

발간등록번호

11-1721137-000150-01

주파수 이용 효율 개선을 위한 공동사용 제도개선 방안 연구

2023. 11.



국립전파연구원

National Radio Research Agency

스펙트럼인사이트연구소



제 출 문

본 보고서를 「주파수 이용 효율 개선을 위한 공동사용 제도개선 방안 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023. 11. 30.

연구책임자 : 최주평 (스펙트럼인사이트연구소)

연 구 원 : 이해선 (스펙트럼인사이트연구소)

요 약 문

1. 과 제 명 : 주파수 이용 효율 개선을 위한 공동사용 제도 개선 방안 연구
2. 연구 기간 : 2023년 4월 24일 ~ 11월 30일
3. 연구책임자 : 최 주 평
4. 계획 대 진도
 - 가. 월별 추진내용

세부연구내용	연구자	월별 추진일정								비 고	
		4	5	6	7	8	9	10	11		
1. 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석	최주평 이혜선	■									
• 주요국 주파수 공동사용 법·제도 도입현황 조사·분석		■									
• 정책적/기술적 주파수 공동사용 방식 조사·분석		■									
• 주요 대역 공동사용 도입현황 조사·분석		■									
2. 주파수 공동사용 제도적 기반 구축		■									
• 국립전파연구원의 역할 강화 방안		■									
• 주파수 공동사용 사용자 허가체계 개선방안 연구		■									
• 미래 지능형 주파수 공동사용 도입 대응을 위한 연구개발 현황 조사·분석		■									

3. 전문가 자문위원회 운영, 전문가 세미나									
• 산학연 전문가 Pool 구성									
• 자문위원회 운영 (2회 개최)									
• 전문가 세미나 (1회 개최)									
4. 착수 보고회	최주평								
5. 중간 보고서	이혜선								
6. 최종 보고서									
분기별 수행진도 (%)		30		70		100			

나. 세부 과제별 추진사항

1) 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석

- (주요국 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석) 미국(FCC, NTIA), 영국(Ofcom), 일본(총무성), 유럽연합의 주파수 공동사용 제도 도입 현황 조사
- (주파수 공동사용 방식 조사·분석) 미국, 영국, 일본에서 추진되는 주파수 공동사용 방식(기술적 방식, 조정기반 방식) 제도 도입 현황 조사
- (주요 대역 공동사용 도입 현황 조사·분석) 하위 중대역에서 밀리미터파 대역 범위에 이르기까지의 주파수 공동사용 도입 대역 현황 조사·분석

2) 주파수 공동사용의 제도적 기반 구축

- (현시점에서의 국립전파연구원의 역할 분석) 국립전파연구원 현행 관련 업무 파악 등
- (국립전파연구원 역할 강화 방안) 주파수 공동사용 운영·관리 역량 제고를 위한 임무 확대 방안 등
- (다계층 주파수 공동사용 허가제도 개선방안) 주파수 공동사용 무선국 허가제도 개선을 위한 사용자 계층 정의 등

3) 전문가 자문위원회 2회 개최, 전문가 세미나 1회 개최

- (전문가 자문위원회) 주파수 공동사용 관련 기술개발 향후 연구 추진방안 자문을 위한 전문가의 자문위 참여
 - (자문위 참여 전문가) 숭실대 이원철 교수, 공주대 이일규 교수, 서울시립대 이문규 교수 및 국립전파연구원 담당관
- (전문가 세미나) 5G NTN(Non-Terrestrial Network) 주파수 현황, 기술개발 및 서비스, 공존 연구 추진현황 등

4) 추가 연구내용

- (주파수 공동사용 기술 연구개발 현황 조사·분석) 위치정보 DB/센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼 및 조정기반 주파수 공동사용 플랫폼 조사·분석
- (주파수 공동사용 기술 연구개발 후보 도출) 'Pre-6G' 주파수 공동사용 후보기술 8개(안) 도출

5. 연구결과

1) 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석

- (주요국 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석) 미국(FCC, NTIA), 영국(Ofcom), 일본(총무성), 유럽연합의 주파수 공동사용 제도 도입 현황 조사 수행
 - 하위 중대역(Lower Mid-Band) 3GHz 이하, 상위 중대역(Upper Mid-Band) 3~24GHz 범위, 24GHz 대역 이상의 밀리미터파 대역(mmWave) 각각에 대한 주파수 공동사용 제도 도입 현황 조사·분석 수행
 - 최근 이슈인 미국의 저궤도 위성 서비스 간의 주파수 공동사용 제도 도입현황 조사·분석 수행
- (주파수 공동사용 방식 조사·분석) 미국, 영국, 일본의 주파수 공동사용 방식(기술적 방식, 조정기반 방식 등) 제도 도입현황 조사·분석
 - CBRS 등 DB와 센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼, 미국 3.45~3.55GHz 대역, 영국 공유접속면허 대역 등의 조정기반 주파수 공동사용 플랫폼 적용 현황 조사·분석
- (주요 대역 공동사용 도입현황 조사·분석) 하위 중대역에서 밀리미터파 대역 범위에서 주파수 공동사용 도입 대역 현황 조사·분석 수행

2) 주파수 공동사용의 제도적 기반 구축

- (현재의 국립전파연구원의 역할 분석) 국립전파연구원 업무 파악, 전파법에서의 위임받은 권한, 주파수 공동사용 관련 업무와의 연관성 분석 등
- (국립전파연구원 역할 강화 방안) 주파수 공동사용 운영·관리 역량 제고를 위한 임무 확대, 전파법상의 법정 계획 강화, 전파 관련 정책 활성화를 위한 협의 강화 방안 및,
- 경제성 관점의 분석을 통한 의사결정 지원, 국립전파연구원 내에 주파수 공동사용 전담 조직 설치, 모의 운영을 위한 테스트베드 설치, 운영·관리 지침서 등 세부 실행 규정 마련, 운영 방식 등 세부 기술 정보 공지 제도화, 운영·관리를 위한 권역 설정 방안 등
- (다계층 주파수 공동사용 허가제도 개선방안) 주파수 공동사용 무선국 허가제도 개선을 위한 사용자 계층 정의, 기술적 기법, 주파수 대역 수요 조사 및 공동사용 주파수 대역의 지정 및,
- 허가 방식에 의한 할당, 가격 경쟁 방식에 의한 주파수 할당 및 중소기업 별도 할당, 주파수 공동사용 허가 절차 등

3) 전문가 자문위원회 2회 개최, 전문가 세미나 1회 개최

- (전문가 자문위원회) 향후 주파수 공동사용 관련 기술개발을 위한 연구방안 논의를 위한 전문가 자문위 개최
- (전문가 세미나) 5G NTN(Non-Terrestrial Network) 주파수 현황, 기술개발 및 서비스, 공존 연구 추진현황 등

4) 추가 연구내용

- (주파수 공동사용 기술 연구개발 현황 조사·분석) 위치정보 DB/센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼 및 조정기반 주파수 공동사용 플랫폼 조사·분석
- (Pre-6G 주파수 공동사용 기술 연구개발 후보 도출) 'Pre-6G' 주파수 공동사용 후보기술 8개(안) 도출

6. 기대효과

- (기술적 측면) 효율적 주파수 이용정책에 부합하는 중장기 6G 정책 및 기술개발 방향 수립, 주파수 관리 기술(주파수 자원분석시스템 등) 고도화 등에 활용 가능
- (경제적 측면) 지속적으로 증가하는 디지털 데이터 수요와 무선 연결성 확대 상황에 대한 정책적 대응을 통해 디지털 시대 혁신 도모가 가능한 유연한 주파수 이용체계 확보
- (사회·산업적 측면) AI, 데이터 중심의 디지털 경제 전환을 추구하는 공공, 민간의 협업을 통해 주파수 공동사용 확대에 따른 대시민 '디지털 복지' 서비스 확대 가능
- (후속연구의 필요성) 본 연구를 통해 정부의 신규 주파수 대역 발굴 및 기존 주파수의 이용효율 제고를 위한 주파수 공동사용 제도개선을 위한 방향성 정립, 이를 구체화하기 위한 세부업무 정의 등 고도화 연구 수행 필요
 - ※ (후속연구 주제 사례) 중장기 주파수 공동사용 기본계획 및 이행 방안, 국립전파연구원 업무 체계 및 범위 구체화, 주요국의 주파수 거래(임대 등) 정책 현황 조사 및 국내 적용방안, 공동사용 참여 인센티브 제도 연구, 고해상 간섭분석 연구 등.

7. 기자재 사용 내용 : 해당사항 없음

8. 기타사항 : 해당사항 없음

최종보고서 초록

국문 초록		
<p>본 연구는 국외 주요국의 주파수 공동사용 법·제도 및 주파수 공동사용 운용 플랫폼과 기술, 주요 주파수 대역에서의 주파수 공동사용 추진 현황에 대한 조사·분석을 수행하였다.</p> <p>이와 함께 국내 주파수 공동사용을 추진함에 있어 국립전파연구원의 역할 강화 방안, 주파수 공동사용 이용을 고려한 허가체계 구축(안)에 대해 제시하였다.</p> <p>마지막으로 국립전파연구원에서 참조 가능한 주파수 공동사용과 관련한 중장기 연구방안 논의를 위한 자문위원회를 개최하였으며, 전문가 세미나 개최를 통해 최근 이슈가 되고 있는 위성통신 중심의 비지상망에 대한 표준개발 및 정책 추진현황 등에 대한 사례를 제시하였다.</p>		
영문 초록		
<p>This study conducted research and analysis on the spectrum sharing use laws and systems of major countries, spectrum sharing operation platforms and technologies, and the current status of spectrum sharing promotion in major frequency bands.</p> <p>In addition, in promoting the domestic spectrum sharing, a plan to strengthen the role of the National Radio Research Agency and the establishment of a radio station license system considering the spectrum sharing were presented.</p> <p>Lastly, an advisory committee was held to promote mid/long-term research and development related to the spectrum sharing for the National Radio Research Agency. Also, by an expert seminar, the status of standards development and policy promotion for non-terrestrial networks centered on satellite communication, were presented.</p>		
색 인 어	한글	주파수 공동사용, 비지상망
	영문	Spectrum Sharing, Non-Terrestrial Network

SUMMARY

본 보고서에서 제시한 장별 주요 내용은 다음과 같다.

- (제1장 개요) 본 연구의 연구목표 및 추진경과 소개
- (제2장 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석) 주요국의 주파수 공동사용 법·제도 도입현황, 주파수 공동사용 방식(플랫폼 형태 및 관련 적용 기술) 내용 소개*
 - * 미국, 영국, 일본, 유럽연합의 주파수 공동사용 제도도입 현황, 중대역, mmWave 대역에서의 주파수 공동사용 추진 현황, 저궤도 위성 서비스 간 주파수 공동사용을 위한 정책추진 현황 등
- (제3장 주파수 공동사용 제도적 기반 구축) 국내 주파수 공동사용을 추진함에 있어 국립전파연구원의 역할 강화 방안, 국내 주파수 공동사용 무선국 허가체계 개선방안 제안, AI 기술 활용 등 미래 주파수 공동사용 관련 연구개발 현황 내용 소개*
 - * 국립전파연구원의 현행 업무 분석, 주파수 공동사용 운용관리를 위한 임무 확대 방안, 의사결정 지원 방안, 전담 조직 설치 방안 등 제안
- (제4장 전문가 자문위원회, 전문가 세미나 추진 내용) 향후 주파수 공동사용 관련 연구방안 논의 내용, 전문가 세미나 발표 내용 소개
- (제5장 결론 및 시사점) 본 보고서 제시 내용 요약, 향후 주파수 공동사용과 관련한 연구 및 정책개발 등 추진 필요 내용 제안

목 차

표 목 차	12
그림목차	13
제 1 장 개요	15
제 1 절 연구목표	15
제 2 절 추진경과	18
제 2 장 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석	19
제 1 절 주요국 주파수 공동사용 제도 도입 현황	19
제 2 절 주요국 주파수 공동사용 방식(기술 등) 조사·분석	74
제 3 장 주파수 공동사용 제도적 기반 구축	88
제 1 절 국립전파연구원 역할 강화 방안	88
제 2 절 주파수 공동사용 허가체계 개선 방안	108
제 3 절 미래 주파수 공동사용 도입 대응을 위한 연구개발 현황 조사·분석	112
제 4 장 전문가 자문위원회, 전문가 세미나 추진 내용	124
제 1 절 전문가 자문위원회 추진 내용	124
제 2 절 전문가 세미나 주요 내용	125
제 5 장 결론 및 시사점	128

