원인 주파수 수요의 폭발적인 증가를 가져왔다. 초고속·초연결·고신뢰 네트워크는 4차 산업혁명의 핏줄이라고 할 수 있고, 주파수의 선제적 공급과 효율적 이용환경 조성은 주파수 블랙아웃을 예방하고 4차 산업혁명의 진전을 촉진한다. 이에 정부는 「소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축」을 국정과제로 설정하고, 산업 생활주파수 공급을 통해 신산업 혁신의 핵심동력으로서의 역할을 수행하고 있다.

본 연구에서는 국민생활과 산업전반에 필요한 비면허 무선기기의 적시 도입을 위하여 기술기준과 제도 개선사항을 도출하였으며, 고품질 고속의 데이터전송을 위하여 ‘20년 도입한 6GHz 대역 Wi-Fi를 지하철 객차 내에서도 사용할 수 있도록 M/W와의 간섭분석을 통해 6GHz Wi-Fi의 사용을 확대하였다. 또한, 기존의 사물인터넷으로 주로 원격 검침과 노약자, 반려동물 등의 위치 추적에 사용되는 저속 데이터 전송 서비스에 대하여 고속의 데이터 전송요구에 대한 산업계 수요를 반영하여 스마트홈(보안카메라), 스마트팜(생육환경 모니터링), 스마트공장(공장 자동화 센서, 보안관제 카메라 등)등에 응용할 수 있도록 무선마이크와의 간섭을 회피하는 조건으로 925~931MHz의 주파수를 추가로 분배하고 기술기준을 정하였다.

이외에도 신산업 생활주파수의 다양한 분야 응용을 위하여 70GHz 대역 FMCW

방식의 레이다 기기 및 기술의 대중화에 따라 생체정보(움직임, 호흡 등) 수집 등에 사용할 수 있도록 ‘19년도에 76-81GHz 주파수 분배 타당성 검토가 완료된 레이다 기기에 대한 기술기준을 제시하였다.

또한, 한정된 주파수 자원을 재사용하기 위하여 세계적으로 주파수 공동사용에 관한 관심이 고조되면서 우리나라에서도 주파수 공동사용을 위한 6GHz Wi-Fi 채널사용정보 및 공동사용 기준 정보 제공을 위한 주파수 공동사용시스템에 대한 연구가 진행되고 있으며, TVWS 대역에서는 규제 샌드박스 실증특례를 통해 실증된 결과를 통해 선박, 모노레일에 설치되는 이동형 TVWS 출력을 높여 Wi-Fi 서비스를 제공할 수 있도록 기술기준을 개정하였다.

비면허 무선기기의 기술기준에 관한 규정은 전파법 및 시행령을 근거로 한 「신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준」(과학기술정보통신부 고시)이다[1]. 생활무선국, 미약전계강도 무선기기, 특정소출력 무선기기, RFID/USN용 무선기기, 물체감지센서 등 주로 용도에 따라 분류하고 세부 항목으로는 복사전력, 주파수대역폭 등의 전파특성과 운용조건 등을 제시하고 있다. 비면허 무선기기를 상용으로 판매하기 위해서는 적합성평가를 받아야 하는데, 적합성평가의 조건 중 하나인 무선시험은 「무선설비 적합성평가 시험방법(KS X 3123)」에 따라야 한다[2]. 기술기준에 부적합한 무선기기는 혼·간섭을 초래할 우려가 높기 때문에 적합성평가 신뢰성을 높이기 위하여 새로운 기술기준에 따른 시험방법을 정하고, 기기별로 시험방법을 구체화하여 정할 필요가 있다. 이를 위하여 산업계와 지정시험기관으로 구성된 연구반을 구성하여 지속적으로 개선사항들을 발굴하고, TVWS 등에 대하여 무선설비 적합성평가 시험방법 부속서 I 등을 개정 전시행 하였다.



제2장

신산업 생활주파수 이용제도 개선 연구

제2장 신산업 생활주파수 이용제도 개선 연구

제1절 연구의 배경

1999년에 탄생한 Wi-Fi 는 무선 근거리 네트워크 대표 기술로 인터넷의 대명사로 인식될 만큼 중대한 역할을 하고 있다. 코로나 확산으로 인해 소비, 문화, 교육 등 사회 전반에서 비대면 서비스가 화두가 되어 스마트폰, 태블릿 등 스마트 모바일 기기 확산과 더불어 초고속 무선통신에 대한 수요가 증가하였다. e러닝, 영상회의, 비디오 스트리밍 등 광대역 저지연 데이터 통신을 안정적으로 제공하는 무선 네트워크의 질적인 향상도 요구되는데 이에 대한 정답이 6GHz Wi-Fi 이다. Wi-Fi 는 이동통신과 병행 발전하여 경쟁의 관계이자 서로의 약점을 보완하는 관계를 유지해 왔다. 6GHz Wi-Fi 는 5세대 이동통신에 대응하는 기술로 두 기술이 상호 보완해 혁신적인 서비스를 확산시키며 새로운 비즈니스 모델 창출을 견인해 나갈 것으로 기대된다.

제2절 6GHz 대역 Wi-Fi 기술기준

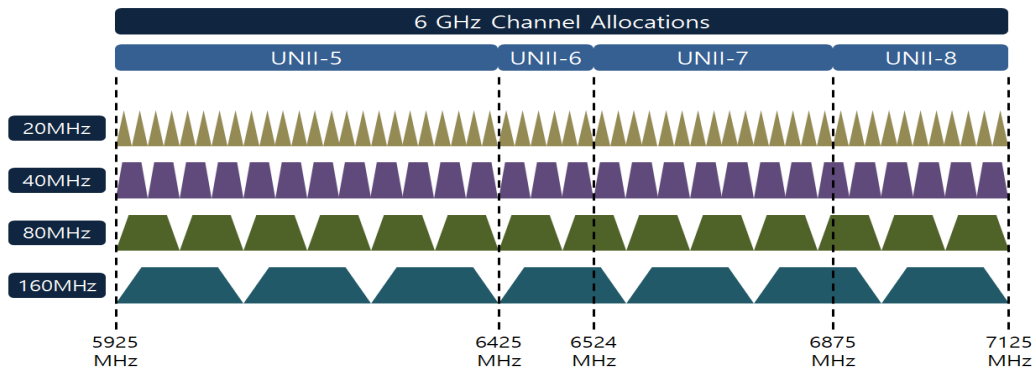
1. Wi-Fi 표준

무선랜 기술은 사용자 편의 및 시장의 요구에 따라 지속적인 발전이 이뤄져 왔으며 새로운 기술의 도입을 통해 세대별로 비약적인 발전을 거듭하고 있다.



[그림 2.1] Wi-Fi 세대별 기술 비교

[그림 2.1]은 대략적인 세대별 기술을 비교하고 있다. 1세대와 2세대 Wi-Fi의 경우 1990년대 IEEE 802.11b 표준의 개발과 1999년의 일반시장에 2.4GHz 주파수의 11Mbps 이하의 속도로 기본 인터넷 서비스를 제공하였다. 이때만 해도 주 서비스는 e-mail 정도였다. 2000년대 송신 신호를 수백 개 이상의 직교(Orthogonal)하는 협대역 부 반송파(Subcarrier)로 변조하여 다중화하는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술 기반 IEEE 802.11g의 표준이 개발되었다. 이 기술로 54Mbps의 속도로 웹 데이터 전송이 가능하게 되었다. 이를 3세대 Wi-Fi라고 하며 사용된 주파수가 2.4GHz와 5GHz 대역이다. 2009년에 발표된 4세대 Wi-Fi부터는 OFDM 기술과 더불어 SU-MIMO 기술이 접목되어 영상 스트리밍이 가능하게 되고, 최고 전송속도는 600Mbps이다. 사용된 표준은 IEEE 802.11n 이다. 5세대 Wi-Fi의 경우 5GHz 주파수대역을 더욱 발전시켜 2013년에 완성된 IEEE 802.11ac 표준을 사용한다. 사용할 수 있는 대역폭이 160MHz로 확장되면서 최고 전송속도는 6.9Gbps까지 가능하여 고품질 콘텐츠의 무선전송서비스가 가능하게 된다. 2018년에 완성된 IEEE 802.11ax 표준을 우리는 6세대 Wi-Fi라고 하며 이때부터는 기존 2.4GHz와 5GHz 대역에 6GHz대역의 주파수가 사용 가능하게 되었다. 6GHz 대역은 1.2GHz 대역폭을 사용하며 20MHz 채널 59개, 40MHz 채널 29개, 80MHz 채널 14개, 160MHz 채널 7개를 사용할 수 있는 매우 넓은 크기다([그림 2.2]). 주요 특징은 OFDMA, MU-MIMO 기술이 사용된 것이다([표 2.1]). 사용할 수 있는 최대 채널 대역폭이 기존 5세대와 같은 160MHz이지만, 고효율(High Efficiency)이 가능하여 단말 및 AP 사용 환경에 변화를 가져올 수 있는 최고 9.6Gbps 속도가 가능해졌다. 7세대 표준화(IEEE 802.11be)가 완료되면 320MHz이상의 대역폭 사용이 가능해질 것이다.



[그림 2.2] 6GHz 대역 Wi-Fi 채널 할당

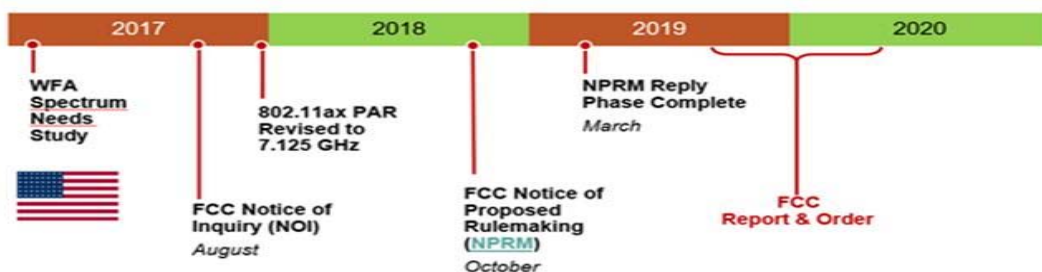
[표 2.1] IEEE 802.11ax 주요 기술

구 분	기 술
Channel bandwidth (MHz)	20, 40, 80, 160
Subcarrier spacing (kHz)	78.125
Peak PHY rate (bps)	10G
Max MU streams	8 (Uplink and Downlink)
Modulation	OFDM, OFDMA
Data subcarrier modulation	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM

2. 해외 동향

가. 미국의 6GHz 대역 비면허 정책

미국 FCC는 6GHz 대역(5.925~7.125GHz) 1200MHz폭을 세계 최초로 비면허 주파수로 선언하였다. 기존의 2.4GHz 및 5GHz 대역에 이어 6GHz 대역까지 비면허 주파수 범위를 확장하여 저전력 근접 무선통신 네트워크를 활성화하겠다는 것이다. 미국은 관련 법안 제정을 위하여 크게 3단계로 진행되었다. 이슈제기 및 의견을 구하는 질의 공고(NOI, 2017년8월)를 시작으로 새롭게 제정될 규칙을 고지하는 규칙제정공고(NPRM, 2018년 10월)를 거쳐 보고서 및 명령(R&O, 2020년4월)의 단계 이후 2020년 7월 27일에 최종 시행되었다[3]. [그림 2.3]와 같이 4년에 걸쳐 수요와 공급까지의 논의단계는 앞장에서 설명한 주파수효율 측면의 공유정책으로 기 운영 중인 다양한 기기와의 상호공존을 위한 것이다.



[그림 2.3] 미국 6GHz 비면허 정책 시행 과정

기존 면허 서비스를 보호하고 동시에 비면허 기기의 사용을 보장하기 위해서 FCC에서는 비면허 기기의 기술기준을 세분화하여 규정하고 있다. 복사전력 크기에 따라 Standard Power(SP), Low Power Indoor only(LPI), Very Low Power(VLP)로 분류한다. SP는 기존 면허 서비스에게 간섭영향을 주지 않기 위해 반드시 AFC(Automated Frequency Coordination) 시스템의 제어를 받아 최대 36dBm(EIRP)를 사용할 수 있다. LPI는 오직 실내에서 사용할 수 있는 기술기준으로 SP보다 6dBm 낮은 30dBm(EIRP) 제한과 벽 투과 손실을 감안하여 AFC 시스템의 제어를 받지 않는다. VLP의 출력제한은 14dBm(EIRP)이고, Client는 6GHz 전 대역에서 AP(Access Point)보다 낮은 전력으로 운용해야 한다. 운용 위치 및 시간이 가변적인 이동방송중계와 케이블 TV 중계 시스템은 AFC 기반 공존방식 적용이 어렵기 때문에 해당 U-NII 대역에서의 비면허 기기 사용을 제한하고 있다. 미국의 6GHz U-NII(Unlicensed National Information Infrastructure)대역은 [그림 2.4]과 같이 4개의 대역으로 구분된다. UNII-5 대역(5925-6425MHz)과 UNII-7 대역(6525-6875MHz)의 850MHz 대역폭은 AFC 적용 조건의 SP(Standard Power)으로 AP(4W) 와 Client(1W)로 실외사용이 가능하고, UNII-5/6/7/8 까지의 전 대역(1200MHz 폭)은 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 2.4] 미국 6GHz 비면허 기술기준

2021년 9월 FCC는 AFC 시스템 운용을 위한 제안서와 함께 제공해야 하는 정보, AFC 시스템 운영자를 지정하기 위한 절차 등을 발표하였다, 요구사항으로는 SP 기기는 위치 추적 기능을 갖추어야 하고, 하루 한 번씩 AFC 시스템에 위치를 알려 정해진 출력과 주파수 하에서 작동될 수 있도록 해야 한다. AFC 시스템은 하루 한 번씩 FCC의 데이터베이스인 ULS(Universal Licensing System)에 접속하여

정보를 업데이트해야 한다. AFC 시스템은 마이크로파 수신기에서 예측한 간섭 잡음비가 -6dB를 초과하여서는 안되며 표준전력 기기의 최대 허용 EIRP 36dBm 에서 주파수 가용성을 결정할 수 있어야 한다. AFC 시스템 운영자는 한 명 이상 지정하고 5년 간 시스템을 운영해야 하며 실적에 따라 갱신이 가능하다. 또한, 표준전력 접근 기기에 서비스를 제공하는 대가로 요금을 부과할 수 있다[4].

나. 기타 주요국의 6GHz 대역 비면허 정책

2017년 12월, 유럽위원회(EC)에서는 6GHz 대역(5925~6425MHz, 500MHz폭)의 비면허 서비스 확대를 위한 연구를 CEPT에 요구하였다. 이에 CEPT ECC 산하 SE45와 FM57에서 기존 무선국과의 공존 가능성, 상호공존 조건, 기술 등을 검토하여 2021년 7월 5925-6425MHz 대역을 비면허 주파수로 제공하기로 승인하였다[5].

2020년 7월 영국 방송통신규제위원회(Ofcom: Office of Communications)는 5925-6425MHz 대역만을 비면허 주파수로 사용하기로 승인하였다[6]. 기술기준은 초저전력(Very Low Power), 실내 사용(indoor use: EIRP 24dBm)과 실외 사용(outdoor use: EIRP 14dBm)이 있다. 실내 사용에는 건물 내부나 항공 기내와 같은 밀폐된 공간에서의 사용은 가능하고, 무인항공기에서의 사용은 제한하고 있다. 또한, 영국은 Wi-Fi 6E 기기 사용의 효율성 증대를 위해 5.8GHz(5725-5850MHz) 대역에서 무선 LAN의 지정된 채널 분배를 위한 동적 주파수 선택(DFS: Dynamic Frequency Selection) 시스템을 제거하고 DFS를 위해 80MHz 대역폭의 사용하지 않는 채널을 확보하기로 했다. DFS는 인근의 접속할 수 있는 신호레벨이 감지되면 채널 전환을 요구하기 때문에 Wi-Fi 6E 사용자들의 AP(Access Point) 접속연결 지연 및 주파수 혼잡을 일으킬 수 있다. 영국은 6GHz의 상위대역(6425-7125MHz)을 비면허 주파수로 공급하기 위해 CEPT 및 ETSI에서 수행된 기술보고서를 검토하고 있다.

그 외 주요국가의 6GHz 대역 비면허 정책을 [표 2-2]에 나타내었다.

[표 2.2] 해외 6GHz 정책 동향(2021년)

Adopted	Considerting
Brazil (5925-7125MHz)	Argentina (5925-6425MHz)
Canada (5925-7125MHz)	Australia (5925-7125MHz)
Chile (5925-7125MHz)	CEPT (5925-6425MHz)
Costa Rica (5925-7125MHz)	Colombia (5925-7125MHz)
European Union (5925-6425MHz)	Egypt (5925-6425MHz)
Guatemala (5925-7125MHz)	Japan (5925-7125MHz)
Honduras (5925-7125MHz)	Jordan (5925-7125MHz)
Morocco (5925-6425MHz)	Kenya (5925-7125MHz)
Norway (5925-6425MHz)	Malaysia (5925-7125MHz)
Peru (5925-7125MHz)	Mexico (5925-7125MHz)
Saudi Arabia (5925-7125MHz)	New Zealand (5925-6425MHz)
South Korea (5925-7125MHz)	Oman (5925-6425MHz)
United Arab Emirates (5925-6425MHz)	Qatar (5925-7125MHz)
United Kingdom (5925-6425MHz)	Tunisia (5925-6425MHz)
United States (5925-7125MHz)	Turkey (5925-6425MHz)

3. 우리나라 6GHz 대역 주파수정책

가. 6GHz 대역 주파수 공급

2019년 12월에 과학기술정보통신부에서 발표한 「5G+ 스펙트럼 플랜」은 5세대(5G) 이동통신 최초 상용화 이후 5G 품질을 실현하고 글로벌 경쟁력을 강화하기 위한 주파수 공급 전략이다. 「5G+ 스펙트럼 플랜」에서 제시하는 세 가지 정책 중의 하나가 비면허 기술을 5G 성능으로 고도화하는 것이다. 데이터의 분산, 소비기능이 5G에 비해 저용량이기 때문에 7세대 Wi-Fi를 목표로 용량을 확장하는 것이다. 과학기술정보통신부는 산업계의 요구, 국내 이동통신사의 의견을 기반으로 전파 정책자문회의, 연구반 검토 등을 거쳐 ‘20년 10월 1,200MHz 폭 전체를 비면허로 공급하였다[7].

[표 2.3] 6GHz 무선랜 기술기준

제7조(특정소출력무선국용 무선설비)

⑤ 무선랜을 포함한 무선접속시스템용(WAS) 특정소출력무선기기의 기술 기준은 다음과 같다.

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)
2. 5925~7125 MHz 주파수대역의 전파를 사용하는 무선기기는 다음의 조건에 적합할 것

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
1 GHz 미만	- 54 dBm	100 kHz
1 GHz 이상	- 47 dBm	1 MHz

기술기준에 따르면 6GHz 대역을 이용하고 있는 기존 무선국을 보호하기 위해 실외 사용을 위해서는 매우 낮은 수준(25mW)으로 제한한다. 산업계에서는 지하철 객차 안에서 Wi-Fi 6E를 원활하게 이용할 수 있도록 6GHz 대역 출력기준 완화를 요청하였고, 과학기술정보통신부는 산·학·연 전문가로 연구반을 구성하여 간섭실험, 이해관계자 협의 등을 진행하였다. 통신 3사와 함께한 「5G 28GHz 활용 지하철 Wi-Fi 성능개선 실증」을 통해 지하철 Wi-Fi 속도 10배 향상이라는 효과성 뿐만 아니라 같은 대역 면허무선국과의 혼간섭 영향이 없음을 확인하였다[8]. 과학기술정보통신부는 지하철 객차에 한하여 6GHz 대역 일부(5,925~6,425MHz, 500MHz 폭)의 출력기준을 상향(25mW → 250mW)하는 방안을 확정하고, 관련 고시 개정안을 행정 예고(2021년 12월)하였다. 행정예고 기간 동안 의견을 수렴하고 2022년 상반기에 개정 시행할 예정이다[8].

[표 2.4] 6GHz 지하철 무선랜 기술기준

제7조(특정소출력무선국용 무선설비)

⑤ 무선랜을 포함한 무선접속시스템용(WAS) 특정소출력무선기기의 기술 기준은 다음과 같다.

다. 가목 및 나목에도 불구하고 지하철 내에서만 사용하는 무선기기의 주파수 대역, 안테나 절대이득을 포함한 전력밀도 등

주파수 대역(MHz)	점유주파수 대역폭	안테나 절대이득을 포함한 전력밀도	비고
5925~6425	160MHz 이하	2dBm/MHz 이하	※ 안테나 절대이득을 포함한 전력 밀도는 평균치일 것 ※ 지하철 객차 내 전원에 연결되어 설치 운용되는 기기 또는 이 기기와 통신하는 기기에 한함

나. 6GHz 대역 지하철 Wi-Fi 와 이동 방송중계 간섭연구

‘20년 주파수 공급된 6GHz 대역 Wi-Fi 서비스의 확대를 위하여 기존 면허 무선국(이동중계 M/W)과의 간섭영향을 분석하기 위한 연구용역을 수행하였다[9]. 이는 지하철의 객차 내에 설치된 Wi-Fi가 방송이동중계차에 근접하게 되는 시나리오를 가정하여 Wi-Fi가 6GHz 대역 하위대역 사용시 주파수 이격에 대한 간섭영향을 고려한 것이다.

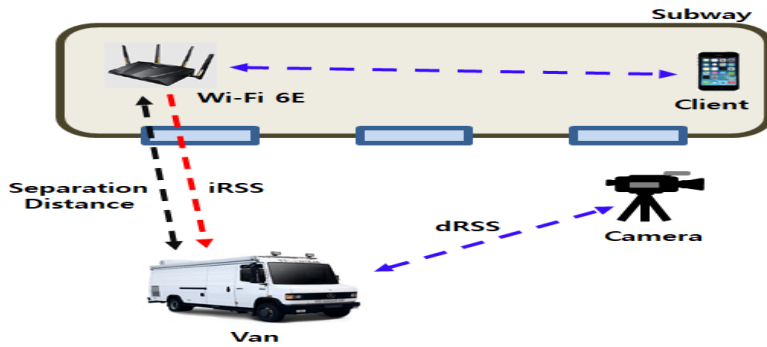
1) 개요

이동 방송중계업무는 실내 방송 Studio가 아닌 실외에서 촬영하여 현장의 생동감과 다양한 사건사고 소식을 전달하는 뉴스나 각종 스포츠 경기 및 콘서트를 영상에 담아 시청자에게 송출하는 시스템이다. 방송국이 고정국의 역할이라면 중계방송은 이동이 가능한 방송중계차를 이용해 녹화 및 녹음, M/W(Microwave), SNG(Satellite News Gathering) 등의 전송수단을 이용해 방송업무를 하는 이동국의 역할을 한다. 지하철 Wi-Fi 기기와 가장 근접 가능성이 높은 시스템은 이동방송 중계업무이므로 전파간섭 영향 분석을 위한 희생원(Victim)은 이동방송중계국으로 선정하였다.

국내 6GHz 대역 비면허 주파수 공급 연구반에서는 2021년 1월 지하철 차체를 대상으로 6GHz Wi-Fi 기기의 투과 손실을 측정하였다. 정차된 지하철 내부에 Wi-Fi 6 표준을 준수하는 AP와 동일한 신호를 발생하는 신호발생기를 설치하고 지하철로부터 외부에 13m의 거리를 두어 신호분석기를 설치하였다. 측정은 자유 공간손실 및 안테나의 수신레벨을 고려한 기준신호(Reference)를 이용하여 지하철 출입문이 열린 경우와 닫힌 경우의 신호 크기를 측정하고 기준신호와 비교하였다. 6GHz Wi-Fi 시스템의 지하철 차체 벽 투과 손실은 기준신호와 비교하여 출입문이 열린 경우는 약 14dB, 닫힌 경우는 약 22dB로 측정되었다.

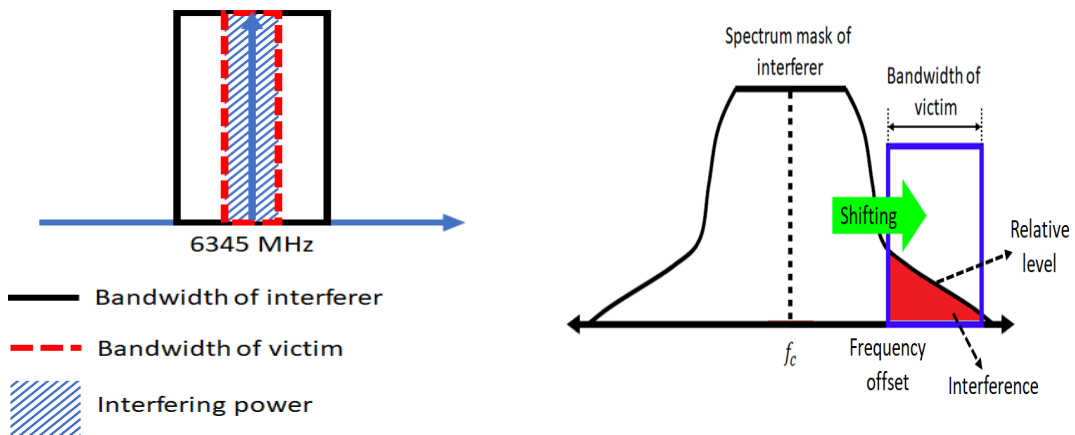
2) 간섭분석 시나리오 및 간섭분석 방법

본 연구의 간섭분석 시나리오는 전파모델(자유공간, ITU-R P.1411), 간섭평가 기준(I/N), 간섭원 수(단일 및 다중), 주파수 측면(동일 중심주파수 및 주파수 이격)에서의 4가지 사항을 고려하였다.