표 목 차

표 1-1 세부 연구 내용별 추진일정	18
표 2-1 NTIA의 국가 스펙트럼 전략 개발 의견수렴 내용 ..	21
표 2-2 3GPP NTN 논의 대역	34
표 2-3 CPA 및 PUA 정의	41
표 2-4 CBRS 제도 도입 추진이력	45
표 2-5 Wi-Fi 6E 이용 대역 및 형태, 간섭보호 대상	50
표 2-6 Wi-Fi 6E 기기 클래스별 방사전력 크기 비교	51
표 2-7 12GHz 대역 주파수 분배 추진현황	53
표 2-8 공유접속면허 대역에서의 저출력 무선국 기술기준 ..	62
표 2-9 공유접속면허 대역에서의 중간출력 무선국 기술기준	62
표 2-10 26GHz 공유접속면허 대역에서의 무선국 기술기준 ..	63
표 2-11 향후 공유접속면허 대역 이용방식 제안 주요내용 ..	64
표 2-12 28GHz 대역에서의 세부 이용 가능 대역	65
표 2-13 비행 이동체의 주파수 공동사용 모의실험을 위한 통신 방식 및 주파수 대역, 모의실험 범위	69
표 2-14 모의실험 파라미터 종류 및 설정 값	69
표 2-15 DB 및 센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼 비교 ..	80
표 3-1 국립전파연구원의 관장 업무 종류	88
표 3-2 국립전파연구원이 위임받은 권한	89
표 3-3 주파수 할당 기법에 관한 연구 책무	90
표 3-4 전파진흥기본계획 관계 법령	92
표 3-5 국립전파연구원의 현행 임무 및 추가 제안 임무(안)	93
표 3-6 전파법의 주파수 공동사용 시행 근거	94
표 3-7 전파법 시행령 개정안	94
표 3-8 전파법 제8조 제3항 제4호 내용	97

그림 목 차

그림 1-1 연구목표	17
그림 2-1 위성과 지상 단말(스마트폰 및 IoT) 직접통신 서비스 현황	33
그림 2-2 3GPP NTN의 위성 표준 개발 분류	34
그림 2-3 3GPP NTN 주파수와 인접하는 타 분배 주파수 현황	35
그림 2-4 미국 상위 중대역의 주파수 공동사용 도입 또는 후보 대역	35
그림 2-5 3.1~3.45GHz 대역 균 주파수 이용 현황	36
그림 2-6 3.45~3.55GHz 대역의 대역외방사 기준(안)	39
그림 2-7 3.45~3.55GHz 대역 CPA와 PUA 영역 지정 현황 ·	40
그림 2-8 3.45~3.55GHz 대역 이용 조정 절차	42
그림 2-9 IPIC 처리 과정도 및 웹 포털 주요 화면	43
그림 2-10 DPA 적용 단계별 시나리오	45
그림 2-11 6GHz 대역 Wi-Fi 이용을 위한 AFC 이용 체계 ·	49
그림 2-12 6GHz 대역 Wi-Fi 도입 주요 추진현황	50
그림 2-13 퀄컴의 lower 37GHz 대역 주파수 공동사용 방식 운영 과정	55
그림 2-14 영국의 900MHz, 2.6GHz 대역에서 이중망간 공동사용을 위한 조정절차	59
그림 2-15 영국의 공유접속면허의 공간적 이용 개념도	61
그림 2-16 일본의 드론 탑재 휴대전화 주파수 이용으로 인한 혼·간섭 시나리오	68
그림 2-17 지상망과 비행 이동체 간 주파수 공동사용을 위한 모의실험 시나리오	70
그림 2-18 800MHz 대역 이용 지상망과 비행 이동체 간의 주파수 공동사용 모의실험 결과	71
그림 2-19 2GHz 대역 이용 지상망과 비행 이동체 간의 주파수 공동사용 모의실험 결과	71

그림 2-20 2.5GHz 대역 이용 지상망과 비행 이동체 간의 주파수 공동사용 모의실험 결과	72
그림 2-21 3.5GHz 대역 이용 지상망과 비행 이동체 간의 주파수 공동사용 모의실험 결과	72
그림 2-22 현시점에서의 대표적 주파수 공동사용 플랫폼 비교	75
그림 2-23 위치정보 DB 기반 스펙트럼 관리 시스템 기본구조	76
그림 2-24 구글의 CBRS 주파수 공동사용을 위한 SAS 구조도	81
그림 2-25 일본 소니의 로컬 5G를 위한 DSA 구조도	82
그림 2-26 ‘Whisper zone’의 영향을 받는 미국 해안 지역 사례	85
그림 2-27 IIC 기본 개념도	86
그림 3-1 주파수 공동사용 무선국 허가 절차 제안	111
그림 3-2 무선통신 이용 형태 및 주파수 이용방식의 변화	112
그림 3-3 주파수 공동사용 기술개발 사례	114
그림 3-4 RFData Factory 플랫폼 구축 사례	115
그림 3-5 강화학습 기반 경로손실 도출을 위한 수신전력 추정 시험 사례	116
그림 3-6 고해상 가용채널지도 생성 처리 과정도 및 전파지도 추정 기술 비교 사례	117
그림 3-7 AI/ML을 이용한 지능형 전파자원 매칭 기술 구성도	118
그림 3-8 AI/ML을 이용한 스펙트럼 인지·추정 기술 사례	119
그림 3-9 RIS 기본 구성도	120
그림 3-10 스펙트럼 센싱 세부 기술 분류도	121
그림 3-11 스펙트럼 센싱 기술 성능평가 사례	122
그림 3-12 기존 스펙트럼 센싱/통신 분리 구조와 JCAS 구조 비교	122
그림 3-13 분산원장기술 기반 스펙트럼 센싱 정보 거래 플랫폼 적용 사례	123
그림 4-1 자문위원회 논의를 위한 연구내용 사례	124
그림 4-2 전문가 세미나 주요 내용	125

제 1 장 개요

제 1 절 연구목표

1. 연구배경

현재 전 세계적으로 추가 주파수 수요 요구는 모바일 광대역 용도로의 활용 가능성이 큰 중간 주파수 대역(mid-band)에 집중되고 있으며, 특정 중간 주파수 대역에서 기존 무선 서비스 사용자와 해당 주파수 대역에 신규로 진입하기를 원하는 사용자 간의 갈등이 심화 되고 있다. 특히 국내에서도 5G 주파수 할당 면허가 취소된 바 있는 28GHz 대역 등 mmWave 대역과 같은 높은 주파수 대역은 회절성, 투과율, 도달거리 등에서 전국망 형성이 어렵고, 망 인프라 구축에 있어서도 다수의 기지국 설치가 필요하므로 글로벌 이통사, 제조사 등을 중심으로 모바일 광대역 용도로의 후보 주파수로는 후순위 고려사항으로 고려되고 있다.

모바일 광대역 서비스 용도의 신규 도입 대역으로 선호되고 있는 중간 주파수 대역은 주로 기존 무선 사용자인 위성 서비스(우주 대 지구(하향링크), 지구 대 우주(상향링크) 모두 포함)와 항공 서비스, 군 레이다 등 다수의 민간 및 공공 무선 서비스가 다수 사용되고 있다. 이에 민간과 공공 사업자 간, 지상과 위성 서비스 간의 주파수 공동사용 도입을 위한 이용자 상호 간의 전파 혼·간섭 보호를 위한 공존 방안 수립이 매우 중요하다고 할 수 있다. 국내에서도 '23년 2월에 관계부처 합동으로 'K-Network 2030 전략'을 발표한 바 있으며, 세부 추진과제 중 차세대 6G 이동통신 기술 선도를 위한 과제 중 하나로 'upper-mid band(7~24 GHz)' 연구를 추가한 바 있다.

이종망간 주파수 공동사용 이외에도 동종망간의 무선 서비스 이용에 있어서도 국내 이음 5G와 같은 로컬 5G 사용자간의 주파수 공동사용1),

정지궤도와 비정지궤도 위성간의 공동사용 등에 대한 법·제도 도입과 함께 미래 6G 도입의 본격화를 대비한 ‘Pre-6G’ 주파수 공동사용을 위한 기술적 적용방안의 연구가 시급하다고 할 수 있다.

본 연구는 주파수 공동사용에 대한 법·제도 도입과 함께 관련 연구개발 선진국이라 할 수 있는 미국 및 영국, 일본에서 진행되고 있는 주파수 공동사용 관련 제도 및 기술개발 현황에 대한 조사·분석을 수행하였다. 이와 함께 주파수 공동사용 관련 제도 및 연구개발을 추진하는데 있어 국립전파연구원의 역할 강화 방안 및 허가체계 개선방안에 대해 제안하였다. 마지막으로 6G 시대를 대비하여 향후 국내 주파수 공동사용 기술의 고도화를 위한 연구개발 추진 후보군 및 기획보고서(안)을 제시하였으며, 별도의 전문가 자문위원회를 통해 도출한 기획보고서(안) 초안에 대한 개선방안을 제시하였다.

2. 연구목표

본 연구는 현재의 5G 및 ‘Pre-6G’ 시대 지상에서 우주 전파 이용환경에 이르기까지 이중 무선망 이용환경으로의 전환을 대비한 주파수의 이용효율 극대화를 위한 단기 및 중장기 주파수 공동사용 기술 연구개발 추진 로드맵 마련을 최종목표로 하고 있다. 이를 위해 다음의 세부 연구주제 및 추진 내용을 정의하였다.

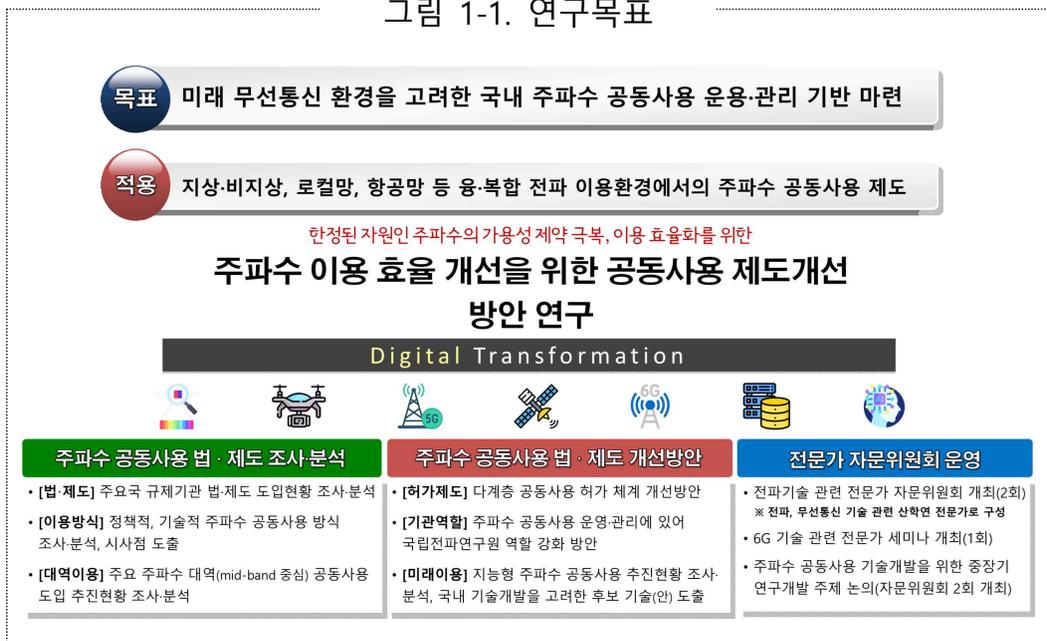
- 주요국의 조정기반 주파수 공동사용* 방식 조사·분석을 통한 국내 적용방안 도출

* 주파수 규제기관 등이 중심이 되어 주파수 공동사용 관리. 대표적으로 미국 3.45~3.55GHz 대역에서 DoD의 CPA(Cooperative Planning Areas), PUA(Periodic Use Areas) 방식과 NTIA의 IIC(Incumbent Informing Capability), Ofcom 공유접속면허(Shared Access Licence) 등이 이에 해당

1) 국내 이음 5G를 비롯한 독일, 일본의 로컬 5G 이용에 있어 인접 사용자 간 혼·간섭 상황 등을 고려한 구체적인 공동사용 방안이 미흡한 상황임(이용자 간 조정이라는 명시적 조항만 제시된 수준임)

- 주요국의 기술 기반 주파수 공동사용* 방식 조사·분석을 통한 국내 적용방안 도출
 - * 민간 사업자가 주파수 공동사용 관리자에 해당, 대표적으로 미국과 영국의 TVWS(TV White Space) 대역 WSDB(White Space Database), 미국 3.55~3.7GHz 대역 CBRS(Citizens Broadband Radio Service)의 SAS(Spectrum Access System)와 ESC(Environmental Sensing Capability), 6GHz 대역 AFC(Automated Frequency Coordination)가 이에 해당
 - ※ (국내) TVWS 서비스를 국립전파연구원에서 관리, 6GHz 대역 K-FC 개발 중
- 주파수 공동사용 대역 현황 조사·분석 → 하위 중대역, 밀리미터파 대역 범위에서의 주파수 공동사용 도입 대역 현황 조사·분석 수행
- 국내 주파수 공동사용 운용 등에 있어서의 국립전파연구원의 역할 강화 방안, 다계층 주파수 공동사용 허가제도 개선 방안 등 제안
- 국내 주파수 공동사용 연구개발을 위한 관련 전문가 참여 연구주제 자문 및 전문가 세미나 개최

그림 1-1. 연구목표



제 2 절 추진경과

본 연구는 ‘23년 4월 11일에 기술협상을 시작으로 ‘23년 4월 24일에 용역 계약 체결, 5월 10일에 착수 보고회를 진행한 바 있다. 표 1-1은 세부 연구내용 별 추진 일정을 나타내고 있다.