[그림 2.5] 간섭분석 환경 조감도

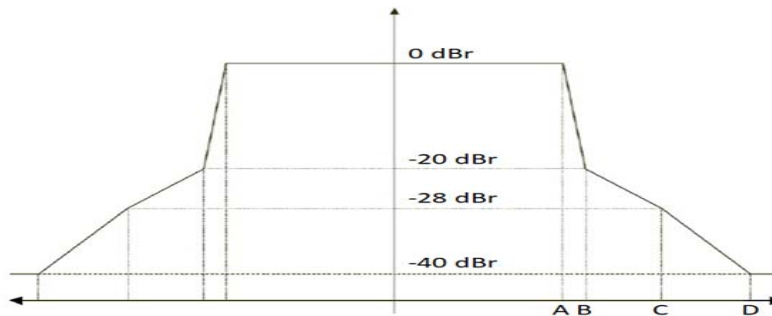
전파모델은 자유공간 모델과 300MHz-100GHz 주파수 대역에서 1km 이내의 실외 근거리 전파환경에 적합한 전파모델인 ITU-R P.1411을 적용했다[10][11]. 간섭보호기준은 ITU-R BT.2265-1에서는 권고한 I/N(Interference-to-Noise ratio) 값으로 -6dB, -10dB을 적용했다[12]. 간섭원 수는 수도권에서 가장 많이 운행되는 지하철 1호선이 총 10량이므로 단일원인 경우와 10개인 경우로 각각 설정했다. 주파수는 [그림 2.6]처럼 동일주파수(중심주파수 6345MHz)인 경우와 80MHz, 160MHz, 240MHz 이격된 경우를 각각 설정해서 분석하였다.



[그림 2.6] 동일 중심주파수 및 주파수 이격

IEEE 802.11ax 기술표준의 스펙트럼 마스크와 주요 파라미터를 [그림 2.7]과

[표 2.5] 에 나타냈다.



[그림 2.7] IEEE 802.11ax 스펙트럼 마스크

[표 2.5] IEEE 802.11ax 스펙트럼 마스크의 주파수 오프셋

Bandwidth	A[MHz]	B[MHz]	C[MHz]	D[MHz]
20MHz	9	11	20	30
40MHz	19	21	40	60
80MHz	39	41	80	120
160MHz	79	81	160	240

[표 2.6]와 [표 2.7]는 각각 간섭분석 시나리오와 간섭분석에 사용될 파라미터이다.

[표 2.6] 간섭분석 시나리오

Analysis method	Propagation model	Interference protection criteria	number of interferer	Frequency perspective
MCL	Free space	I/N	1	동일 중심주파수, 주파수 이격 (80,160,240)
MC	Free space	I/N	1	
	Free space	I/N	10	
	ITU-R P.1411	I/N	1	
	ITU-R P.1411	I/N	10	

[표 2.7] 간섭분석에 사용된 파라미터

Parameter	Value	Unit
Centre frequency of interferer	6345	MHz
Bandwidth of interferer	160	MHz
Transmitted power	24	dBm
Spectrum emission mask	IEEE 802.11ax for 160MHz	
Frequency offset	80, 160, 240	MHz
The length of victim link	19.5	m
Bandwidth of victim	8	MHz
Noise figure of victim	3	dB
Sensitivity of victim	-92	dBm
Penetration loss	14	dB
Antenna gain	0	dBi
Interference protection criteria (I/N)	-6, -10	dB

3) 분석 결과 및 결론

[표 2.8] 는 최소결합손실 방법에 의한 분석결과이다. 동일 중심주파수 대역에서 수 백 미터 이상의 보호이격거리가 산출되어 공존 가능성은 없다. 보호 이격거리가 6585MHz에서 I/N -6dB 기준 3.2m, I/N -10dB 기준 5m로 상당히 감소되었음을 확인하였다.

[표 2.8] 최소결합손실 방법 수행결과

I/N [dB]	Frequency shifting [MHz]	Distance [m]
-6	6345	333
-6	6425	32.9
-6	6505	12.9
-6	6585	3.2
-10	6345	529
-10	6425	52.2
-10	6505	29
-10	6585	5

[표 2.9] 는 자유공간 모델을 적용한 단일 간섭원에 대한 몬테카를로 분석 결과이다. 동일 중심주파수 대역에서 수 백미터 이상의 보호이격거리가 산출되어 공존 가능성은 없다. 간섭확률 5% 이내의 보호 이격거리가 6585MHz에서 I/N -6dB 기준 1m, -10dB 기준 2m로 도출되었다.

[표 2.9] 몬테카를로 방법 수행결과(자유공간 모델 1)

I/N [dB]	The number of interferer	Frequency shifting [MHz]	iRSS [dBm]	Distance [m]	Probability of interference [%]
-6	1	6345	-113.73	587	5.0
-6	1	6425	-113.83	67	4.7
-6	1	6505	-113.94	12	4.4
-6	1	6585	-116.17	1	0
-10	1	6345	-117.79	937	4.9
-10	1	6425	-117.82	105	4.7
-10	1	6505	-117.95	19	4.2
-10	1	6585	-122.19	2	0

[표 2.10] 는 자유공간 모델을 적용한 다중 간섭원에 대한 몬테카를로 분석 결과이다. 동일주파수에서는 5% 이내의 간섭확률을 만족하는 보호 이격거리가 I/N -6dB 기준 1295m, -10dB 기준 2055m로 도출되었다. 6585MHz에서 5% 이내의 간섭확률을 만족하는 보호 이격거리는 I/N -6dB 기준 1m, -10dB 기준 2m로 도출되었다.

[표 2.10] 몬테카를로 방법 수행결과(자유공간 모델 2)

I/N [dB]	The number of interferer	Frequency shifting [MHz]	iRSS [dBm]	Distance [m]	Probability of interference [%]
-6	10	6345	-109.65	1295	4.9
-6	10	6425	-109.69	136	4.8
-6	10	6505	-111.7	14	3.9
-6	10	6585	-116.12	1	0
-10	10	6345	-113.65	2055	4.9
-10	10	6425	-113.64	224	4.9
-10	10	6505	-114.71	26	4.0
-10	10	6585	-122.03	2	0

[표 2.11] 는 ITU-R P.1411 모델을 적용한 단일 간섭원에 대한 몬테카를로 분석 결과이다. 동일주파수에서는 5% 이내의 간섭확률을 만족하는 보호 이격거리가 I/N -6dB 기준 530m, -10dB 기준 818m로 도출되었다. 6585MHz에서 5% 이내의 간섭확률을 만족하는 보호 이격거리는 I/N -6dB와 -10dB 기준 모두 1m로 도출되었다.

[표 2.11] 몬테카를로 방법 수행결과(ITU-R P.1411 모델 1)

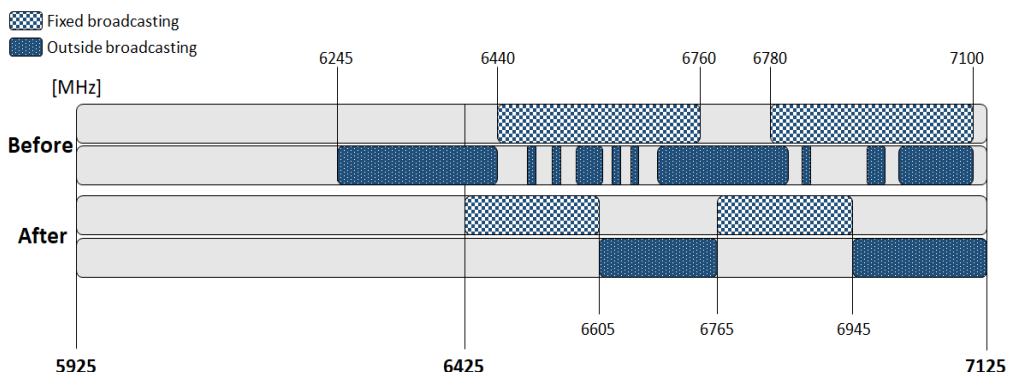
I/N [dB]	The number of interferer	Frequency shifting [MHz]	iRSS [dBm]	Distance [m]	Probability of interference [%]
-6	1		-113.76	530	4.9
-6	1	6425	-113.82	68	4.7
-6	1	6505	-114.3	13	3.1
-6	1	6585	-135.02	1	0
-10	1		-117.77	818	4.8
-10	1	6425	-117.8	105	4.7
-10	1	6505	-118.04	21	4.0
-10	1	6585	-135.01	1	0

[표 2.12] 는 ITU-R P.1411 모델을 적용한 다중 간섭원에 대한 몬테카를로 분석 결과이다. 동일주파수에서는 5% 이내의 간섭확률을 만족하는 보호 이격거리가 I/N -6dB 기준 1113m, -10dB 기준 1725m로 도출되었다. 6585MHz에서 5% 이내의 간섭확률을 만족하는 보호 이격거리는 I/N -6dB와 -10dB 모두 1m로 도출되었다.

[표 2.12] 몬테카를로 방법 수행결과(ITU-R P.1411 모델 2)

I/N [dB]	The number of interferer	Frequency shifting [MHz]	iRSS [dBm]	Distance [m]	Probability of interference [%]
-6	10		-109.63	1113	4.8
-6	10	6425	-109.69	132	4.9
-6	10	6505	-111.69	16	3.3
-6	10	6585	-120.06	1	0.1
-10	10		-113.66	1725	4.9
-10	10	6425	-113.67	213	4.5
-10	10	6505	-114.64	27	4.1
-10	10	6585	-119.78	1	4.7

종합하면, 30m 이내의 근거리에서는 적용된 두 전파모델의 차이가 없음을 확인하였다. 동일 주파수대역에서는 다중 간섭원으로부터 도출된 보호 이격거리가 대체로 단일 간섭원인 경우에 비해 약 2배임이 확인되었지만, 주파수 이격 시 그 차이가 점점 감소되면서 6585MHz에서는 최소 2m 이내로 차이가 거의 없음을 확인하였다. 실제환경과 가장 유사한 ITU-R P.1411 모델, 간섭보호기준 I/N, 10개의 간섭원을 고려한 간섭분석에서 주파수 이격 6585MHz로부터 보호 이격거리가 약 1m 이내로 도출되어 재배치 후의 이동 방송중계업무([그림 2.8]) 시작 주파수 채널 (6605-6765MHz)에 간섭영향이 없으므로 지하철 내의 6GHz Wi-Fi 사용과 재배치 후의 이동 방송중계업무 간의 공존은 가능한 것으로 결론 내릴 수 있다.



[그림 2.8] 6GHz대역 방송중계업무의 주파수 재배치 계획

제3절 920MHz 광대역 사물인터넷(IoT) 기술기준

1. 연구배경

사물인터넷(IoT, Internet of Things)은 각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 인터넷에 연결하는 기술을 의미한다. 여기서 사물이란 가전제품, 모바일 장비, 웨어러블 디바이스 등 다양하다. 사물인터넷에 연결되는 사물들은 자신을 구별할 수 있는 유일한 IP를 가지고 인터넷에 연결되어야 하고 외부 환경으로부터 데이터 취득을 위해 센서를 내장할 수 있다. 이와 같이 많은 사물이 연결되면 방대한 데이터가 모이게 되는데 이렇게 모인 빅데이터를 분석하는 효율적인 알고리즘 개발의 필요성이 함께 대두되고 있다. 기존의 사물인터넷은 주로 원격 검침과 노약자, 반려동물 등의 위치 추적에 사용하는 저속 데이터 전송 서비스를 위해 917~923.5MHz, 940.1~946.3MHz, 1788.478~1791.950MHz 등의 주파수를 이용하였다. 이것은 채널 대역폭 200kHz로 협대역 IoT이며 CCTV 영상 등 대용량 데이터를 전송하기 위한 서비스에는 응용할 수 없다. 이에 공공기관과 산업계 등에서 스마트 홈(보안카메라), 스마트팜(생육환경 모니터링), 스마트공장(공장 자동화 센서, 보안 관제 카메라 등) 등에 응용할 수 있는 Sub-GHz대역을 광대역 IoT 주파수로 요구하였다.

IoT 시장은 세계적으로 연 21.1% 증가되고 있으며, 국내에서만 출시된 제품이 2,300여 개(2019년 기준)이다. 그러나 주파수의 공급량은 협대역 IoT 기준으로 16.1MHz 폭이며, [표 2.13] 과 같이 미국과 유럽 등 주요국과 대비하여 공급폭이 매우 작다. 그동안 우리나라는 협대역 기술 우선 발전과 협대역-광대역 IoT 주파수 공유 시 협대역 통신에 제약이 있다는 이유 등으로 1GHz 이하 광대역 IoT는 공급하지 못하였다[13].