표 1-1. 세부 연구 내용별 추진일정

사업범위 및 내용	월별 추진계획							
	4	5	6	7	8	9	10	11
1. 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석	[Progress bars for 1.1, 1.2, 1.3]							
• 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석	[Progress bar]							
• 주파수 공동사용 방식 조사·분석	[Progress bar]							
• 주요 대역 공동사용 도입현황 조사·분석	[Progress bar]							
2. 주파수 공동사용 제도적 기반 구축	[Progress bars for 2.1, 2.2, 2.3]							
• 국립전파연구원의 역할 강화 방안	[Progress bar]							
• 주파수 공동사용 사용자 허가체계 개선방안 연구	[Progress bar]							
• 지능형 주파수 공동사용 도입 대응을 위한 연구현황 조사·분석	[Progress bar]							
3. 전문가 자문위원회 운영, 전문가 세미나 개최	[Progress bars for 3.1, 3.2]							
• 자문위원회 운영 (2회 개최)	[Progress bar]							
• 전문가 세미나 개최 (1회 개최)	[Progress bar]							
4. 착수 보고회	[Progress bar]							
5. 중간 보고서	[Progress bar]							
6. 최종 보고서	[Progress bar]							
분기별 수행진도(%)	30%		70%			100%		

제 2 장 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석

제 1 절 주요국 주파수 공동사용 제도 도입 현황

1. 미국

‘18년 10월, 트럼프 대통령은 디지털 경제성장을 위한 지방경제 활성화, 국가 안전망 구축을 목적으로 대통령 정책실, 미국 연방통신위원회(FCC, Federal Communications Commission), 미국 전기통신 및 정보청(NTIA, National Telecommunications and Information Administration)과 모든 행정부처를 대상으로 하는 ‘지속 가능한 국가 스펙트럼 전략 개발’ 추진을 명령한 바 있다.²⁾ 본 스펙트럼 전략은 미국의 경제 및 안보, 과학 분야 등에서 ①스펙트럼의 효율적 운영을 위한 정책개발 및 ②5G의 글로벌 선두 진입 필요성을 강조하였으며, 스펙트럼 관리에 있어 균형적이고, 미래 지향적이며, 지속 가능한 접근방식 개발을 요구하였다. 특히 스펙트럼 사용의 투명성, 연방·비연방 스펙트럼 이해 관계자 간의 협력을 통해 주파수 공동사용 방식을 포함한 모든 사용자의 스펙트럼 접속 가능성에 대한 증가 방안을 요구하였다. 주파수 공동사용 방식 추진에 있어서는 혁신 기반의 스펙트럼 활용 및 접속, 이용 효율성을 높일 수 있는 주파수 공동사용 도구 및 기술 개발, 연방·비연방 스펙트럼 이해 당사자 간의 공동사용 촉진을 위한 안전하고 자동화된 조정기능 구축을 요구하였다.

미국 의회는 ‘18년 국가 스펙트럼 계획’ 개발을 위임하면서 주파수 공동사용의 진흥을 위해 기존에 설계되거나 연구개발이 계획된 데이터베이스(DB, Database) 또는 스펙트럼접속시스템(SAS, Spectrum Access System) 방식이 설명되어야 함을 명시하였다.³⁾ 또한 ‘19년 국가과학기술위원회는 ①스

2) <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/presidential-memorandum-developing-sustainable-spectrum-strategy-americas-future/>

펙트럼 이용의 유연성 및 신속 이용 추구, ②실시간에 근접한 스펙트럼 인지능력 개선, ③안정적이며 자동화된 스펙트럼 이용 결정체계를 통한 스펙트럼 효율 및 효과성 증대를 우선순위로 하는 국가 R&D의 필요성을 권고한 바 있다.⁴⁾ 주파수 공동사용 추진에 있어서는 상기 ②번 우선순위 내용과 관련하여 ‘신규 주파수 공동사용 기술을 포함한 간섭 정의 및 완화를 위한 유연하고 정량적인 방안 식별’을 단기과제로 지정하였다. ②번 우선순위 내용에 대해서는 ‘모든 능동 및 수동적 무선 사용자를 위한 신속성, 유연성, 적응성 지원이 가능한 주파수 공동사용의 자동화 개발’ 및 ‘안전한 자동화’, ‘동적 네트워크 구성 및 운영을 위한 지속적인 투자’가 필요함을 권고한 바 있다.

‘22년 9월 19일에 개최된 미국 상무부 산하 NTIA의 제5회 연례 스펙트럼 정책 심포지엄에서는 FCC, NTIA, 미국방부(DoD, Department of Defense), 국제전기통신연합(ITU, International Telecommunication Union) 등의 수석급 임원들이 참여하여 지속적 혁신 및 신속한 통신 서비스 개발을 위한 현재의 스펙트럼 관리 정책에 대한 선택적 재고의 필요성에 대해 논의한 바 있다.⁵⁾ 본 심포지엄에서는 FCC가 최근 2.5GHz 및 3.45GHz 대역 스펙트럼 경매를 실시한 바 있고, 다음 경매 대상으로 7~16GHz 대역을 고려하고 있으며, 이의 일환으로 12.7~13.25GHz 대역에 대한 기존 사용자의 재배치 등에 대한 의견수렴 중임을 밝힌바 있으며, 관련 정보를 NTIA와 공유하고 있음을 언급하였다. 심포지엄에 참여한 정부 관계자는 스펙트럼 이용 효율의 최대화를 위한 수단으로 재배치 방식 보다는 주파수 공동사용에 초점을 맞추었으며, 기존의 CBRS(Citizens Broadband Radio Service) 주파수 공동사용 모델 이외에 NTIA를 중심으로 연구개발을 추진하고 있는 IIC(Incumbent Informing Capability)에 대해 관심이 있음

3) Ray Baum’s Act of 2018, Pub. L. 115 - 141, § 614, 132 Stat. 1080, 1109, 2018.

4) the National Science and Technology Council’s Wireless Spectrum R&D Interagency Working Group(WSRD), *RESEARCH AND DEVELOPMENT PRIORITIES FOR AMERICAN LEADERSHIP IN WIRELESS COMMUNICATIONS*, May 2019.

5) Wiley, *Government Officials Evaluate Spectrum Management at NTIA’s Spectrum Policy Symposium*, September 21, 2022.

을 표명한 바 있다. 이와 함께 스펙트럼의 효과적 이용 최대화를 위해 넓은 범위에서 언제, 어디서, 어떻게 스펙트럼이 이용되고 있는지에 대해 더욱 명확히 해야 할 필요가 있다는 점에 대해 동의하였다.

‘23년 3월에는 NTIA가 단기 및 중장기 스펙트럼 전략 개발을 위한 총 3가지의 지향점(pillar)을 바탕으로 국가 스펙트럼 전략 개발을 위한 의견수렴을 요청한 바 있다.⁶⁾ 표 2-1은 각각의 지향점 대비 의견수렴 요청 내용을 나타내고 있다.

표 2-1. NTIA의 국가 스펙트럼 전략 개발 의견수렴 내용

지향점	의견요청 주요 내용
<p>스펙트럼 기반 기술에서 미국의 리더십 보장을 위한 스펙트럼 파이프라인</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● (스펙트럼 파이프라인) 주파수 분배 상황에 관계없이(즉, 연방 및 비연방) 용도변경을 위해(즉, 신규 또는 추가 이용 허용) 연구가 필요한 스펙트럼 밴드 식별 절차를 의미 ① 단기(3년 미만), 중기(3-6년), 장기(7-10년) 측면에서 관심 서비스 또는 임무에서 예상되는 미래 스펙트럼 요구 사항은 무엇인지? <ul style="list-style-type: none"> • 차세대 네트워크와 개발 중인 신규 기술 및 표준(예. 5G Advanced, 6G, Wi-Fi 8)에 대한 스펙트럼 요구 사항은 무엇인지? • 향후 정부 기능 지원을 위해 필요에 따라 식별 가능한 추가 또는 다른 요구 사항이 있는지? • 이러한 요구 사항을 적용할 수 있는 사용 사례 및 예상되는 높은 수준의 기술 규격(예. 전력, 대상 데이터 속도)은 무엇인지?

6) NTIA, *Development of a National Spectrum Strategy*, Billing Code 3510-60-P, March 2023.

- 공인 표준기관(예. 3GPP, IEEE), 국제기관(예. ITU), 미국 이외의 규제 기관 또는 정책 입안자(예. 유럽 노동조합)에 대해 우리의 전략이 이러한 기관 진행 내용과 어떤 관계(존재하는 경우)를 가져야 하는지?
- 연방 또는 비연방 사용을 위한 최신 기술 지원을 위해 용도 변경이 가능한 기존 기술(예, 3G, GSM, CDMA 등)을 지원하는 스펙트럼 대역은 무엇인지?

② 현재 사용 가능한 스펙트럼 양이 이해관계자에게 현재 또는 미래의 서비스 또는 관심을 제공하기에 불충분한 이유는?

- NTIA는 특히 기존 스펙트럼 자원(농촌 지역 및 부족 토지와 같이 역사적으로 서비스가 부족하거나 단절된 커뮤니티 포함) 활용에 대한 정보 또는 향후 서비스, 기능을 위한 최소 대역폭에 대한 기술 규격에 관심이 있음
- 스펙트럼 용도 변경(예. 배포된 시스템의 기술 기능 향상, 인프라 구축 증가 또는 개선)과 더불어 추가 또는 이를 대신하여 스펙트럼 접속을 증가시키는 데 사용할 수 있는 옵션이 있는지?

③ 단기, 중기, 장기적으로 관심이 있거나 우려되는 서비스 또는 임무에 대한 잠재적 용도 변경을 위해 어떤 스펙트럼 대역을 연구해야 하는지?

- 상기 대역에 대한 접속을 개방하거나 확장하는 것이 왜 국가적 우선순위가 되어야 하는지?
- 식별된 각 대역에 대해 예상되는 우려

사항은 무엇인지? 추진시기를 단축하거나 대역 용도 변경 절차를 간소화하는 스펙트럼 접속 모델(예. 저전력 비면허, 동적 공유)이 있는지?

④ 파이프라인 스펙트럼을 식별할 때 어떤 요소를 고려해야 하는지? 스펙트럼 전략은 사용자를 위한 스펙트럼 기반 서비스에 대해 광범위하고 집약적이며 저렴한 접속을 포함한 다양한 스펙트럼 접속 기회를 촉진해야 하는지?

- 스펙트럼 전략은 농촌 지역 및 부족 토지와 같이 역사적으로 서비스가 부족하거나 단절된 커뮤니티에서 차세대 제품 및 서비스를 촉진해야 하는지?
- 스펙트럼 전략은 국제적으로 조화되고 네트워크 장비 및 장치의 규모의 경제로 이어질 수 있는 스펙트럼 대역을 용도 변경하는 데 우선순위를 두어야 하는지?
- 스펙트럼 전략은 주어진 대역에 대한 잠재적인 전환 비용 또는 기존 사용자를 위한 대체 스펙트럼 자원의 가용성과 같은 요인과 이러한 목표 사이에 어떻게 균형을 이루어야 하는지?
- 스펙트럼 전략은 상기 목표와 중요한 정부 임무 사이에서 어떻게 균형을 이루어야 하는지?
- 스펙트럼 전략은 효율적인 스펙트럼 사용과 공유 가능성을 어떻게 평가해야 하는지?

- 파이프라인 도입에서 시스템의 실제 배포에 이르기까지 기술의 급격한 변화에 대응하기 위해 스펙트럼을 식별하고 용도 변경하는 데 적합한 이상적인 추진기간 프레임워크는 무엇인지?

⑤ 스펙트럼 접속은 중요한 국가적 목적과 정부 임무를 수행하는 첨단 기술을 뒷받침한다고 할 수 있음. 현재 정부 임무를 위태롭게 하지 않으면서 단기, 중기 및 장기적으로 중요한 국가 목표를 더욱 잘 추진하기 위해 정부가 현재 스펙트럼 관리 절차를 변경해야 하는지?

⑥ NTIA는 스펙트럼 전략의 목적을 위해 ‘주파수 공동사용’을 주파수, 시간 및(또는) 위치 영역에서 정적 또는 동적 형태일 수 있는 공동사용을 포함하는 둘 이상의 사용자에게 의한 스펙트럼 대역의 최적화된 활용으로 정의할 것을 제안

- 효과적인 주파수 공동사용을 위해 일부 상황에서 기존 사용자는 사용자 간에 유해 간섭이 발생하지 않도록 하면서, 최적 활용을 가능하게 하기 위한 시스템 또는 현재 사용 스펙트럼의 일부를 비우거나 압축, 재배치(repacking) 할 수 있음
 - 이것이 주파수 공동사용이 정의되는 방식이라고 할 수 있는지?
 - 그렇지 않은 경우, 주파수 공동사용을 정의하는 방법 또는 원칙 내용 제공 요청

- 주파수 공동사용을 촉진하기 위해 현재 사용할 수 있는 기술, 혁신 또는 절차는 무엇인지?
 - 잠재적 신규 주파수 공동사용 모델 또는 절차를 발전시키기 위해 어떠한 추가 연구 및 개발이 필요하며, 누가 그러한 연구 및 개발을 수행해야 하며, 어떻게 자금을 조달해야 하는지?
- ⑦ 다음 각 스펙트럼 접속 방식의 사용 사례, 장점 및 장애는 무엇인지?
- 배타적 이용 면허, 사전에 정의된 공동사용(정적 또는 사전에 정의된 위치, 주파수, 시간에서의 공동사용), 동적 공유(실시간 또는 거의 실시간 접속, 일시적으로 2차사용 권한 부여 포함)
- 상기 접근 방식은 상호 배타적인지?
 - 정적 또는 동적 방식으로 공동사용 촉진을 위한 이전 노력이 기존 사용자 보호하면서 보다 집약적인 스펙트럼 사용 촉진이 가능하다고 성공적으로 입증된 사례가 있는지?
 - 스펙트럼 용도 변경 시 인접 대역의 기존 사용자가 경험할 수 있는 간섭 가능성을 식별하고 간섭으로부터 보호하는 방법에 대한 아이디어 또는 기술 내용 제공 요청
- ⑧ 중간대역 및 높은 우선순위/수요 주파수를 포함한 보다 강력한 연방/비연방 주파수 공동사용 협정 추구를 장려하거나 촉진할 수 있는 인센티브 또는 정책은 무엇인지?

	<ul style="list-style-type: none"> • 재배치 또는 공동사용 비용 상환을 위한 현재의 절차가 용도 변경을 위한 주과수의 연구 또는 분석을 적절한 수준으로 장려 가능하다고 보는지? • 연방 기관이 임무를 유지하면서 스펙트럼을 공동사용하거나 사용 가능하게 만드는 시장 기반, 시스템 성능 기반 또는 기타 접근 방식이 있는지? • ‘필요에 따라’ 또는 ‘기회적’ 기반을 포함한 비연방 대역에서 신규 스펙트럼 접속 기회를 활성화하여 현재 및 미래의 연방 임무 요구 사항 중 일부를 충족하기 위해 어떤 메커니즘을 고려해야 하는지? <p>⑨ 미국의 주과수 할당 및 다양한 스펙트럼 접속 모델, 거버넌스 모델은 타 국가, 특히 지상 및 우주 기반 통신과 기술을 주도하기 위해 경쟁하는 국가의 조치와 어떻게 비교될 수 있는지?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 미국은 스펙트럼 전략을 개발할 때 국제 조화, 할당 불균형에 대해 어떻게 판단해야 하는지?
<p>장기 스펙트럼 계획</p>	<p>① 국가 스펙트럼 전략 개발에 관심이 있고 장기 스펙트럼 계획 수립 절차에 참여 및 영향을 받는 이해 관계자 그룹 또는 범주는 누구인지?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 최대한 투명성을 촉진하고 국가 스펙트럼 자원의 효율적이고 효과적인 사용 보장을 위해 모든 이해 관계자가 장기 스펙트럼 계획 수립 절차에 참여할 수 있도록 하는 최선의 방법은 무엇인지?

- ② 장기적 절차로 정의되는 일정 유형은 무엇인지?
- 고려가 필요한 주요 요소는 무엇이며 장기 계획 수립 절차에 대한 주요 반영 내용은 무엇인지?
 - 계획 수립에 있어 어떠한 데이터가 필요한지? 인접 대역 사용자를 포함한 기존 사용자의 스펙트럼 사용에 대한 데이터가 필요한지?
→ 해당 데이터 수집 방법과 사용을 평가하는 데 있어 어떠한 지표를 사용해야 하는지?
 - 표준 기관의 정보가 필요한지?
→ 어떤 정보가 도움이 되며 해당 정보를 어떻게 획득해야 하는지?
 - 장기 스펙트럼 계획 수립을 위한 적절한 추진 시간 범위는 무엇이며 얼마나 빈번하게 이전 조사 결과 및 결정을 재검토하거나 재평가해야 하는지?
 - 기존 스펙트럼 사용자의 투자 지원 기대치 보호를 위해 규제 확실성을 제공하는 것과 스펙트럼 우선순위의 주기적인 검토·재평가 사이에서 어떻게 균형을 잡아야 하는지?
 - 연방 및 비연방 이해관계자가 가장 잘 협력할 수 있는 방안은?
- ③ 연방/비연방 이해관계자가 스펙트럼 할당 및 승인, 용도 변경, 공동사용 및 조정과 관련하여 생산적이고 지속적인 대화에 가장 잘 참여할 수 있는 방법은 무엇인지?

- 이전 경험을 통해 합의되지 않은 결과로 인한 불필요한 지연을 피하기 위해 연방 및 비연방 스펙트럼 조정, 호환성 및 간섭 보호 평가를 개선하기 위해 무엇을 할 수 있는지?
- ④ 미국 정부는 스펙트럼 이해관계자 간의 신뢰를 조성하고 스펙트럼 할당 결정에 관한 모든 당사자 간의 합의를 유도하기 위해 어떠한 기술 및 정책 중심 활동을 실현할 수 있는지?
- ⑤ 신뢰, 투명성 및 커뮤니케이션 개선을 위해 현재 이미 운영 중인 위원회(예. FCC의 TAC(Technical Advisory Committee), NTIA의 CSMAC(Commerce Spectrum Management Advisory Committee), NTIA의 연례 스펙트럼 정책 심포지엄) 외에 스펙트럼 이용에 초점을 맞춘 추가 참여 방안이 필요한지?
- 기존 협의 모델이 충분하다면 FCC와 NTIA의 유용성을 극대화하거나 조정을 강화하고 개선하기 위해 이를 어떻게 활용해야 하는지?
- ⑥ 스펙트럼 이용 허가 범위를 광범위하게 고려할 때(즉, 면허 및 비면허 모델과 연방 주파수 할당 모두 포함) 미국 스펙트럼 할당의 효율성을 최적화할 수 있는 접근 방식은 무엇인지?
- 접속을 확장하고 최적화할 가능성이 높은 특정 스펙트럼 대역 또는 범위가 있는지?

	<p>→ 상기 스펙트럼 대역 또는 범위 중 연구 및 잠재적 용도 변경을 위해 우선순위를 지정해야 하는 경우는 무엇인지?</p> <p>→ 상기와는 반대로 접속 확장에 적합하지 않은 대역이나 범위가 있는지?</p> <p>⑦ 장기 계획(특히 농촌, 부족 지역 사회 포함) 수행을 위해 지속적이고 유능하며 포용적인 인력을 확보하기 위해 스펙트럼 인력 개발, 강화 및 다양화하는 데 필요한 것은 무엇인지?</p>
<p>기술 개발을 통한 전례없는 스펙트럼 접속 및 관리</p>	<p>① 스펙트럼 관리 모델(면허, 비면허 모두 포함)에 대해 현재 어떠한 혁신 및 차세대 기능이 확인되고 있으며, 해당 혁신이 향후 스펙트럼 접속 확장/개선에 기여 가능할 것으로 예상되는지?(예상 제공 일정 포함)</p> <p>② 새롭고 혁신적인 스펙트럼 사용 개발을 실현하기 위해 국가 스펙트럼 전략에서 식별해야 하는 정책은 무엇인지?</p> <p>③ 정부가 스펙트럼 관리, 스펙트럼 종속 기술 및 인프라의 기술 발전에 대한 연구, 투자 및 개발을 촉진하는 데 있어 어떠한 역할을 해야 하는지?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 정부가 표준 개발에 참여하고, 네트워크 아키텍처 사용을 지원하고, 스펙트럼 조정 또는 간섭 보호를 위한 인공지능, 기계학습과 같은 도구 이용 촉진에 있어 어떠한 역할을 해야 하는지?

- 인접 대역의 기존 주파수에 대해 적절한 간섭 보호를 보장하기 위해 어떠한 기술을 사용할 수 있는지?
 - 어떠한 스펙트럼 관리 기능 및 도구가 연방 기관의 현재 및 미래 임무 요구 사항과 운영을 충족하는 데 필요한 스펙트럼 접속을 유지함과 동시에 비연방 사용자의 이익 요구를 충족하고 더욱 강력하고 빠른 주파수 공동사용 구현을 가능하게 할 수 있는지?
 - 테스트베드와 같은 데이터 수집 기능 또는 기타 리소스를 어떻게 활용할 수 있는지
- ④ NTIA는 연방 및 비연방 사용자 간의 주파수 공동사용을 지원하기 위해 면허 사용자(Incumbent 사용자에 해당) 정보 제공 기능(IIC)이라는 시간 기반의 주파수 공동사용 솔루션을 추구
- 스펙트럼 사용에 대한 정보 자동화 추진 관련 비용과 복잡성 내용은 무엇인지?
- ⑤ 실시간 동적 주파수 공동사용, 특히 DB에 의존하지 않는 기술 혁신을 위해 현재 진행 중이거나 연구 및 추진해야 하는 여타 기술 및 방법론은 무엇인지?
- (추진계획) 예로 심층 연구 대상으로 어떤 스펙트럼 대역 및 범위가 우선 되어야 하는지?
 - 식별 대역의 용도변경을 위한 추진일정은 어떻게 해야 하는지 등

가. 하위 중대역(Lower Mid-Band) 3GHz 이하

(1) 3GHz 이하 대역 위성과 지상망과의 주파수 공동사용 현황

FCC 의장인 ‘Jessica Rosenworcel’은 ‘23년 2월에 개최된 MWC(Mobile World Congress) 기조연설을 통해 향후 지속적인 모바일 광대역 실현을 위해서는 중간대역이 가장 중요하다고 강조한 바 있다. 이에 대한 일환으로 미국은 3.45GHz 대역 경매를 실시하였으며, 12.7~13.25GHz 대역에 대한 스펙트럼 가용성을 검토 중이라고 밝힌 바 있다.⁷⁾ 특히 위성 서비스와 스마트폰과의 직접 통신 등과 관련한 신규 규제 프레임워크(안)을 발표하였으며, 이를 통해 위성 사업자가 ‘satellite-to-cell’을 위한 지상망 이동통신 사업자의 역할을 할 수 있음을 제시하였다.⁸⁾ ‘23년 2월에 발표된 ‘FCC FACT SHEET⁹⁾’에서는 SCS(Supplemental Coverage from Space)를 위한 신규 규제 프레임워크를 제안하였으며, 지상망 서비스 공급자와 협력하는 위성 사업자는 현재 면허 및 지상 서비스에 분배된 ‘유연한 이용 스펙트럼(flexible-use spectrum)’에서 우주국 운영을 위한 연방통신위원회 허가를 취득할 수 있음을 제시하였다. 이를 통해 기존 지상 면허 사용자 가입자는 위성 사업자와의 협력을 통해 확장된 커버리지 제공이 가능하다.

상기 ‘FCC FACT SHEET’에서 제안된 기술규칙을 통해 NGSO(Non-Geostationary Satellite Orbit) 위성 운영을 위한 기존 C.F.R(Code of Federal Regulation) Part 25 허가를 득한 위성 사업자가 지리적으로 독립적인 영역(GIA, Geographically Independent Area)에서는 해당 대역 내에서

7) REMARKS OF CHAIRWOMAN JESSICA ROSENWORCEL MOBILE WORLD CONGRESS “LEADERSHIP FOR FUTURE CONNECTIVITY” BARCELONA, SPAIN FEBRUARY 27, 2023

8) <https://www.satellitetoday.com/government-military/2023/02/28/rosenworcel-talks-fcc-satellite-to-cell-regulation-in-mwc-keynote/>

9) FCC FACT SHEET, *Single Network Future: Supplemental Coverage from Space*, Notice of Proposed Rulemaking, GN Docket No. 23-65, Feb. 23, 2023.