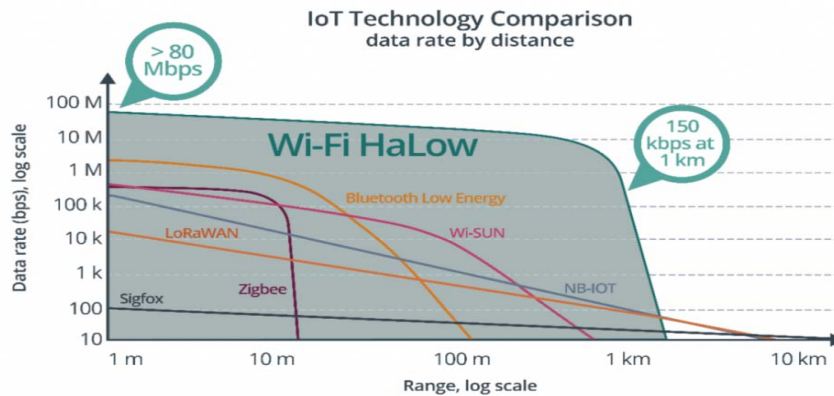
[표 2.13] 국내·외 IoT용 주파수 공급량 비교

지역/국가	주파수 대역	공급량
한 국	917~923.5MHz, 940.1~946.3MHz 등	16.1MHz폭
일 본	915~930MHz, 950~958MHz	23MHz폭
미 국	902~928MHz	26MHz폭
유 럽	863~876MHz, 915~921MHz	19MHz폭

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 장기간 동작이 가능하다. [그림 2.9]과 같이 LoRa와 Sigfox 등에 비해 전송거리는 짧지만, 고용량의 영상 전송까지 다양한 분야에 적용되며 도달거리가 길어서 중계기 등 추가 설비 구축 없이도 저렴한 비용으로 운영이 가능하다[14].



[그림 2.9] 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 등으로 포화되어 있어 광대역 공급이 가능한 대역을 찾기란 쉽지 않다. 과학기술정보통신부에서는 이러한 사항을 해결하기 위하여 실무위원회를 통하여 주파수 타당성을 승인하였고, 무선마이크 대역(925-937.5MHz)과의 간섭 영향을 검토하였다.

광대역 IoT 기기의 출력과 서비스 대역폭 등을 가변하며 찾은 기준은 무선마이크와 공유할 수 있는 출력 100mW와 2MHz 대역폭이었다. IoT 기기가 채널 사용전 동일 채널과 인접채널에서 타 신호를 감지하여 채널을 이동하는 기술인 CCA(Clear

Channel Assessment) 기능이 [그림 2.10]과 같이 작동됨을 확인하였다.



[그림 2.10] IoT 기기의 CCA 기능

실 환경에서의 무선마이크의 다채널 시스템과의 간섭현상을 확인하기 위하여 실내 공연장에서 간섭 분석을 진행하였는데, CCA 기능이 이상 없이 작동하여 무선마이크 통신에 영향을 주지는 않는 것으로 확인되었다.

2. 900MHz 광대역 사물인터넷(IoT) 기술기준

무선마이크와의 간섭을 예방하기 위하여 LBT(Listen Before Talk) 기술을 통해 데이터 통신이 필요한 경우에만 채널을 사용하도록 기술기준을 [표 2.14]와 같이 마련하였다. 광대역 IoT기기에 공존기술 적용으로 무선마이크 완전 보호는 불가능하나 간섭 최소화는 가능할 것으로 판단된다. 과학기술정보통신부는 2개월간의 행정예고를 거쳐 2021.10.8.에 개정 시행하였고, 국립전파연구원은 간섭회피 방법 등 관련 시험방법을 마련하였다.

[표 2.14] 920MHz 광대역 IoT 기술기준

제8조(RFID/USN 등의 무선설비)

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

1. 안테나절대이득을 포함한 복사전력은 10mW/200kHz 이하일 것
2. 점유주파수대역폭은 1MHz 또는 2MHz일 것
3. 주파수허용편차는 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이내일 것
4. 간섭회피를 위하여 다음 각 목의 조건에 적합할 것

가. 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 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	$\pm (0.5 \sim 2.5)$ MHz
2MHz	$\pm (1 \sim 3)$ 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

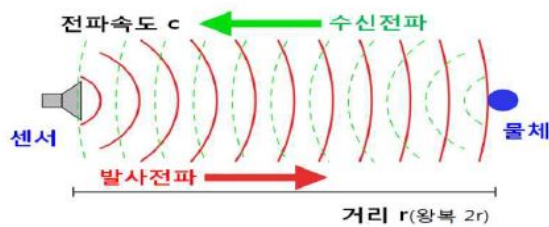
제4절 70GHz 대역 물체감지 센서

1. 연구배경

물체감지센서는 전파를 발사하고 반사되는 전파를 수신하여 물체를 감지하는 센서를 말한다. 반사되는 전파를 분석하여 물체 유무를 감지할 수 있고 발사한 전파가 반사되어 수신되는 시간을 통해 물체와의 거리도 측정할 수 있다. 또한 물체가 가까이 접근할수록 반사되는 전파의 주파수가 높아지고, 반대로 물체가 멀어질수록 반사되는 전파의 주파수가 낮아지는 도플러 효과를 이용하여 움직이는 물체의 속도도 측정할 수 있다. 즉, 물체감지센서는 출력이 작은 레이더라 할 수 있다.

전파를 이용하는 물체감지센서는 온도, 습도, 조명 등 주위 환경의 영향을 받기

않아 적외선, 초음파 등을 이용하는 센서에 비해 신뢰성이 높아 자동문 제어, 조명 제어, 침입 감지, 교통정보 수집, 차량 사각지대 감지 등 다양한 용도로 활용되고 있다.



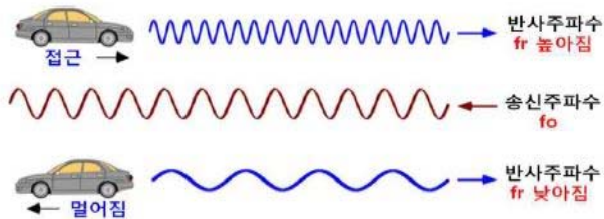
전파수신 시간

$$t = \frac{2 \times r}{c}$$

물체와의 거리

$$r = \frac{c \times t}{2}$$

[그림 2.11] 전파 도달시간을 이용한 거리 측정



물체의 속도

$$v = \frac{\lambda \times (f_0 - f_r)}{\cos \theta}$$

θ : 물체의 진행방향과
전파가 이루는 각도

[그림 2.12] 도플러 효과를 이용한 속도 측정

76-81GHz 대역은 현재 차량충돌방지용 레이더(「신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준」 제7조제9항), 레벨측정레이더(동 기술기준 제14조) 용도로 사용하도록 되어 있고, 5GHz 광대역폭으로 활용이 가능하여 정밀 센서 분야에서 제품 개발이 이루어지는 추세이다. 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 대역은 병원 내 환자의 낙상, 호흡·심박 등의 생체 이상신호 감지와 독거노인의 일상적인 모니터링, 유치장 화장실에서의 수감자 자살 예방 등에도 활용될 수 있다. 이렇게 안전 분야에서 다양하게 활용될 수 있도록 업계의 요구가 있어 기술기준 개정 작업에 착수하였다.

2. 기술기준안 마련

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

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 물체감지센서(「신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준」 제12조, [표 2.15])와 용도가 같으므로, 물체감지센서에 새로운 대역을 추가하는 것으로 정하고 적정한 출력을 검토하였다.

[표 2.15] 물체감지센서용 무선기기 기술기준

주파수 대역(GHz)	대역폭(MHz)	복사전력(mW)	비고
5.847~5.85	30	10	
10.5~10.55	50	25	옥내 사용에 한함
24.05~24.25	200	100	

출력기준은 기존 물체감지센서의 기술기준을 토대로 인체영향을 감안하여 산출하였다. 24GHz 대역 물체감지센서 출력 기준이 100mW이고, 주파수에 따른 수신전력은 파장의 제곱에 비례하므로 70GHz에서는 약 10배인 1W로 산출할 수 있다. 그러나 운용 환경이 인체영향을 무시할 수 없는 실내 공간이라는 점과 24GHz 대역 물체감지센서를 활용한 서비스가 현행 출력기준(100mW)으로 약 10여m 정도 탐지가 가능한 점을 고려하여 100mW으로도 충분한 서비스 제공이 가능할 것으로 판단되었다. 수요제기 업체와 적정출력을 검토한 결과, 안테나절대이득을 포함한 복사전력(e.i.r.p) 100mW가 적정한 것으로 판단하였다.

3. 기술기준

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 마련하였다. 과학기술정보통신부에서는 2021.11.16.에 행정예고하였고 2개월 동안 의견을 수렴한 후 개정 시행할 예정이다. 적합성평가 시험방법은 기존 시험방법을 그대로 따르면 되므로 별도의 개정은 필요하지 않았다.

[표 2.16] 70GHz대 물체감지센서 기술기준

제12조(물체감지센서용 무선설비)

④ 70GHz대 물체감지센서용 무선기기의 기술기준은 다음 각 호의 조건에 적합할 것

1. 주파수대역, 전력 등

주파수 대역(GHz)	복사전력(첨두전력)	비고
76 ~ 81	100mW 이하 (안테나 절대이득 포함)	평균전력밀도는 -16dBm/MHz 이하일 것

2. 주파수 허용편차는 지정주파수대역 이내일 것

3. 점유주파수대역폭은 5GHz 이하일 것

4. 스퓨리어스영역에서의 불요발사는 다음의 기준값 이하일 것

주파수	기준값	기준 대역폭
1 GHz 미만	-36 dBm	100 kHz
1 GHz 이상	-30 dBm	1 MHz

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

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

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

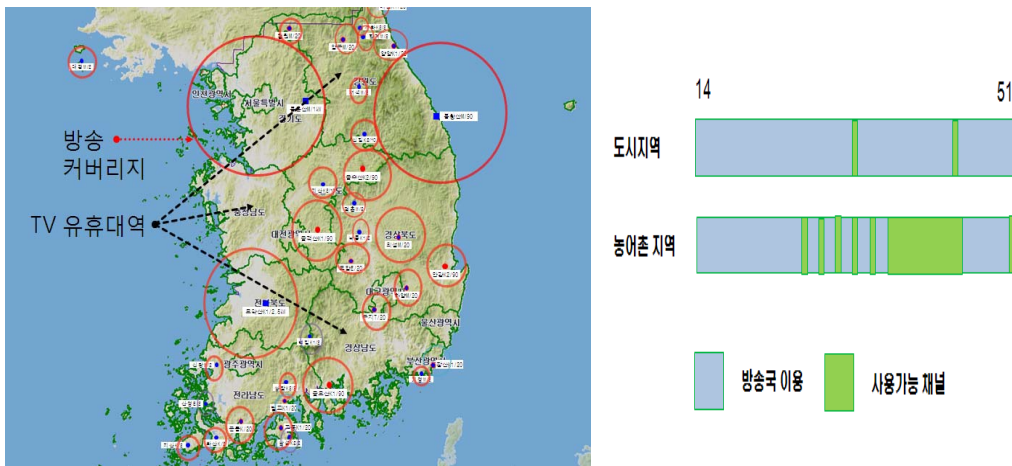
7. 제조자 또는 판매자는 해당 기기 또는 사용자 설명서 등에 다음 사항을 명시하고 사용자에게 충분히 알릴 것

“이 기기는 건물내 이용을 목적으로 하며 전파천문 안테나로부터 반경 2km 범위 이내에 설치하고자 하는 경우에는 천문대와 사전 협의하여야 함”

제5절 TVWS 데이터 통신 제도개선

1. 배경

TV White Space(이하 TVWS)는 TV 방송용으로 할당된 470MHz-698MHz의 주파수 대역에서 지역적으로 사용하지 않고 비어있는 주파수 대역을 의미한다. TVWS는 저주파수 대역으로 전파특성이 우수하여 도달거리가 길고 장애물을 통과하는 투과율이 좋은 장점이 있다. 지역별로 비어있는 채널이 상이하고, 비어있는 가용 채널도 TV 방송 보호를 위해 소규모 지역에 한정하여 사용 가능하며, TV 방송국이 밀집된 대도시보다는 교외 지역에서 상대적으로 가용채널 확보가 용이하다. 우리나라의 TVWS 서비스는 2014년에 시작되었는데 특정 위치에서 가용채널을 제공받는 DB 접속방식이 사용되고 있다[15]. [그림 2.13]은 TVWS 개념을 잘 설명하고 있다.



[그림 2.13] TVWS 개념도

[그림 2.14]은 대표적인 활용 예를 보여준다. 인터넷 활용이 어려운 도서 산간 지역에 고비용의 위성, 저속의 전화선 등을 대신하여 무선인터넷을 보급할 수 있고, 고궁, 박물관, 경기장, 공원과 같은 관광지에서 소규모 자가망을 구축하여 방문객에게 정보를 전달할 수 있다.



고궁



[그림 2.14] TVWS 활용 예

우리나라는 국토가 크지 않고 네트워크가 잘 되어있어 TVWS 서비스는 크게 활성화되고 있지 않는 상황이다. 이에 새로운 시장을 창출하고자 하는 업계에서 “ICT 규제 샌드박스” 제도를 통해 규제완화를 신청하였다. 요구 사항은 유람선과 모노레일 등의 이동체에 Wi-Fi, IoT 등의 서비스를 제공하기 위해 TVWS 출력기준을 고정형 기기 수준으로 상향할 수 있도록 하는 것이다. [표 2.17] 에서 알 수 있듯이 고정형 기기는 이동형 기기보다 10배의 출력을 사용할 수 있다.

[표 2.17] 현행 TVWS 무선기기 기술기준

	안테나 공급 전력밀도	가용채널 탐색방식
이동형 기기	100mW/6MHz 이하	100미터 이동 시
고정형 기기	1W/6MHz 이하	24시간 마다

과학기술정보통신부는 특정지역 내에서 실증특례를 부여하고 기술기준 개정을 위한 연구를 수행하였다. 국립전파연구원에서는 실증특례 서비스 승인에 필요한 사전기술검증과 전파환경 분석 등을 진행하였다[16].

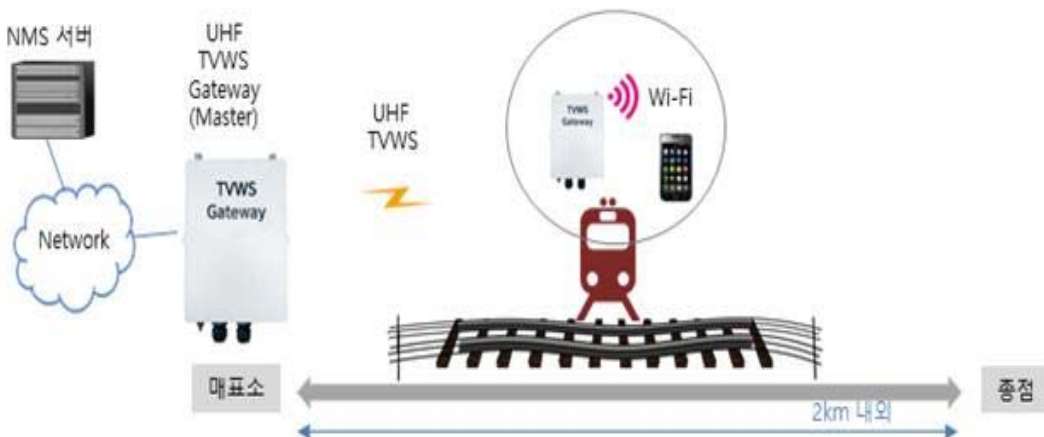
2. 규제 샌드박스 실증특례를 위한 전파환경 분석

실증특례는 [그림 2.15]과 같이 유람선의 사물인터넷 서비스와 [그림 2.16]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. TVWS 기기를 이동체에 설치하여 운용할 경우 이동형기기의 출력이 상향(100mW→1W)되는 것이므로 470-698MHz 주파수대역의 기존 사용자인 지상파 DTV방송 및 신고용 무선마이크에 대한 혼-간섭을 일으킬 수 있다. 국립전파연구원에서는 현장 실사와 SEMCAT 기반의 전파환경 분석 툴을 이용하여 전파 사용가능 여부를 검증하였다.



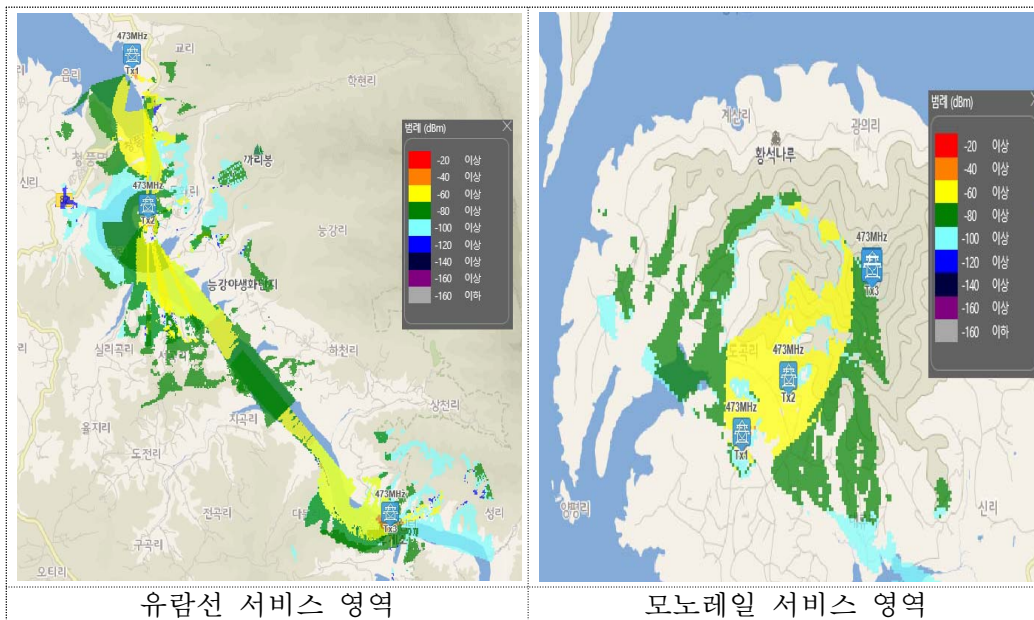
[그림 2.15] 유람선 서비스 구성도



[그림 2.16] 관광 모노레일 서비스 구성도

가. 청풍호 전파분석

먼저, 국립전파연구원에서 관리하는 TVWS 가용채널 DB검색시스템(tvws.kr)을 통해 유람선 서비스를 위한 가용채널은 4개, 모노레일 서비스를 위한 가용채널은 12개로 가용채널은 충분한 걸로 확인되었다. TVWS 기기에 의한 전파 커버리지 분석 결과, [그림 2.17]과 같이 주변 인구밀집지역인 제천시와 충주시에 기존의 지상파 TV 서비스를 제공하는데 간섭이 없음을 확인하였다.



[그림 2.17] 청풍호 TVWS 서비스 커버리지

지상파 방송신호 측정결과, KBS1·2, EBS 등 3개 채널의 신호가 검출되었으나 TVWS 서비스는 다른 채널을 사용하므로 TVWS 서비스가 간섭영향을 주지 않는다.

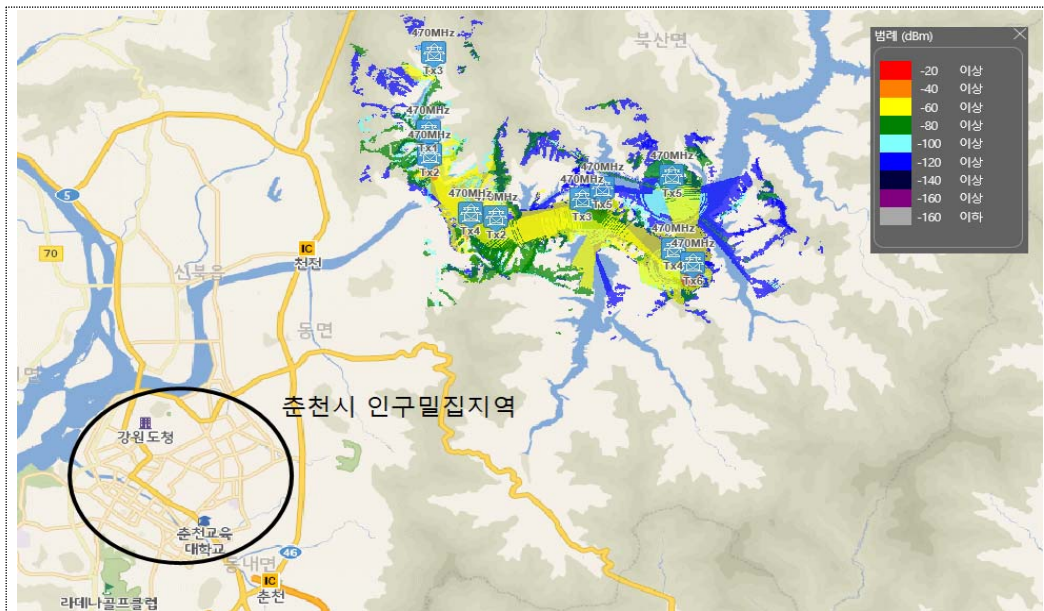
[표 2.18] 청풍호 방송신호 측정 결과

측정 지점 주소	수신 신호 분석			TVWS DB 산출 가용채널 여부
	채널	방송	dBm	
충북 제천시 청풍면 도화리 214-4	28	KBS1	-48.78	X
	30	KBS2	-48.19	X
	45	EBS	-51.06	X

지리적 특성을 살펴보면 청풍호는 주변이 산악지형으로 둘러싸여 있고, 특히 유람선 서비스 지역인 호수면은 상대적으로 낮은 지역이라 호수면 위에서 통신하는 신호가 인구밀집 지역인 충주시나 제천시의 방송서비스에 전파간섭을 일으킬 확률은 없었고, 모노레일 서비스 영역도 산악지형을 주로 운행하게 되고 출력을 1W로 높이더라도 인근 지역의 방송서비스에 미치는 영향은 없는 것으로 확인되었다.

나. 소양호 전파분석

소양호 유람선 서비스를 위한 가용채널은 35번(596~602 MHz) 채널이 이용 가능함을 확인하였고, 소양호 TVWS 서비스 지역이 인근 인구밀집 지역인 춘천시와 8 km 이격되어 있어 기존의 지상파 TV 서비스를 제공받는 데 영향을 주지 않는 것을 [그림 2.18]의 분석결과에서 확인할 수 있었다.



[그림 2.18] 소양호 TVWS 서비스 커버리지

지상파 방송신호 측정결과, 다수의 지상파 방송(KBS1·2, MBC, G1, EBS) 신호가 검출되었으나, 소양호 유람선 서비스 영역에서 사용할 35번 채널과는 달라 간섭 영향은 없는 것으로 확인되었다.

[표 2.19] 소양호 방송신호 측정 결과

측정 지점	채널	방송	측정 지점	채널	방송
강원도 춘천시 동면 (소양댐 팔각정)	14	MBC	강원도 춘천시 북산면 청평리 산 175-1 (청평사선착장 인근)	14	MBC
	15	KBS1		15	KBS1
	16	G1		16	G1
	17	KBS2		17	KBS2
	18	EBS		18	EBS
	32	KBS1			
	41	KBS2			

지리적 특성을 살펴보면 소양호는 주변이 산악지형으로 둘러싸여 있고 TVWS 서비스 지역인 호수면은 상대적으로 낮은 지역이라 호수면 위에서 통신하는 신호가 인구밀집 지역인 춘천시의 방송서비스에 전파간섭 영향은 주지 않는 것으로 확인되었다.

6. 기술기준 개정(안) 마련 및 시행

국립전파연구원은 TVWS 실증특례 서비스를 지원하기 위해 사전기술검증 조건에 따라 전파환경을 분석하였다. 주 내용은 실증특례 서비스를 분석하고 청풍호와 소양호에 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(유람선, 모노레일)에만 적용하여야 한다. 또한, 고정형 기기를 이용하는 이동형 서비스는 반드시 사전검증을 통해 혼·간섭이 발생하지 않아야 하며 서비스가 원활히 가능하도록 개정되어야 한다. 한정된 지역에서 이동체에 탑재되는 고정형 기기의 전파 분석은 기술기준 개정 이후에도 계속적으로 필요한 것으로 판단된다.

기술기준 개정은 수차례 연구반 회의를 통해 전문가 및 이해관계자의 의견을 수렴하여 TVWS 무선기기 활용도를 높이기 위한 설치조건과 이용 승인 조건을 규정하게 되었다. 특수조건에 해당하는 경우 이동형 기기를 고정형으로 볼 수 있도록 고정형 기기의 송신조건에 예외 조항을 신설하여 개정 기술기준에 대하여 해석의 혼선이 없도록 객관적이고 체계적으로 기술기준을 정했다. 특히, 방송통신위원회와 방송사 관계자와는 간담회를 통해서도 개정 방향에 대해 충분한 설명을 하고 이해를 구하였다. 최종 기술기준은 「신고하지 아니하고 개설했을 수 있는

무선국용 무선설비의 기술기준」 제13조(TVWS 데이터통신용 무선기기) 2. 고정형 기기 송신장치의 조건에 마목을 신설하고 운용조건을 추가하는 것으로 개정안이 마련되었다. 이 개정안은 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.

과학기술정보통신부는 행정예고를 거쳐 2021.11.29.에 개정 시행하였고, 국립전파연구원은 시험방법 연구반 의를 통해 개정된 기술기준에 따른 시험방법을 마련하였다. TVWS 기기에 가용채널 정보를 제공하는 TVWS 가용채널 DB시스템에 대한 개선도 필요하여 수정 작업이 진행되고 있어 조만간 정식 제품이 인증을 받고 정상적인 서비스를 할 수 있을 것으로 예상된다.