지상 면허 사용자의 배타적 이용 스펙트럼 임대에 있어 사용자가 이를 신청하고 해당 권한 및 지상 스펙트럼 접속을 허용하는 것을 제안하였다. 이에 지상망 면허 사용자는 SCS 제공 상황에 포함된 지상 기기 모두가 Part 25의 포괄적 지구국 면허(blanket license)를 갖는 것을 허용할 것을 제안하였다. 본 기술규칙은 우주 기반 서비스가 스마트폰 사용자에게 직접 접속하기 위한 방안이며, 특정 전제 조건 및 특정 지리적 영역 내 지상 면허 사용자로부터 위성 사업자에 대한 스펙트럼 임대가 전제된 경우, NGSO 위성 사업자가 지상 스펙트럼에 접속하는 것을 허용한다.

본 기술규칙은 임시 면제 접근방식(국내의 실험국 형태 이용)을 추구하기 보다는 기술규칙 개발 과정에서 맞춤형 비즈니스 준비를 통해 신규 글로벌 서비스 제공을 촉진하기 위해 요구되는 규칙 변경 사항을 바로 검토함으로써 모든 사용자에게 적용 가능한 명확한 규칙 제정을 통한 광범위한 수준에서의 이해관계자 관심을 촉진하는 것을 목표로 한다. 즉, 실험국 형태를 기반으로 임시 형태의 규제 개선을 추진한다기보다는 바로 특정 무선 서비스에 대한 규칙을 개발하면서 이해관계자의 관심도를 촉발함과 동시에 경제 활성화 도모도 동시에 추구하려는 의지의 표현이라 할 수 있다. 본 기술규칙은 의견수렴 과정을 거쳐 '23년 3월 16일에 발표된 'FCC 23-22'를 통해 공식화하였다.¹⁰⁾

상기 기술규칙이 제정된 배경에는 '23년 2월 7일에 SpaceX가 연방통신위원회에 T-mobile과의 제휴 서비스 신청서 제출을 통해 위성의 'direct-to-cellular' 운영을 위한 T-mobile의 PCS(Personal Communications Service) 할당 대역 중 G 블록에 대한(1990~1995MHz(하향), 1910~1915MHz(상향)) 스펙트럼 이용 신청이 주요했다고 볼 수 있다. 이로 인해 기존 C.F.R Part 25 및 주파수 분배표 개정 필요성이 대두된 바 있다. 또한 SpaceX 이외에 Lynk Global, AST Space Mobile, AT&T, Vodafone, Lacunna

10) FCC News, *FCC PROPOSES FRAMEWORK TO FACILITATE SATELLITE-TO-SMARTPHONE SUPPLEMENTAL COVERAGE FROM SPACE*, March 16, 2023.

Space가 위성과 지상 셀룰러 망과의 직접통신 서비스를 추진하고 있다. 그림 2-1은 위성과 지상 스마트폰과의 직접통신 서비스를 진행하고 있는 주요 사업자 현황을 나타내고 있다.¹¹⁾

그림 2-1. 위성과 지상 단말(스마트폰 및 IoT) 직접통신 서비스 현황



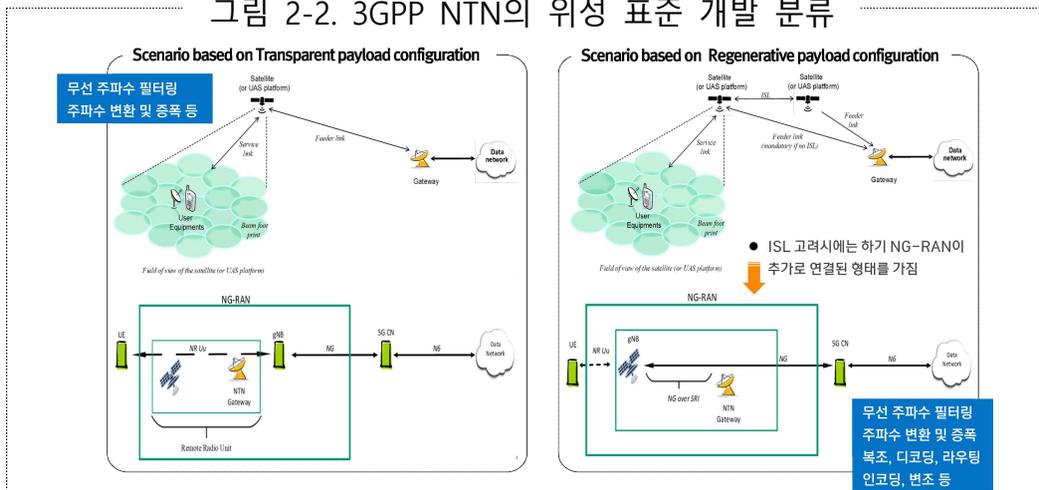
FCC는 미국의 주파수 분배표 주석 중 ‘NG33A’ 개정을 진행했으며, 동일 수준의 주파수 공동사용(co-primary) 기반으로 614~652MHz, 663~758MHz, 775~788MHz, 805~806MHz, 824~849MHz, 869~894MHz, 1850~1915MHz, 1930~1995MHz, 2305~2320MHz 대역에 대해 이동위성서비스(MSS, Mobile Satellite Service) 용도로 분배하였다. 본 대역 이용에 있어 MSS는 FCC의 SCS 기술규칙을 준수해야 한다.

이동통신 표준화 관련 국제 표준화 기구인 3GPP(3rd Generation Partnership Project)에서도 위성과 지상 단말과의 직접통신을 위한 3GPP NTN(Non-Terrestrial Network) 관련 표준 개발을 진행하고 있다. 본 표준 개발의 궁극적 목표는 향후 위성 및 고고도 플랫폼 무선국(HAPS, High Altitude Platform Station)이 5G 기지국 역할을 수행하도록 하는 표준을 개발하는데 있다. 3GPP는 NTN 표준 개발에 있어 위성 등이 현재와 같

11) 도이치 텔레콤, *NTN connectivity solutions*, CEPT Satellite Workshop, 21~22 November 2022.

이 단순 신호를 중폭 하는 중계기와 같은 기능을 갖는 경우에는 ‘transparent payload configuration’, 5G 기지국 역할을 하는 위성 등에 대해서는 ‘regenerative payload configuration’로 분류하여 관련 표준 개발을 진행하고 있다.¹²⁾

그림 2-2. 3GPP NTN의 위성 표준 개발 분류



현 시점에서 3GPP NTN에서의 위성통신 서비스 이용을 위해서는 기존 지상망 분배 대역과의 공존방안 마련이 필수적이다. 특히 위성 서비스의 빔 커버리지 크기가 지상 이동통신의 매크로 커버리지 영역 크기 대비 최소 수십 km 직경에 해당하는 ‘super macro’ 수준이라 할 수 있으므로 주파수 공동사용을 위해서는 국가 간 경계 영역, 기존 대역과의 중첩 부분에 대한 간섭보호 방안 수립이 필요하다. 표 2-2는 3GPP에서 고려하는 FR1과 FR2에서의 NTN 논의 대역 현황을 나타내고 있다.

표 2-2. 3GPP NTN 논의 대역

NTN band	밴드번호	상향링크	하향링크	듀플렉스
FR1 NTN	n256	1980~2010MHz	2170~2200MHz	FDD ※ 향후 FR2에서 FDD와 TDD 간 간섭해결 필요
	n255	1626.5~1660.5MHz	1525~1559MHz	
FR2 NTN	• 7.125~24GHz 대역 이용방안 동의 후 선정 예정			

12) 3GPP TR 38.811, TR 38.821 등

그림 2-3은 주파수 공동사용을 위해 간섭해결 필요성이 존재하는 3GPP NTN 논의 대역과 중첩하거나 인접하는 기존 주파수 분배(할당 등) 대역 현황을 나타내고 있다¹³⁾.

그림 2-3. 3GPP NTN 주파수와 인접하는 타 분배 주파수 현황



나. 상위 중대역(Upper Mid-Band) 3~24GHz

미국의 상위 중대역에서의 대표적인 주파수 공동사용 대역은 3.1~3.45GHz, 3.45~3.55GHz, 3.55~3.7GHz, 5.925~7.125GHz 대역이라 할 수 있다. 그림 2-4는 미국 내 주파수 공동사용 방식이 도입되었거나, 도입 가능한 주파수 공동사용 후보대역을 나타내고 있다.¹⁴⁾ 그림 2-4에서 연두색은 SAS 기반의 CBRS 대역, 하늘색은 AFC 기반의 Wi-Fi 6E 이용 대역, 노랑색은 잠재적 주파수 공동사용 후보대역을 나타내고 있다.

그림 2-4. 미국 상위 중대역의 주파수 공동사용 도입 또는 후보대역

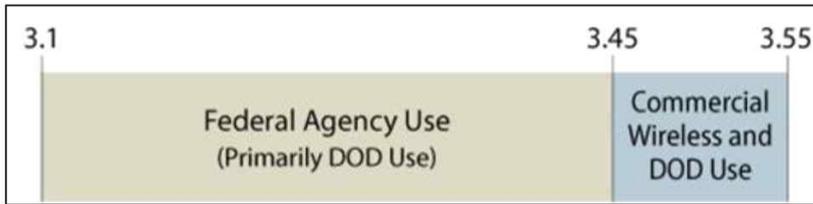


13) Rohde & Schwarz, *5G NTN takes flight: Technical overview of 5G non-terrestrial networks*, Rohde & Schwarz White Paper, July 2022.

14) Federated Wireless, *Shared Spectrum Update*, DSA Global Summit 2023, March 2023.

3.1~3.45GHz 대역은 아직 상용화 이전 단계이며, 현재 미국방부와 주파수 공동사용 기술개발 산업체, 산·학·연 전문가로 구성된 NSC(National Spectrum Consortium) 산하 PATHSS(The Partnering to Advance Trusted and Holistic Spectrum Solutions) TG를 중심으로 주파수 공동사용 이용방안에 대한 연구가 진행 중에 있다. 3.1~3.45GHz 대역은 주로 미국방부의 군레이다가 주로 이용되고 있으며, 지상 및 항공, 해상 모든 이용환경에서 레이다가 이용되고 있다.¹⁵⁾

그림 2-5. 3.1~3.45GHz 대역 군 주파수 이용 현황



Source: Congressional Research Service.

Notes: The graphic shows general use of the 3.1-3.45 GHz band and 3.45-3.55 GHz band in March 2023. DOD = Department of Defense.

미국은 '10년부터 3.1~3.45GHz 대역에 대한 재분배를 고려한 바 있으며, 미의회는 3.1~3.45GHz 대역에서의 주파수 공동사용 및 미국방부의 공동사용 주파수 결정을 위한 자금제공을 법으로 제정(H.R 7624에 해당)한바 있다. 당해 3월에는 FCC가 향후 10년 동안 모바일 용도를 위해 500MHz 추가 대역폭이 필요함을 권고(National Broadband Plan)하였으며, 6월에는 오바마 대통령이 NTIA가 FCC와의 조정을 통해 10년 내에 무선광대역 용도로 500MHz 대역폭을 추가 확보하라는 각서에 서명하였다. 10월에는 NTIA가 500MHz 확보를 위한 10년 계획 보고서를 발표하였고, 재배치를 위한 20개의 잠재적 대역을 발굴한바 있다. 본 NTIA 보고서에는 잠재적 후보 대역중 하나로 3.1~3.5GHz 대역 또한 포함한 바 있다.

15) IF12351, *Repurposing 3.1-3.55 GHz Spectrum: Issues for Congress*, 16 March 2023.

‘18년 3월에는 미의회가 NTIA에 3.1~3.5GHz 대역 전체에 대한 연구 추진 명령을 내린바 있으며(MOBILE NOW Act), 모든 행정기관의 장에게 ‘20년 3월 23일까지 상업적 무선 서비스가 3.1~3.5GHz 대역에서 공동사용 방식으로 이용하는데 있어 타당성 평가 보고서(feasibility report)를 제출하도록 요구하였다. 타당성 평가 보고서는 ‘20년 7월에 발간되었으며, 연방의 무선 주파수 이용에 대한 평가 및 연방 운영에 있어 비연방 사용자로부터 발생될 수 있는 영향, 간섭회피 방안, 주파수 공동사용을 위해 가장 적합한 주파수 식별 등의 내용을 제시한 바 있다. 특히 본 보고서에서는 3.45~3.55GHz 대역 및 3.45GHz 이하 대역에 대해 잠재적으로 주파수 공동사용이 적합하다고 확인하였다.