[표 2.20] TVWS 데이터통신용 무선기기 기술기준

제13조(TVWS 데이터통신용 무선기기)

470~698MHz 주파수대역의 TVWS 데이터통신용 무선기기의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 공통조건

< 생 략 >

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. 다음의 모든 조건에 적합한 경우 선박, 모노레일에 탑재하여 사용할 수 있음

- (1) 정해진 구역에서만 운용할 것
- (2) 데이터베이스에 직접 접속하지 않는 기기일 것

(3) 정해진 구역에서 공통된 가용채널만을 사용할 것

(4) 전파 혼·간섭에 대하여 국립전파연구원의 사전 검증을 받을 것

3. 이동형 기기 송신장치의 조건

〈 생 략 〉

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 전파혼신 제거 조치에 따라 축소 또는 삭제될 수 있음

다. TVWS 고정형 기기를 선박, 모노레일에 탑재하고자 하는 경우, 사용자는 탑재 전 전파 혼·간섭에 대하여 국립전파연구원의 사전검증을 받을 것



제3장

비면허 무선기기 적합성평가 시험방법 개선

제3장 비면허 무선기기 적합성평가 시험방법 개선

제1절 연구배경

무선통신기기의 광범위한 보급 뿐 아니라 전파를 이용한 각종 통신 서비스의 형태가 다양해짐에 따라 전파 환경이 나날이 악화되고 있다. 무선통신의 안정성과 신뢰성을 유지하기 위해서는 무선기기의 구조 및 성능을 객관적으로 증명할 수 있는 적합성평가 제도와 이를 합리적으로 수행하기 위한 시험방법이 요구된다. 시험방법 업무가 대부분 민간업체인 지정시험기관으로 이관되었기 때문에 지정 시험기관 간 시험방법의 통일성을 유지하고 기술기준 등의 정책과 현장에서 실제로 이루어지는 시험방법 간의 연결성도 중요하다.

무선기기의 적합성평가를 받기 위한 시험방법은 국가표준인 「무선설비 적합성 평가 시험방법(KS X 3123)」으로 제정 당시에는 항목별로 범용적인 시험방법을 기술하였으나, 다양한 비면허 무선기기에 대해서는 획일화된 시험방법을 적용하기는 어렵기 때문에 기기별로 시험방법을 분리하여 세분화하는 개정 작업이 필요하여 수차례 개정을 거쳐 왔다[2].

올해 국립전파연구원에서는 지정시험기관에 근무하는 시험경험이 풍부한 전문가 위주로 연구반을 구성하여 5차례에 걸친 심도있는 논의를 통해 기술기준을 검토하고 다양한 해외 사례를 조사하였고, 업계 환경 등을 반영하여 시험방법 개정안을 마련하였다.

제2절 대상 기자재별 적합성평가 적용 구분 (부속서 B)

부차적 전파발사시험은 송수신설비가 작동하지 않는 대기상태에서 발생하는 전파를 측정하기 위한 시험으로 대기상태가 없이 전원 인가 즉시 작동하는 기기들에 대해서는 예외적용해야 한다는 의견이 있었고, 그 타당성이 인정되어 레이다, RFID/USN 기기에 대해서 예외적용할 수 있도록 통일된 문구를 추가하기로 하였다. 그리고, 인접채널 누설전력, 송신 전 신호감지(LBT) 등 기술기준과 일치하지 않은 항목들을 바로 잡기 위해 수정하였다.

[표 3.1] KS X 3123 부속서 B 개정안

기자재의 종류	환경적 조건	전기적 시험 항목
특정 소출력 무선국용 무선설비	<ul style="list-style-type: none"> 온도 ㉠ 또는 ㉡ 습도 ㉠ 	<ul style="list-style-type: none"> 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인 주파수 허용 편차, 점유 주파수 대역폭의 허용치, 불요 발사의 허용치(참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 ‘제7조’) 안테나 공급전력의 허용 편차(참고문헌 [3] ‘무선설비 규칙’의 ‘제9조 제1항’) 수신 설비로부터 부차적으로 발사되는 전파의 세기(참고문헌 [3] ‘무선설비 규칙’의 ‘제12조 제1항’) ※ 차량 충돌방지용 레이더(제7조 제9항) 및 도로 정보감지레이더(제7조 제10항)의 부차적 전파발사는 시험대상기기가 실제 사용조건에서 수신상태로만 동작할 수 있는 경우에 대해서만 적용 ※ 실제 사용조건에서 수신상태로만 동작할 수 없는 경우에는 제외한다. 전계 강도 및 전력밀도 허용치(참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 ‘제7조’) 소형 기지국용 무선 기기는 참고문헌 [9] ‘전기통신 사업용 무선설비의 기술기준’에 적합할 것. 인접채널 누설전력, 송신출력 제어, 능동주파수 선택, 호핑채널 수, 체류시간 등 기술기준에서 규정한 사항(참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 ‘제7조’)
RFID/USN용 무선설비의 기기	<ul style="list-style-type: none"> 온도 ㉠ 또는 ㉡ 습도 ㉠ 	<ul style="list-style-type: none"> 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인 주파수 허용 편차(참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 ‘제8조’) 점유 주파수 대역폭의 허용치, 불요 발사 허용치, 전계 강도 또는 안테나 전력(참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 ‘제8조’) 안테나 공급전력의 허용 편차(참고문헌 [3] ‘무선설비 규칙’의 ‘제9조 제1항’) 수신 설비로부터 부차적으로 발사되는 전파의 세기(참고문헌 [3] ‘무선설비 규칙’의 ‘제12조 제1항’)

		<p>조 제1항’, 참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 ‘제8조’)</p> <p>※ 13.552 ~ 13.568 MHz 주파수 대역의 전파를 사용하는 RFID용 무선설비에서 송신 장치가 지속적으로 전파를 발사하고 송수신 장치 간 거리가 3 m 이내일 경우, “수신 설비로부터 부차적으로 발사되는 전파의 세기”를 적용하지 않음.</p> <p>※ 실제 사용조건에서 수신상태로만 동작할 수 없는 경우에는 제외한다.</p> <p>• 송신전 신호감지, 채널점유시간, 수신선택도, 간섭회피기능 등 기술기준에서 규정한 사항(참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 ‘제8조’)</p>
용도 미지정 무선설비의 기기	<p>• 온도 ㉠ 또는 ㉡</p> <p>• 습도㉠</p>	<p>• 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인</p> <p>• 점유 주파수 대역폭의 허용치, 불요 발사의 허용치(참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 ‘제10조 제2항’)</p> <p>• 안테나 공급전력의 허용 편차(참고문헌 [3] ‘무선설비 규칙’의 ‘제9조 제1항’)</p> <p>• 수신 설비로부터 부차적으로 발사되는 전파의 세기(참고문헌 [3] ‘무선설비 규칙’의 ‘제12조 제1항’)</p> <p>(참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 ‘제10조 제2항’)</p> <p>※ 실제 사용조건에서 수신상태로만 동작할 수 없는 경우에는 제외한다.</p>
물체 감지 센서용 무선설비의 기기	<p>• 온도 ㉠ 또는 ㉡</p> <p>• 습도㉠</p>	<p>• 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인</p> <p>• 주파수 허용 편차, 점유 주파수 대역폭의 허용치, 불요 발사의 허용치, 수신 설비로부터 부차적으로 발사되는 전파의 세기(참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 ‘제12조’)</p> <p>※ 부차적 전파발사의 경우 시험대상기기가 실제 사용조건에서 수신 상태로만 동작할 수 있는 경우에 대해서만 적용</p> <p>※ 부차적 전파발사의 경우, 실제 사용조건에서 수신상태로만 동작할 수 없는 경우에는 제외한다.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • 안테나 공급전력의 허용 편차(참고문헌 [3] ‘무선설비 규칙’의 ‘제9조 제1항’)
레벨측정레이다용 무선기기	<ul style="list-style-type: none"> • 온도 ㉠ 또는 ㉡ • 습도㉠ 	<ul style="list-style-type: none"> • 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인 • 전계 강도, 기본파의 주파수, 불요 발사의 전계 강도 허용치(참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 제14조 제1항) • 전력밀도 허용치, 안테나 빔폭의 반치각, 점유 주파수대폭 허용치, 주파수 허용 편차, 불요 발사의 허용치 (참고문헌 [5] ‘신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’의 제14조 제2항) • 수신 설비로부터 부차적으로 발사되는 전파의 세기(참고문헌 [3] ‘무선설비 규칙’의 ‘제12조 제1항’) <p>※ 시험대상기기가 실제 사용조건에서 수신 상태로만 동작할 수 있는 경우에 대해서만 적용</p> <p>※ 실제 사용조건에서 수신상태로만 동작할 수 없는 경우에는 제외한다.</p>

제3절 RFID/USN용 무선설비의 적합성평가 항목별 시험방법 (부속서 H)

CCTV 영상 등 대용량 데이터 전송에 사용하는 광대역 IoT 기기 주파수 공급 시기에 맞추어 시험방법을 신설하였다. 광대역 IoT는 6MHz(925-931MHz)를 사용하기에 기존의 무선마이크(925-937.5MHz)와 주파수를 상당 부분 공동사용해야 하므로 무선마이크 업계의 우려가 컸다. 그 결과로 불요발사에 대한 세밀한 기술기준이 만들어졌고 적절한 시험방법을 만드는데 많은 공을 들여야 했다.

[표 3.2] KS X 3123 부속서 G 개정안

H.2.2.2.3 기술기준 제8조제8항에 따른 수검기기의 경우

- 수검기기를 변조상태로 동작시킨다.
- 수검기기의 출력이 최대가 되는 조건을 설정하여 수검기기를 동작시킨다.
- 스펙트럼분석기를 다음과 같이 설정한다.

중심 주파수	반송주파수
스윙 주파수폭	발사 점유주파수대폭의 2배 ~ 3배
분해능 대역폭	200 kHz
비디오 대역폭	분해능 대역폭과 같은 값
검출 모드	RMS 모드
스윙 시간	1초
스윙 횟수	10회 이상
스윙 모드	1회 스윙(single sweep)
표시 모드	평균(average) 모드
동기모드 1 송신시간 점유율이 98 % 이상인 연속신호를 시험하는 경우	Free run
동기모드 2 송신시간 점유율이 98 % 미만인 신호를 시험하는 경우	Burst trigger 설정 버스트 파형 시작점에 동기를 설정하고, gate 시간은 각 버스트 파형의 최소 전송 시간보다 작게 설정하여 off time이 포함되지 않도록 설정

- d) 동기모드 2에 해당하는 경우이나 송신시간 점유율이 98 % 미만이고 duty cycle이 일정한 경우는 동기모드를 free run으로 설정하여 측정할 수 있다.
- e) 마커(marker)를 최대 측정값으로 이동하여 측정값을 기록한다. d)에 따라 측정된 경우 다음과 같이 적용한다.
- 측정값에 $10\log(1/\text{duty cycle})$ 의 값을 더하여 계산 된 값을 최종 측정값으로 사용한다.
- 비고** Duty cycle 25 %인 경우 = 측정 값+ $10\log(1/0.25)$
- f) 측정값에 안테나 절대이득을 더하여 복사전력을 계산한다.

H.2.9 송신전 신호감지(LBT) 기능확인

H.2.9.3.2 기술기준 제8조제8항의 경우

- a) 스펙트럼분석기를 다음과 같이 설정한다.

중심 주파수	반송주파수
스윙 주파수폭	0 Hz
분해능 대역폭	99 % 점유대역폭 값 이상
비디오 대역폭	분해능 대역폭과 같은 값
검출 모드	첨두 검출(peak detect) 모드
표시 모드	Clear Write 모드
스윙 횟수	연속 스윙

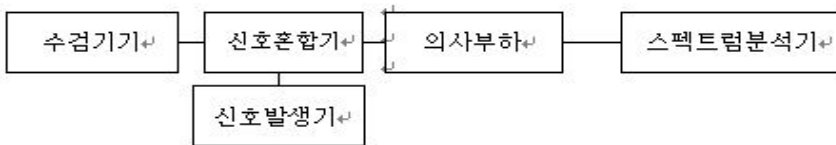
- b) 신호발생기의 주파수는 반송주파수로, 신호세기는 수검기기의 입력단 기준에 -85 dBm이 되도록 설정한다.
- c) 신호발생기의 변조를 주파수 1 kHz, 주파수 편이 75 kHz인 주파수 변조로 설정한다.
- d) 신호발생기의 출력을 끄고 수검기기를 송신상태로 하여 스펙트럼분석기로 전파가 발사되는 것을 확인한다.
- e) 신호발생기의 출력을 켜고 수검기기의 전파 발사 상태를 확인한다.
- f) d)와 e) 과정을 3 회 이상 반복 측정하고 결과를 기록한다.
- g) 전파 발사 상태에서의 송신시간과 휴지시간은 H.2.8에 따라 측정한다.
- h) 송신전 수신시간은 제조사의 제출자료로 확인할 수 있다.

H.2.10 인접대역 무선마이크 신호감지 시 송신중단 (기술기준 제8조제8항)

H.2.10.1 일반사항

점유주파수대역폭 별로 최상단 채널에서 시험한다.

H.2.10.2 시험구성도



H.2.10.3 시험절차

- a) 스펙트럼분석기를 다음과 같이 설정한다.

중심 주파수	반송주파수
스윙 주파수폭	0 Hz
분해능 대역폭	99 % 점유대역폭 값 이상
비디오 대역폭	분해능 대역폭과 같은 값
검출 모드	첨두 검출(peak detect) 모드
표시 모드	Clear Write 모드
스윙 횟수	1회

- b) 신호발생기의 중심주파수를 다음과 같이 설정한다.

USN 채널 대역폭	USN 채널의 중심주파수로부터 이격 주파수
1 MHz	$\pm 0.6 \text{ MHz}, \pm 2.4 \text{ MHz}$
2 MHz	$\pm 1.1 \text{ MHz}, \pm 2.9 \text{ MHz}$
비고 무선마이크 주파수대역 925 ~ 937.5 MHz 내에서만 시험한다	

- c) 신호발생기의 신호세기는 수검기기의 입력단 기준에 -85 dBm이 되도록 설정한다.
- d) 신호발생기의 변조를 주파수 1 kHz, 주파수 편이 75 kHz인 주파수 변조로 설정한다.
- e) 신호발생기의 출력을 끄고 수검기기를 송신상태로 하여 스펙트럼분석기로 전파가 발사되는 것을확인한다.
- f) 신호발생기의 출력을 켜고 수검기기의 송신이 중단될 때까지의 시간을 측정하고 측정값을 기록한다.
- g) 신호발생기의 중심주파수를 b)에서 규정한 이격 주파수 별로 변경하여 c) ~ f)를 반복한다.

제4절 TVWS 데이터통신용 무선기기 시험방법 (부속서 I)

규제샌드박스 및 실증특례를 통해 TVWS 기술기준이 개정됨에 따라 시험방법을 개정하였다. 원칙적으로 TVWS 기기는 고정형과 이동형으로 나뉘고 출력기준도 다르지만(고정형기기 출력 1W, 이동형기기 출력 0.1W), 정해진 구역에서만 운행하는 선박, 모노레일에 한하여 제한된 조건을 만족하는 상황에서만 고정형기기를 예외적으로 사용할 수 있도록 하였다. 주요 내용으로는 TVWS 기기의 위치정보가 기존의 한 개 좌표(위도, 경도)에서 영역정보(4개지점 위도, 경도 좌표)로 확대되었고, 서비스 영역을 벗어나는 경우 즉시 송신을 중단하도록 하였다.

[표 3.3] KS X 3123 부속서 I 개정안

I.1 일반적 사항

I.1.2.2 고정형 슬레이브 기기

고정된 위치에 설치되는 기기로서, 자체적으로 위치 확인이 가능하나, DB에 접속할 수 없는 장치이며 등록된 고정형 마스터기기를 통해 DB에 접속해야 한다. (선박, 모노레일에 설치되는 고정형 기기를 포함한다.)

I.2 고정형 기기 DB 등록

I.2.1 시험개요

DB에 신청된 기기의 정확한 등록 정보를 제공하는지 여부를 확인한다. 신청된

기기는 다음의 정보를 DB에 제공하며, DB로부터 가용채널 정보를 받을 수 있어야 한다.

- a) 일련 번호
- b) 적합성평가 식별부호(이하, 식별부호)
- c) 모델명
- d) 기기유형
- e) 기기 최대 출력 값
- f) 위치정보
- g) 안테나 높이정보
- h) 관리자 정보(이름, 주소, 전화번호, e-mail 등)
- i) 구역 정보(선박, 모노레일에 설치되는 고정형 슬레이브 기기에 한함)

1.2.3 시험항목

시험항목은 다음과 같다.

- a) 정상적인 등록정보
- b) 가용채널이 없는 경우 송신 여부
- c) 최대 안테나 높이
- d) 관리자 정보 누락
- e) 잘못된 최대출력정보
- f) 서비스 영역을 벗어나면 송신중단 여부
- g) 주기적인 정보 송신 여부

1.2.4 시험절차

1.2.4.1 정상적인 등록정보

- a) 관리 소프트웨어의 아래의 항목들에 시험값들을 입력한다.

항목	시험값	비고
일련번호	000000000000000000	
식별부호	R-00-000-0000000000	
모델명	000000000000000000	
기기유형	"Fixed Master", "Fixed Slave"	
기기최대출력 값	기기 최대 출력에 대한 값을 dBm 단위로 입력	
위치정보	위도, 경도	WGS84 좌표계
안테나 높이 정보	30 미터 이하 값(m)	지상고도 기준
관리자 정보	이름, 주소, 전화번호, e-mail	
구역 정보*	4개지점 영역좌표(위도, 경도)	고정형 슬레이브

* 구역 정보는 선박, 모노레일에 설치되는 고정형 슬레이브 기기에 한함

- b) DB 접속을 한다.
- c) 가용채널을 받아서 사용채널을 선택한다. (자동 혹은 사용자 선택)
- d) 측정장치에 선택된 채널의 출력이 나오는지 확인하고 DB 접속 로그에 입력한 정보와 일치하지 확인한다.

1.2.4.2 가용채널이 없는 경우 송신 여부

- a) 관리 소프트웨어에 가용채널이 없는 위치좌표(위도, 경도) 또는 구역정보(4개지점의 위도, 경도)를 입력한다. (구역정보는 선박, 모노레일에 설치되는 고정형 슬레이브 기기에 한함)
- b) DB 접속을 한다.
- c) DB로부터 가용채널이 없음을 확인한다.
- d) 측정기기에 출력신호가 나오지 않음을 확인한다.

1.2.4.5

서비스 영역을 벗어나는 경우 송신중단 여부 (선박, 모노레일에 설치되는 고정형 슬레이브 기기에 한함)

- a) 관리 소프트웨어에 이동체의 운행구역을 포함하는 서비스영역 좌표 정보를 입력한다.
- b) DB 접속을 한다.
- c) DB로부터 가용채널을 받아서 사용채널을 선택한다. (자동 혹은 사용자 선택)
- d) 측정기기에 출력신호가 나오는 것을 확인한다.
- e) 관리 소프트웨어에 서비스영역 외부의 GPS 좌표를 입력한다.
- f) 측정기기에 출력신호가 나오지 않음을 확인한다.
- g) 관리 소프트웨어에 서비스 영역을 벗어나는 경우 DB 접속을 하지 못하도록 하는 기능이 있다면 시험방법의 대체가 가능하다.

1.2.4.6 주기적 정보 송신 여부 (선박, 모노레일에 설치되는 고정형 슬레이브 기기에 한함)

- a) 관리 소프트웨어에 DB 정보 전송주기와 이에 필요한 설정값을 입력한다.
- b) DB 접속을 한다.
- c) DB로부터 가용채널을 받아서 사용채널을 선택한다.
- d) 설정된 주기마다 DB에 점검 신호를 송신하는지 확인한다.
- e) 관리 소프트웨어에 서비스 영역에서 DB 접속하여 이동체에 설치된 고정형 기기의 주기적 정보 송신 여부를 확인하는 기능이 있다면 시험방법의 대체가 가능하다.

제5절 전계강도 및 자계강도 시험방법 (부속서 L)

전계강도(자계강도) 시험은 원칙적으로 주파수 1GHz 이상에서는 3m 거리에서 측정하도록 되어 있으나, 신호의 세기가 작아 규정된 3m에서 측정이 어려울 경우가 많아 보완해야 한다는 의견이 있어 거리를 단축하여 측정하고 보상하는 방법을 추가하였다. 그리고, 미약전계강도 무선기기의 경우에 위낙 전파 세기가 낮다 보니 제어부나 디스플레이 등 무선기능 외에서 발생하는 전파로 인해 불요발사 시험에 애로사항이 있었다. 무선기능 동작 시 발생하는 것만 적용하도록 하고, 15MHz 이하의 주파수에 대해 $6\pi/\lambda$ 을 곱하여 적용하는 항목을 제외하기로 했다.

[표 3.4] KS X 3123 부속서 L 개정안

L.1 일반사항

- ‘신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준’ (이하 기술기준)의 제5조, 제6조, 제7조제1항, 제7조제6항, 제8조제3항에 따른 무선설비에 적용한다.
- 정격전압은 이 표준의 **부속서 E**(전파법 시행령 제25조제4호에 따른 무선설비의 정격전압 적용)를 따른다.
- 안테나 이득 및 시험단자는 이 표준의 **부속서 F**(전파법 시행령 제25조제4호에 따른 무선설비의 안테나 이득 및 시험단자 적용)를 따른다.
- 불요발사 측정 시 피시험기기의 측정 축은 X, Y, Z 축 중에 기본파의 최대 값이 측정된 축에서 측정한다.
- 불요발사는 해당 무선기능(RF) 동작 시 발생한 것만 적용하며, 불요발사와 기본파의 측정값을 비교할 때는 15MHz 이하의 주파수에 대한 $6\pi/\lambda$ 을 적용하지 않은 값으로 한다.

L.3 30MHz 미만의 주파수에서 전계강도 시험절차

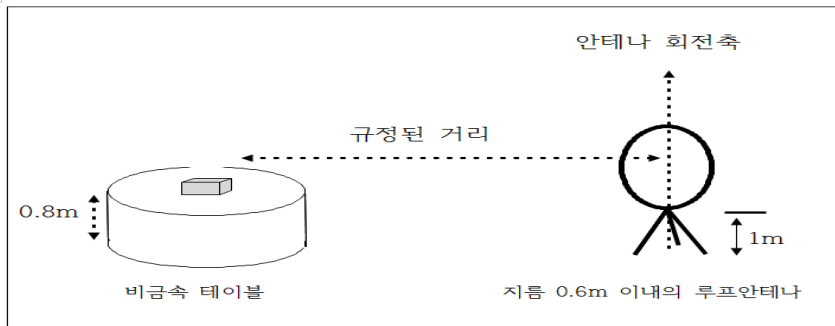


그림 L.1 — 시험장 구성도

- a) 방사성 방해 측정은 피시험기기의 경계로부터 L.2.2 b)의 루프안테나의 루프중심까지 수평으로 규정된 거리만큼 떨어진 지점.
- b) 루프안테나의 바닥면은 접지면 위 1 m로 고정한다.
- c) 회전테이블 중심으로부터 0.8 m 높이에 피시험기기를 설치한다.
(단, 바닥 설치형 피시험기기는 수평기준 접지면에 설치하여, 접지면과 절연물로 절연시켜야 한다)
- d) 측정기기는 아래와 같이 설정하고 피시험기기의 X, Y, Z축의 최대값을 측정한다.(단 고정형 기기는 통상 사용하는 1개의 축에서만 실시할 수 있다)
 - 측정주파수 대역에 따라 분해대역폭은 주파수 9 kHz ~ 150 kHz에서 200 Hz, 150 kHz ~ 30 MHz에서 9 kHz를 적용한다.
 - 검출모드는 준첨두치(Quasi-peak)로 한다.
- e) 회전테이블은 360° 회전해야하고, 루프안테나는 시험대상기기와 안테나의 루프면이 수평/직교가 되도록 그림 L.1의 회전축을 기준으로 회전하여 각 각 측정한다.
- f) 기본파의 출력이 낮아 불요발사전계강도 최대값을 비교하기 힘들 경우 KSC 9816-1-4에서 정의된 모노폴(Rod)안테나 등을 사용하여 확인할 수 있다.

L.4 30MHz ~ 1000 MHz 주파수에서 전계강도 시험절차

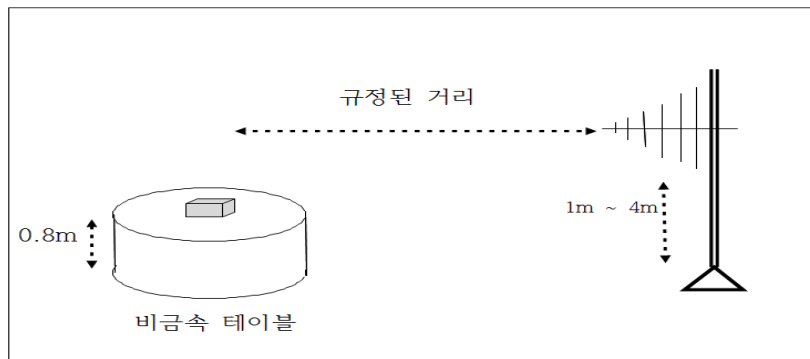


그림 L.2 — 시험장 구성도

- a) 전계강도는 피시험기기의 경계로부터 규정된 거리에서 측정한다
- b) 안테나의 중심점은 접지면 위 1 m로 고정 한다.
- c) 회전테이블 중심으로부터 0.8 m 높이에 피시험기기를 설치한다.
(단, 바닥 설치형 피시험기기는 수평기준 접지면에 설치하여, 접지면과 절연물로 절연시켜야 한다)
- d) 측정기기는 아래와 같이 설정하고 피시험기기의 X, Y, Z축의 최대값을 측정한다.
(단 고정형 기기는 통상 사용하는 1개의 축에서만 실시할 수 있다)
 - 분해대역폭은 120 kHz를 적용한다.
 - 검출모드는 준첨두치(Quasi-peak)로 한다.