본 보고서는 주파수 공동사용의 적합성 판단을 위해 추가 분석이 필요함을 언급하였으며, 이에 대한 도전적 요소로 3.45GHz 이하 대역에서 분류되거나 분류되지 않은 연방 무선 사용자 운용현황 파악이 필요하며, 3.45~3.55GHz 대역을 이용하는 연방 운영이 3.1~3.45GHz 대역으로 이전할 경우, 사용자 간 혼잡이 발생할 수 있음을 명시하였다.

‘20년 8월에는 트럼프 행정부가 미국방부와 조정을 통해 3.45~3.55GHz 대역에서의 5G 도입 가능성을 발표하였다. 당해 12월에는 미의회가 ‘Consolidated Appropriations Act’ 법 제정을 통해, ‘21년 12월 이내에 FCC가 3.45~3.55GHz 대역 주파수 경매를 추진할 것을 요구하였다. 이에 ‘21년 3월에 3.45~3.55GHz 대역 주파수 경매 실시 계획을 발표하였으며(‘21년 10월 5일 경매 시작, ‘22년 1월 4일 종료, 2백20억 달러 경매수익), 본 주파수 대역 이용을 위해서는 기존 무선 사용자(incumbent)가 운영 중인 특정 영역을 제외하고는 연방 시스템이 비연방 무선 사용자에게 간섭을 미치면 안 된다고 규정한 바 있다.

‘21년 11월에는 IIJA(The Infrastructure Investment and Jobs Act) 법 제정을 통해 3.1~3.45GHz 대역에서의 주파수 공동사용 연구를 위해 국방부에 5천만 달러 수준의 연구 자금을 제공하기로 결정하였다. ‘22년 4월 미의회는 H.R 7624 및 S. 4117 법안 발표를 통해 기존 IIJA 법률 폐지 및

해당 대역에서 주파수 공동사용에 영향을 받는 기관 연구를 위해 자금 지원을 추진하는 새로운 법안을 발의하였다. 본 법안은 하원에서 통과 는 하였으나 최종 법안(또는 절충 법안) 제정은 이루어지지 않았다.

‘22년 12월에는 상원 수정안(Senate Amendment) 6585를 통해 캔트웰 상 원위원이 ‘Consolidated Appropriations Act, 2023’ 개정안을 발의하였다. 이를 통해 본 주파수 대역에 대한 연구자금 지원과 함께 국방부에게 군 레이다 등의 재배치에 대한 우려를 대통령에게 직접 제기할 수 있는 권 한을 부여하고자 하였다.

3.1~3.45GHz 대역에서의 주파수 공동사용 도입을 위해 미국방부는 타 연방 기관과의 협력을 통하여 3.1~3.45GHz 대역 공동사용 방안 개발 계 획인 EMBRSS(Emerging Mid-Band Radar Spectrum Sharing)을 진행 중이다.

3.45~3.55GHz 대역 주파수 공동사용에 있어서는 ‘Mobile Now Act’ 법 의 일환으로 추진되었으며, 기존 사용자인 3.3~3.55GHz 대역을 이용하는 비연방 사용자(무선표정 및 아마추어 무선)의 회수 및 재배치를 시작으로 추 진된 바 있다.¹⁶⁾ NTIA는 3.1~3.55GHz 대역 중 3.1~3.45GHz 대역 대비 3.45~3.55GHz 대역이 단기간 내에 미국방부와 주파수 공동사용 대역으 로 추진하기에 가장 적합하다고 판단하였다.¹⁷⁾

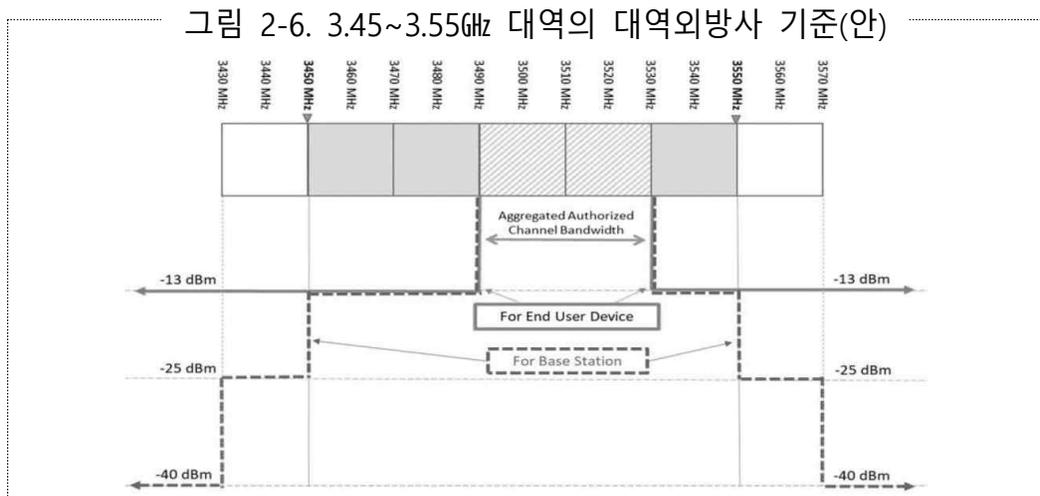
3.45~3.55GHz 대역에 대한 주파수 공동사용 추진은 ‘20년 8월, 백악관 과 미국방부가 미국의 대부분 지역에서 대해 3.45~3.55GHz 대역에서 동 작 가능한 상업적 5G 시스템 이용 허용을 발표하는 것으로부터 시작되 었다고 할 수 있다.¹⁸⁾ 주요 내용으로는 기존 3.3~3.55GHz 대역에 분배된 비연방 무선표정서비스와 3.3~3.5GHz 대역 이용 비연방 아마추어 무선을 회수하는 것으로 하였으며, 3.45~3.55GHz 대역 100MHz 대역폭 크기를 미

16) FCC, *FCC SEEKS TO FACILITATE SHARED USE IN THE 3.1-3.55 GHZ BAND*, FCC NEWS, December 12, 2019.

17) FCC 19-130, *NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING*, December 12, 2019.

18) DOC-366780A1, *Facilitating 5G in the 3.45-3.55 GHz Band - Report and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking - WT Docket No. 19-348*, FACT SHEET, September 9, 2020.

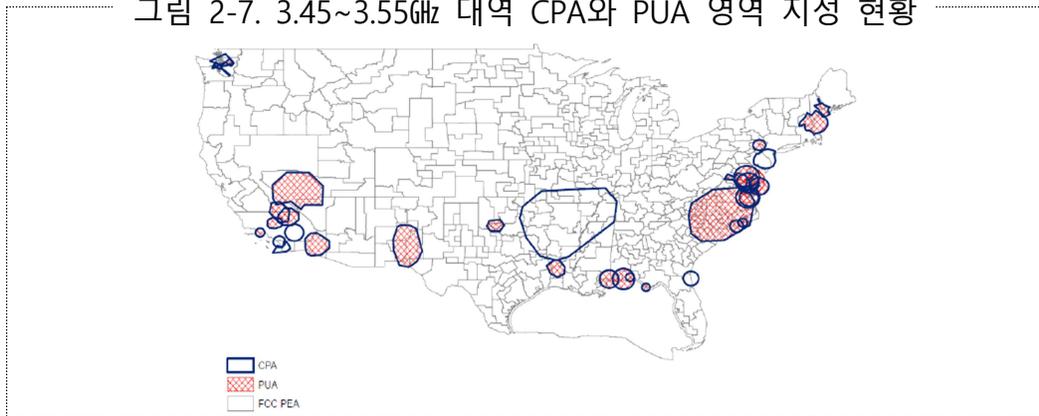
국 대부분 지역에서 이용 가능한 5G를 포함한 ‘유연한 이용 면허’ 기반의 무선 서비스 도입을 허용한다는 내용이라 할 수 있다. 또한 본 대역은 항공 이동을 제외한 ‘co-primary’ 기반의 비연방 고정 및 이동 주파수 분배를 추가로 제안하였다. 또한 인접 대역에 존재하는 무선 이용자와의 공존 강화를 위해 대역외발사(OOB, Out of Band) 제한 기준을 강화하는 것을 제안하였다.



‘20년 10월에는 의견수렴 과정을 거쳐 3.45~3.55GHz 대역 이용을 위한 기술규칙을 최종 확정하였다.¹⁹⁾ 3.45~3.55GHz 대역에서의 주파수 공동사용 방법은 군 무선용도와 민간 무선용도 간의 시간 및 지역적 주파수 공동사용으로 분류하여 운영하고 있다. 시간적 주파수 공동사용은 군 무선 서비스가 사용하지 않는 기간 동안 민간 무선 서비스 이용이 가능한 PUA(Periodic Use Areas) 방식에 해당하며, 지역적 주파수 공동사용은 군 무선 서비스 이용이 지역적으로 사용하지 않는 지리적 영역에서 민간 사용자의 무선 서비스 이용이 가능한 CPA(Cooperative Planning Areas) 방식에 해당한다. 그림 2-7은 3.45~3.55GHz 대역 주파수 공동사용 방법으로 도입된 CPA와 PUA 적용 영역을 나타내고 있다.²⁰⁾

19) FCC 20-138A1, *Report and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking*, October 2, 2020.

그림 2-7. 3.45~3.55GHz 대역 CPA와 PUA 영역 지정 현황



‘21년 3월에는 3.45~3.55GHz 대역에 대한 주파수 경매 일정과 함께 CPA와 PUA에 명확한 개념 및 구체적 이행방안, 미국방부와 신규 진입 민간 무선 서비스 사용자 간의 주파수 공동사용을 위한 상호 조정절차 등에 대해 제시하였다.²¹⁾ 여기서 CPA 및 PUA는 미국방부의 핵심 군 훈련 시설 및 중요 시험장소, 전략적으로 중요한 해병대 기지항구 등에 해당함을 명시하였다. 구체적으로는 고출력 해상 레이다, 저출력 항공 레이다, 저출력 지상 레이다, 시험 인프라, 군 훈련 용도의 설비가 운용되고 있다.²²⁾ 미국 내에는 33개의 CPA와 이와 중첩되는 23개의 PUA가 지정됨을 제시하였으며, CPA와 PUA는 배타적 서비스 이용 구역이 아닌 조정구역(coordination zones) 역할이 수행됨을 강조하였다. 다음의 표 2-3은 CPA와 PUA에 대한 개념을 정의하였다.

20) Ira Keltz(FCC OET), *The FCC Vision For Spectrum Sharing*, WinnComm 2021, Nov. 30, 2021.

21) FCC, *In the Matter of Facilitating Shared Use in the 3100-3550 MHz Band*, SECOND REPORT AND ORDER, ORDER ON RECONSIDERATION, AND ORDER OF PROPOSED MODIFICATION, FCC 21-32, March 18, 2021.

22) Public Notice(FCC, NTIA), *THE FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION AND THE NATIONAL TELECOMMUNICATIONS AND INFORMATION ADMINISTRATION: COORDINATION PROCEDURES IN THE 3.45-3.55 GHZ BAND* WT Docket No. 19-348, DA 21-645, June 2, 2021.

표 2-3. CPA 및 PUA 정의

구분	정의
CPA	<ul style="list-style-type: none"> • 비연방 무선 운용은 해당 대역 내 연방 시스템에 대한 유해한 간섭 영향을 주지 않는 범위에서 비연방 무선 서비스 운용 배치를 위해 본 대역에서 연방 시스템과 조정이 필요한 지리적 위치로 정의 • 연방 무선 시스템에 대한 유해한 간섭영향을 주지 않기 위해 전력 감소, 필터 추가, 안테나 각 조정, 차폐 시설 등의 조치를 취해야 함
PUA	<ul style="list-style-type: none"> • 특정 CPA와 중첩되는 PUA 존재, 해당 지역에서는 특정 이용 시간 및 대역폭 크기 조정이 필요할 수 있음 • 해당 대역내 간헐적 주기 동안(episodic periods) 발생하는 해당 대역 내 연방 무선 시스템 동작에 대해 비연방 무선 운용이 유해한 간섭영향을 주지 말아야 하는 지리적 위치로 정의

연방 무선 시스템과 비연방 무선 서비스 간의 조정 절차(coordination procedure)에 있어서는 국방부가 CPA 및(또는) PUA에서 무선 시스템 운용을 원하는 민간 면허 사용자의 공식적인 조정 요청 개시가 가능한 온라인 포털인 IPIC(Initial Portal for Interim Coordination)를 통해 진행하는 것으로 하였다²³⁾. IPIC는 국방부와 3.45GHz 대역 면허 사용자 간의 주파수 공동사용을 위해 공식 조정 지원을 위해 개발된 웹 기반 포털에 해당한다. 그림 2-8은 3.45~3.55GHz 대역 주파수 공동사용을 위한 조정 절차를 나타내고 있다.