- e) 회전테이블은 360° 회전해야 하고, 안테나는 그림 L.2의 수평/수직, 1m에서 4m까지 변화 시키면서 측정한다.

L.5 1000 MHz 이상의 주파수에서 전계강도 시험절차

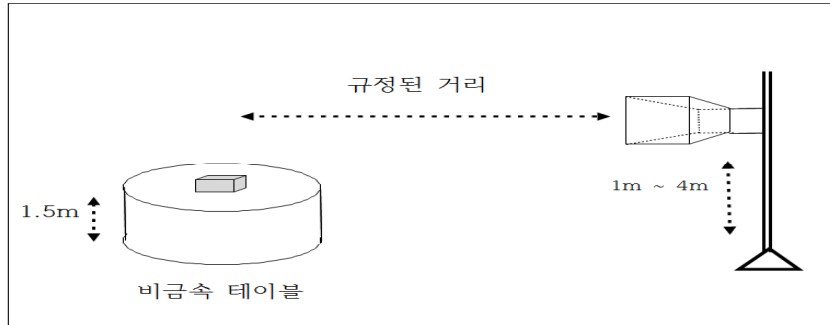


그림 L.3 — 시험장 구성도

- 전계강도는 피시험기기의 경계로부터 규정된 거리에서 측정한다
- 안테나의 중심점은 접지면 위 1 m로 고정한다.
- 회전테이블 중심으로부터 1.5 m 높이에 피시험기기를 설치한다.
(단, 바닥 설치형 피시험기기는 수평기준 접지면에 설치하여, 접지면과 절연물로 절연시켜야 한다)
- 측정기기는 아래와 같이 설정하고 피시험기기의 X, Y, Z축의 최대값을 측정한다.
(단 고정형 기기는 통상 사용하는 1개의 축에서만 실시할 수 있다)
— 분해대역폭은 1 MHz를 적용한다.
— 검출모드는 첨두치(peak)로 한다.
- 회전테이블은 360° 회전해야 하고, 안테나는 그림 L.3의 수평/수직, 1 m에서 4 m까지 변화시키면서 측정한다.

L.6 9kHz ~ 30MHz 주파수에서 자계 유도식 무선기기 시험절차

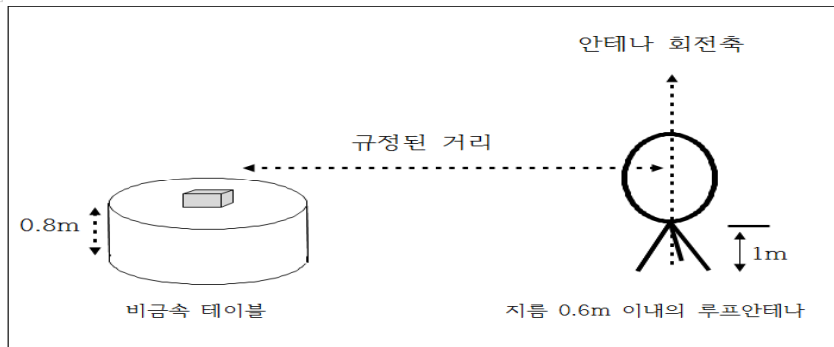
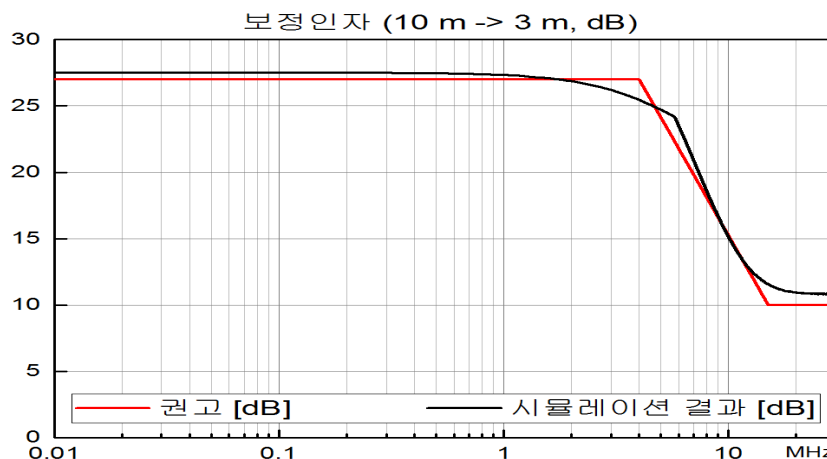


그림 L.4 — 시험장 구성도

- a) 자계강도는 피시험기기의 경계로부터 루프안테나의 루프중심까지 수평으로 규정된 거리에서 측정한다.
- b) 루프안테나의 바닥면은 접지면 위 1 m로 고정 한다.
- c) 회전테이블 중심으로부터 0.8m 높이에 피시험기기를 설치한다.
(단, 바닥 설치형 피시험기기는 수평기준 접지면에 설치하여, 접지면과 절연물로 절연시켜야 한다)
- d) 측정기기는 아래와 같이 설정하고 피시험기기의 X, Y, Z축의 최대값을 측정한다.
(단 고정형 기기는 통상 사용하는 1개의 축에서만 실시할 수 있다)
— 분해대역폭은 주파수 9 kHz ~ 150 kHz에서 200 Hz, 150 kHz ~ 30 MHz에서 9 kHz를 적용한다.
— 검출모드는 준첨두치(Quasi-peak)로 한다.
- e) 회전테이블은 360° 회전해야하고, 루프안테나는 시험대상기기와 안테나의 루프면이 수평/직교가 되도록 그림 L.4의 회전축을 기준으로 회전하여 각각 측정한다.
- f) 자계 유도식 무선 기기 시험시 전계강도 측정 장비를 사용할 경우 dB μ A/m로 변환하여 기록하며 변환 계수는 -51.5 dB를 적용한다
- g) 30 MHz ~ 1000 MHz 스퓨리어스 영역에서의 불요발사는 L.4의 시험절차를 준용한다.

L.7 전계강도 및 자계강도 측정시 거리보상값 적용

- a) 규정된 측정거리 10 m 에서 측정할 수 없는 경우에는 3 m 에서 측정한 후 그림 L.5의 보정인자 그래프 및 표를 적용하여 보정인자를 실측값에 보상할수 있다. 이경우 보상과정을 시험 성적서에 명시하여야 한다.



주파수 [MHz]	보정인자 [dB]
0.01 (혹은 0.009)	27
4	27
4 ~ 15	$-29.62 \times \log(f) + 44.83$
30	10

(출처 : CISPR TR 16-4-4 TECHNICAL REPORT 2017-06 Annex B)

그림 L.5 — 측정거리가 3 m인 경우의 보정인자 그래프 및 표

- b) 30 MHz ~ 1 000 MHz 의 주파수에 대하여 측정거리를 10 m에서 3 m로 변경하여 측정한 경우에는 10 dB의 보정인자를 실측값에 보상한다.
- c) 150 kHz 이하의 주파수를 사용하는 자계 유도식 무선 기기의 기본파는 다음 방법의 거리보상값을 적용할 수도 있다.
- 자계 강도 측정 시 피시험 기기와 수신 안테나 사이의 거리는 10 m를 기준으로 하며 10 m에서 측정할 수 없는 경우에는 거리 d m에서의 실측값 (H_d)에 $H_{10} = H_d + 60 \log(d / 10)$ 를 보상한다. 이때, 실제 측정 거리에서 측정한 값과 보상 과정을 시험 성적서에 명시하여야 한다.
- d) 1000 MHz 이상의 주파수에 대하여 3m 거리에서 측정이 어려운 경우, 3m 이내의 거리에서 측정할 수 있으며 측정값에 $20\log(d/3)$ 를 보정하여 최종값을 성적서에 명시한다. 여기서 d 는 측정거리(단위: m)이다.



제4장

결론

제4장 결 론

2020년 10월에 시행된 국내 6GHz Wi-Fi 는 기존 2.4GHz 와 5GHz Wi-Fi 에 비해 실내 사용 등 공간의 제약이 있고 복사전력도 낮아 원활한 Wi-Fi 서비스의 한계가 있었다. 대중교통 내에서의 차세대 Wi-Fi 인프라 구축은 기술선점과 시장확보에 큰 영향을 미친다. 지하철 내의 6GHz Wi-Fi 허용은 Wi-Fi 서비스 확대의 신호탄으로 국민의 통신비 절감, 관련 업계 성장에 기여를 할 것이라 기대된다. 국립전파연구원은 주파수공동사용시스템 구축 등 앞으로 지속적인 Wi-Fi 서비스 확대를 위해 노력할 것이다.

무선마이크와의 간섭영향을 최소화할수 있는 방향으로 기술기준이 마련되었다. 광대역 사물인터넷(IoT) 서비스가 보편화되면 영상전송이 가능하여 다양한 활용 가치가 있지만 그만큼 보안에 대한 대책 마련도 필요하다. 실제로 가정용 월패드, 아기 모니터링 카메라 등 사물인터넷(IoT) 환경에서 보안취약점을 이용해 가정 내부영상들이 유출하는 등의 문제가 발생되고 있다.

70GHz 대역 물체감지센서는 애초에 인체를 대상으로 사용하는 목적이기에 인체 영향에 대한 우려가 있었지만, 40GHz 의 넓은 대역폭을 사용할 수 있어 낙상 등 노약자, 환자의 안전에 적지 않은 기여를 할 것으로 기대된다. 지속적인 기술 발전으로 앞으로 심장 박동 등 신체 미세신호 변화를 감지할 수 있다면 1인 가족의 증가로 인한 사회문제 해결에도 도움이 될 것이다.

고정형 기기를 선박, 모노레일에 한해서만 사용할 수 있다는 개정된 기술기준은 일견 이해되지 않을 수 있다. 그래서 개정안 마련 과정에서도 많은 의견들이 개진되었고 우여곡절 끝에 시행하게 되었으나, 향후에도 유사한 사례가 발생할 가능성이 높은 서비스이다. GPS를 사용할 수 없는 환경에서의 사용 가능성 등 고려하고 개선해야 할 사항들이 예상된다.

국가표준인 시험방법(KS X 3123)은 국립전파연구원으로부터 시험업무를 위임 받은 지정시험기관에서 반드시 따라야 하는 규정이다. 기술이 발전하고 새로운 유형의 기기가 개발되고 국내외 환경이 변화하므로 시험방법 역시 끊임없이 개선되어야 한다. 정책과 현장의 괴리가 생기지 않도록 정기적인 연구반 회의가 필요하다.

비면허 주파수를 사용하는 무선기기는 새로운 산업을 만들어내고 개인의 생활을 편리하고 멋스럽게 바꿀 수 있다. 국립전파연구원은 해외시장에서 우리 기업이 선점할 수 있도록 그리고 국내시장에서 중소기업이 새로운 먹거리 창출을 할 수 있도록 노력하고 있으며, 본 연구결과를 바탕으로 비면허 분야의 새로운 통신기술이 발전하여 대한민국의 4차산업혁명에 기여하기를 희망한다.

[참고문헌]

- [1] 신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준, 과학기술정보통신부 고시
- [2] 무선설비 적합성평가 시험방법(KS X 3123), 국립전파연구원
- [3] FCC 20-51, Federal Communications Commission. Apr 2020
- [4] 2021 Global Regulatory and AFC Update, Wi-Fi alliance. Jun 2021
- [5] <https://digital-strategy.ec.europa.eu>
- [6] Improving spectrum access for Wi-Fi spectrum use in the 5 GHz and 6 GHz bands, Ofcom, 2020.7.
- [7] 5G+ 스펙트럼 플랜, 과학기술정보통신부, 2019.12.
- [8] 5G 28GHz를 통해 지하철 와이파이 속도 업! 업!! 업!!!, 과학기술정보통신부, 2021.9.29.
- [9] 6GHz대역의 특수환경 고속이동체 간섭분석에 관한 연구, 공주대학교, 2021
- [10] Recommendation ITU-R P.525-4, “Calculation of free-space attenuation”, 2019.8.
- [11] Recommendation ITU-R P.1411-10, “Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radiocommunication system and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz” . 2019.8.
- [12] Recommendation ITU-R F.758-6, “System parameters and considerations in the development of criteria for sharing or compatibility between digital fixed wireless systems in the fixed service and systems in other services and other sources of interference” . 2015.9.
- [13] 박태형, 사물인터넷 시장 및 주요기업동향, 월간SW중심사회, 2019.1
- [14] 사물인터넷 기술동향, 사물인터넷표준연구실, 2020.7.
- [15] <https://www.tvws.kr>
- [16] “TVWS 관련 ICT 규제샌드박스 추진현황”, 한국전파진흥협회, 2019. 12

5G+ 확산 신산업 생활주파수 이용제도 개선 연구



국립전파연구원

National Radio Research Agency

(58323) 전남 나주시 빛가람로 767

발행일 2022. 4.

발행인 서 성 일

발행처 과학기술정보통신부 국립전파연구원

전 화 061) 338-4414

인 쇄 다우프린팅

Tel. 062) 952-2033

ISBN : 979-11-5820-205-7

<비매 품>

주 의

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