23) DoD, *DoD 3.45 GHz Workshop*, April 19, 2022.

그림 2-8. 3.45~3.55GHz 대역 이용 조정 절차

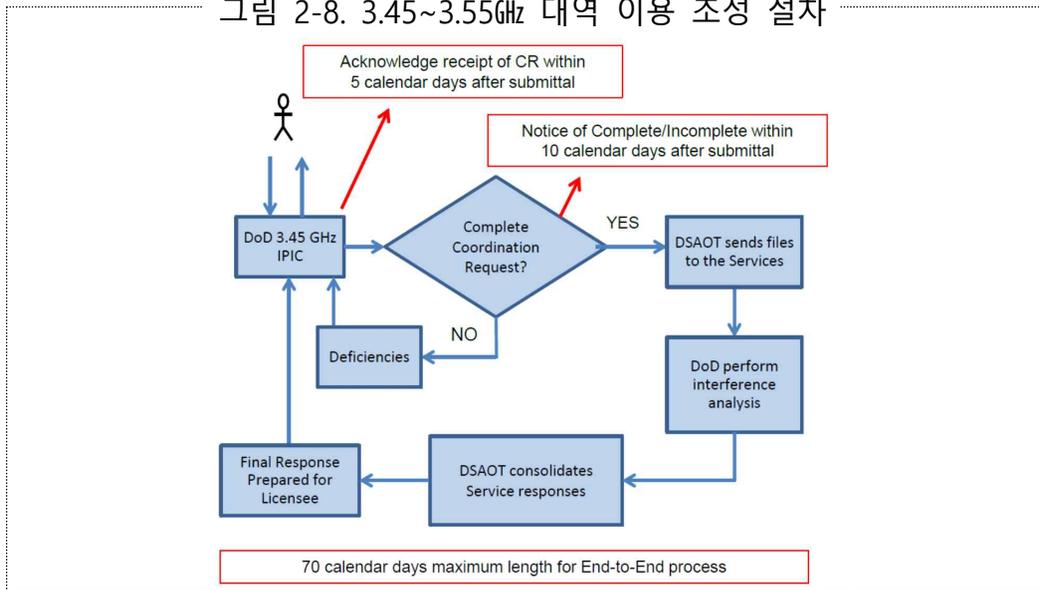
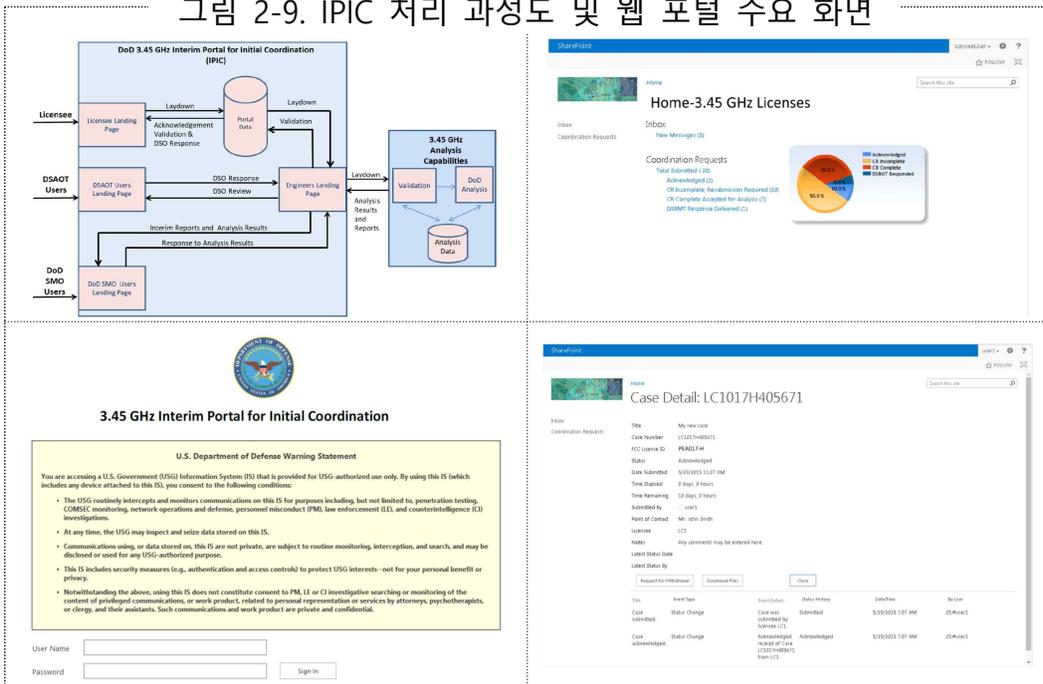


그림 2-8에서 CR(Coordination Request)은 IPIC를 통해 3.45~3.55GHz 대역 내 조정을 위한 3.45GHz 대역 면허 사용자의 공식 요청 내용에 해당하며, CR에는 면허 사용자의 무선국 배치 계획 등의 내용이 포함된다. IPIC에 CR이 제출되면, 개별 CR 건당 고유한 사례 ID(case ID) 번호가 할당되며, 제출된 CR 정보(데이터 등)가 적합한 형식 및 내용, 정확성을 갖추었는지에 대한 검증 과정을 가지게 된다. DSAOT(DoD Spectrum Access Optimization Team)은 조정절차 및 이를 통해 도출되는 산출물 등에 대한 관리 및 감동을 담당하는 행정부 담당자를 의미한다.

IPIC는 3.45GHz 대역 면허 사용자에게 70일 이내에 조정 결과 등 최종 응답을 제공해야 하며(10일 동안은 면허 사용자 조정 신청 제출 내용 확인·결정, 60일은 요청 내용에 대한 분석), 응답 내용에는 무선국 동작 조건에 대한 ‘부분적 동의’, ‘거부’, ‘동의’ 여부 내용이 포함된다. 응답 결과는 3.45GHz 대역 면허 사용자가 제안한 배치 방안과 면허 사용자 시스템 간 EMC 결과를 기반으로 결정되며, 군 무선 용도의 보안성을 고려하여 분석 결과는 제공되지 않는다. 그림 2-9는 IPIC 처리 과정도와 실제 웹 포털 주요 화면을 나타내고 있다.

그림 2-9. IPIC 처리 과정도 및 웹 포털 주요 화면



상기의 IPIC를 통한 공식 조정 절차가 시작되기 이전에도 3.45GHz 대역 면허 사용자가 무선국 이용(배치 등)에 대한 제안 내용 초안을 상호 공유하거나 연방 면허 사용자 조정 관계자에게 조정 제안 초안에 대한 논의를 요청할 수 있도록 하였다(Informal Discussions). 본 논의는 간접해결 방안 등의 기술적 내용, 개발과정, 면허 사용자가 제안한 시스템 배치에 따른 양립성 분석을 위한 적합한 측정방안, 지침 등에 대해 논의가 이루어질 수 있도록 하였다. 또한 면허 사용자가 제안한 시스템 배치 방안 특성이 반영된 이중망간 상호 분석방법 개발이 진행될 수 있으며, 간접에 대한 식별 및 해결방안 도출을 위한 개발 절차가 포함될 수도 있다.

3.45GHz 대역 면허 사용자는 조정 결과에 대한 문의사항이 있는 경우, 연방 면허 사용자 담당자에게 문의하여 연방 면허 사용자를 통해 제기된 전자파 양립성(EMC, Electromagnetic compatibility) 문제를 해결하는 데 도움이 될 수 있는 네트워크 설계 수정 방안을 제안할 수 있다. 이를

통해 연방 면허 사용자 사용자는 수정된 기술적 제안 내용을 검토할 수 있으며, 3.45GHz 서비스 면허 사용자가 네트워크 설계를 수정하면 정식 조정 요청을 다시 제출해야 한다. 이로 인해 3.45GHz 서비스 도입을 위한 공식적 조정 절차가 다시 시작되게 된다. 조정 과정 중 분쟁이 발생하는 경우, 상호 신뢰를 바탕으로 협의를 통해 해결하는 것을 우선하나, 상호 협의가 이루어지지 않는 경우, NTIA, FCC에 지원을 요청하는 것이 가능하다.

3.55~3.7GHz 대역은 3계층(three-tier) 사용자로 구성된 CBRS를 위한 주파수 공동사용 대역이며, DB 기반의 SAS와 스펙트럼 센싱 역할을 수행하는 ESC(Environmental Sensing Capability) 센서 노드와의 연계를 통해 주파수 공동사용이 이루어지는 체계로 구성되어 있다. 3계층 사용자는 최우선 간섭보호 대상인 면허 사용자 사용자와 다음 우선순위(priority) 사용자인 PAL(Priority Access License), 최하위 사용자인 GAA(General Authorized Access)로 구성되어 있다. 면허 사용자 사용자는 군 해상 레이더 및 위성 지구국, 지역 무선 인터넷 서비스가 존재한다.

PAL 사용자는 주파수 경매를 통해 개별 카운티 지역별로 10MHz 점유 대역폭 크기 단위로 할당받은 주파수를 이용하여 4G 및 5G와 같은 이동통신 서비스 용도로 주로 이용되고 있다. PAL 사용자는 면허 사용자 사용자에게 대한 간섭영향을 미치면 안되며, 면허 사용자 사용자로부터 유입될 수 있는 간섭영향을 용인할 수 있어야 한다. 마지막으로 GAA 사용자는 일종의 비면허 대역 이용 사용자와 유사한 서비스 형태를 이용할 수 있으며, 상위 계층인 면허 사용자 사용자와 PAL 사용자에게 간섭영향을 미치면 안된다.

CBRS에서의 주파수 공동사용 방식은 DB 기반의 스펙트럼 관리 시스템인 SAS와 스펙트럼 센싱 역할을 수행하는 ESC 센서 노드(또는 센서 망)로부터의 정보를 이용하여 사용자 계층 간 공존을 유지하면서 무선 서비스를 운용하고 있다. SAS는 주파수 규제기관인 연방통신위원회 내부에서 관리하는 무선국 허가 DB 역할을 수행하는 CDBS(Consolidated

Database System), ULS(Universal Licensing System), EAS(Equipment Authorization System) 정보를 일정 주기 간격으로 수신받을 수 있다. 이와 함께 CBRS는 군 해상 레이더에 대한 지역적 측면에서의 간섭보호 및 주파수 공동사용 수행을 위해 DPA(Dynamic Protection Area)라는 개념을 도입하였다. DPA는 CBRS 이용에 있어 군 해상 레이더에 대한 전파 혼·간섭 보호를 위해 필요해 따라 자동적으로 활성화 또는 비활성화가 가능한 로컬 영역 형태의 사전에 정의한 배타적 보호구역이라 할 수 있다. 즉, DPA 활성화 시에는 군 해상 레이더가 보호 상태(DPA 내 CBRS 기기 이용불가)에 있음을 의미하며, 비활성화 시에는 DPA 내에서 CBSD 사용이 가능하다. 그림 2-10은 단계별 DPA 적용 시나리오를 나타내고 있다.



다음의 표 2-4는 3.55~3.77GHz 대역 CBRS에 대한 연방통신위원회의 제도 도입 추진현황을 나타내고 있다.

표 2-4. CBRS 제도 도입 추진이력

구분	정의
FCC의 CBRS 제도 도입 추진이력	<ul style="list-style-type: none"> ● ('10년 6월 28일) 오바마 대통령 각서를 통해 무선 광대역 혁명을 위한 500MHz 대역폭의 신규 발굴 요청 ● ('10년 10월) NTIA의 3550~3650MHz 대역 이용 가능성에 대한 Fast track 보고서 발간

	<ul style="list-style-type: none"> • (‘13년) PCAST 보고서 발간(3계층 구조, SAS 등 무선 광대역 실현을 위해 주파수 공동사용의 필요성 언급) • (‘13년 6월 13일) 오바마 대통령 각서에서 연방 사용자와의 공동사용을 통한 스펙트럼의 광대역 접속 증가 요구 • (‘12년 12월) Notice of Proposed Rulemaking(NPRM), FCC의 3.5GHz 이용방안 제안(SAS 등), 대상대역 3.55~3.65GHz • (‘13년 3월) 3.5GHz Workshop, ‘12년 12월 NPRM 제시사항 준수를 위한 산학연관 공청회 개최 • (‘13년 11월) Public Notice Seeking Comment on Licensing Models and Technical Requirements Opens a New Window, 주파수 면허 모델(안)에 대한 의견수렴, PAL에 대한 경쟁입찰 추진 도입 발표 등 • (‘14년 1월) 3.5GHz Spectrum Access Workshop, SAS의 기술적 요구사항, 아키텍처, 운용 파라미터 등에 대한 의견공유를 위한 워크숍 개최 • (‘14년 4월) Further Notice of Proposed Rulemaking(FNPRM), 기존 CBRS 규칙 개정, 대상대역 3.55~3.7GHz, 배타적 구역 설정/적용 • (‘15년 4월) Report and Order and Second Further Notice of Proposed Rulemaking(R&O, FNPRM), 분배표 개정, C.F.R 개정 등 • (‘16년 4월) Order on Reconsideration and Second Report and Order, 최종 기술규칙에 해당 • (‘17년 10월) Notice of Proposed Rulemaking and Order Terminating Petitions, PAL에 대한 주파수 면허 기간 연장, 갱신연장, 지리적 영역 연장에 대한 의견수렴 등 • (‘18년 10월) Report and Order, 의견수렴을 통해 PAL의 규칙 일부 개정 • (‘20년 7월 23일~‘20년 8월 25일) 주파수 할당 경매 실시
SAS 및 ESC 인증 이력	<ul style="list-style-type: none"> • (‘15년 12월 16일) Public Notice - Establishing Deadline and Soliciting "First Wave" SAS Administrator and ESC Operator Proposals

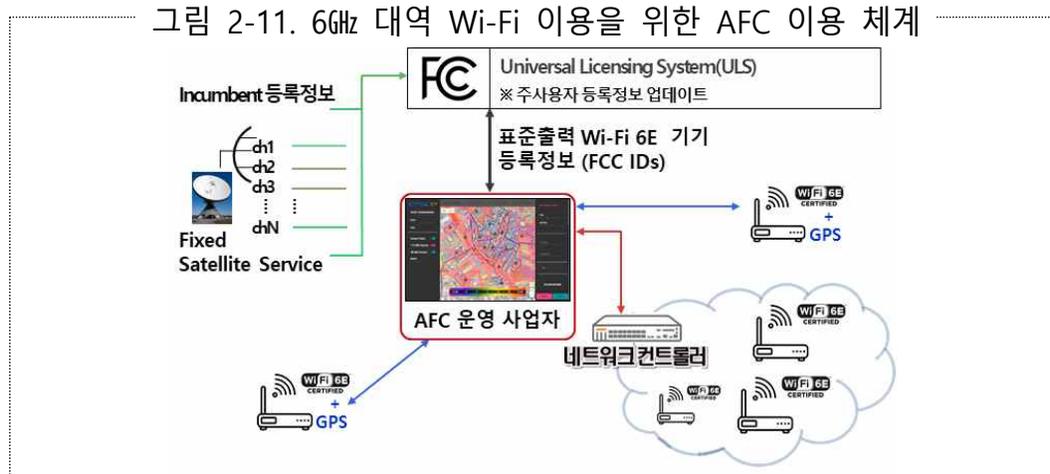
-
- ('16년 12월 21일) Public Notice - Conditional Approval of Seven First Wave SAS Administrators
 - ('17년 4월 7일) Public Notice - Establishing Deadline and Soliciting "Second Wave" SAS Administrator and ESC Operator Proposals
 - ('18년 2월 21일) Public Notice - Conditional Approval of Four First Wave ESC Operators
 - ('18년 7월 27일) Public Notice - Establishing Procedure and Deadline for Filing SAS Initial Commercial Deployment Proposals
 - ('18년 10월 16일) Public Notice - Establishing Procedure for Registering ESC Sensors
 - ('19년 4월 29일) Public Notice - Approving three ESCs for use in the 3.5 GHz band
 - ('19년 7월 29일) Public Notice - Approving the ESC sensor deployment and coverage plans of three ESC operators
 - ('19년 9월 16일) Public Notice - Approving five Spectrum Access System Administrators to begin initial commercial deployments in the 3.5 GHz band
 - ('20년 1월 27일) Public Notice - Certifying CommScope, Federated Wireless, Inc., Google, and Sony, Inc. as Spectrum Access System Administrators
 - ('20년 4월 21일) Public Notice - WTB and OET Approval Amdocs SAS for Full Commercial Deployment
 - ('20년 4월 21일) Public Notice - WTB and OET Approve Federated Wireless' SAS in American Samoa
 - ('20년 7월 14일) Public Notice - WTB and OET approve Key Bridge as an ESC operator, subject to ongoing compliance obligations
 - ('21년 3월 9일) Public Notice - WTB and OET Approve
-

	<p>Key Bridge SAS for Full Commercial Deployment</p> <ul style="list-style-type: none"> • (‘21년 5월 7일) Public Notice - Conditional Approval of Three Second Wave SAS Administrators • (‘21년 5월 7일) Public Notice - Approving additional ESC sensor deployment and coverage plans of four ESC operators • (‘21년 5월 7일) Public Notice - WTB and OET Expand Federated Wireless’ SAS Certification in American Samoa • (‘21년 5월 14일) Public Notice - WTB and OET Approve Google’s SAS in American Samoa • (‘21년 8월 6일) Public Notice - WTB and OET Approve Sony’s Use of Key Bridge ESC • (‘21년 9월 29일) Public Notice - WTB and OET Approve Amdoc’s Use of Key Bridge ESC
--	---

5.925~7.125GHz 주파수 범위에 해당하는 6GHz 대역 Wi-Fi 6E는 기존 간섭 보호 대상인 고정 마이크로웨이브 링크 등과 공존이 필요한 주파수 공동사용 방식을 적용하였다. 본 대역은 개별 U-NII (Unlicensed-National Information Infrastructure) 대역별로 표준출력과 저출력으로 구분하여 Wi-Fi 6E의 사용 가능 방사 출력 제한을 규정하였다. 표준출력은 U-NII-5와 U-NII-7 대역에서 기존 사용자에게 대한 간섭 보호를 목적으로 Wi-Fi 6E 이용을 위한 가용채널 정보를 제공하는 AFC(Automated Frequency Coordination) 시스템과의 연계가 반드시 필요하다. AFC는 기존 TVWS(TV White Space)의 WSDB(White Space Database), CBRS의 SAS와 유사한 형태를 가지는 DB 기반의 주파수 공동사용 관리 시스템이라고 할 수 있다.

AFC는 5.925~6.425GHz 및 6.525~6.875GHz 대역에서 Wi-Fi 6E의 액세스 포인트(AP, Access Point) 이용을 위한 가용채널 목록을 자동으로 결정하고 제공할 수 있는 별도의 스펙트럼 관리 시스템을 의미한다. AFC와

의 접속이 필요한 ‘AFC AP’는 GPS(Global Position System) 기능 탑재를 통해 자가 위치확인 기능을 갖추어야 하며, 24시간마다 AFC 운영자로부터 가용채널 목록을 요청해야 한다. 가용채널 정보 요청 시, 해당 AP의 위치, FCC ID, AP 시리얼 번호 등의 정보가 AFC에 전송되어야 한다.



상기의 그림 2-11에서 소개한 AFC 시스템 개발을 위해 ‘amdocs’, ‘Broadcom’, ‘comsearch’, ‘federated wireless’, ‘Google’, ‘keybridge’, ‘Kyrio’, ‘Nokia’, ‘Plume’, ‘Qualcomm’, ‘RED Technologies’, ‘SONY’, ‘Wi-Fi alliance’, ‘Wireless Broadband Alliance’ 등이 FCC에 개발 제안서를 제출한 바 있다.²⁴⁾ U-NII-6과 U-NII-8 대역에서는 저출력을 기반으로 실내 및 항공기 내 무선 서비스 이용이 가능하다.

6GHz 대역 Wi-Fi는 ‘18년 10월, 연방통신위원회의 6GHz 대역 비면허 사용방안 논의를 위한 ‘ET Docket No. 18-295(captioned Unlicensed Use of the 6GHz Band)’ 개설을 시작으로 당해 10월에는 6GHz 대역 이용 기술기준(안)을 제시한 NPRM 발표를 통해 본격화 하였다. ‘20년 4월에는 6GHz 대역 비면허 대역 이용방식에 대한 최종 기술규칙을 승인하였다.²⁵⁾ 6GHz 대역 이용 서비스는 ‘Wi-Fi Alliance’에 의해 Wi-Fi 6E라는 공식 서비

24) Commscope, *6GHz Commercialization*, WinnComm 2021, 1 December 2021.

25) FCC 20-51, 24 April, 2020.

스 명칭이 지정된 바 있으며, 퀄컴과 브로드컴 등의 칩셋 제조사들은 6 GHz 대역 지원이 가능한 신규 제품을 출시한 바 있다.²⁶⁾²⁷⁾ 그림 2-12는 6GHz 대역 Wi-Fi 6E 도입을 위한 주요 추진내용을 나타내고 있다.²⁸⁾ 또한 Wi-Fi 6E 기반의 AP 또는 클라이언트(client) 기기 이용 대역 및 이용 형태, 간섭보호 대상은 표 2-5와 같다.

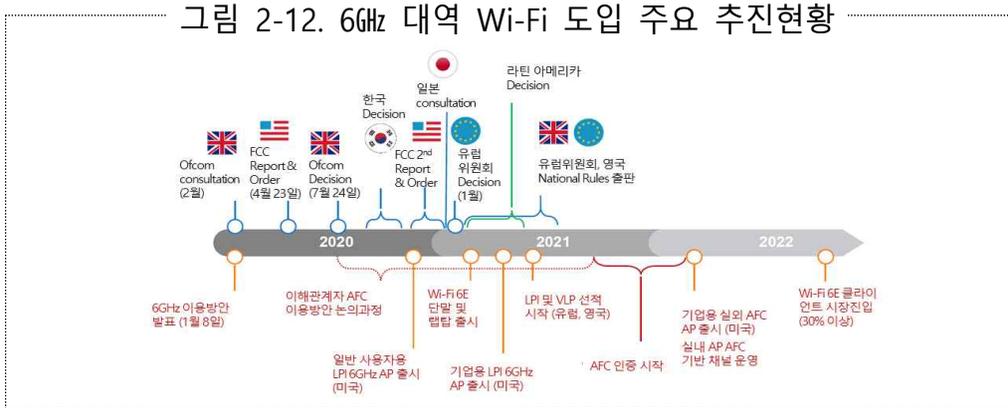


표 2-5. Wi-Fi 6E 이용 대역 및 형태, 간섭보호 대상

대역	주파수 (GHz)	이용 형태	간섭보호 대상
U-NII 5	5.925~6.425	고정형	<ul style="list-style-type: none"> 고정형 위성 서비스(지구대우주) 고정형 마이크로웨이브
U-NII 6	6.425~6.525	이동형	<ul style="list-style-type: none"> 고정형 위성 서비스(지구대우주) 방송보조서비스, 케이블 텔레비전 중계서비스
U-NII 7	6.525~6.875	고정형	<ul style="list-style-type: none"> 고정형 마이크로웨이브 고정형 위성 서비스(지구대우주)
U-NII 8	6.875~7.125	고정형 이동형	<ul style="list-style-type: none"> 방송보조서비스, 고정형 마이크로웨이브 케이블 텔레비전 중계서비스 고정형 위성 서비스(지구대우주, 우주대지구)

26) <https://www.qualcomm.com/news/releases/2020/02/25/qualcomm-highlights-technology-leadership-industry-readies-wi-fi-6e>

27) <https://www.broadcom.com/company/news/product-releases/52926>

28) aruba, *Introducing the 6 GHz Band & Wi-Fi 6E*, September 2020.

다음의 표 2-6은 기존 간섭보호 대상 사용자와 신규 Wi-Fi 6E 간의 주파수 공동사용을 위해 요구되는 U-NII 대역별 방사전력 기준 및 가용채널 이용을 위해 AFC 접속 필요 U-NII 대역을 나타내고 있다.²⁹⁾

표 2-6. Wi-Fi 6E 기기 클래스별 방사전력 크기 비교

기기 클래스	최대 EIRP (320MHz 채널 대역폭 고려)	최대 EIRP 전력스펙트럼밀도	동작 주파수 대역
표준출력 AP (Standard Power AP)	36 dBm (AFC 접속 필요, 실내외 사용)	23 dBm/MHz	U-NII 5 U-NII 7
표준출력 AP 접속 클라이언트	30 dBm (AFC 접속 필요, 실내외 사용)	17 dBm/MHz	U-NII 5 U-NII 7
저출력 AP (Low Power AP)	30 dBm (실내사용 전용)	5 dBm/MHz	U-NII 5 U-NII 6 U-NII 7 U-NII 8
저출력 AP 접속 클라이언트	24 dBm (AP 제어 하에 실내외 사용 가능)	-1 dBm/MHz	U-NII 5 U-NII 6 U-NII 7 U-NII 8

‘22년 11월 기준으로 연방통신위원회로부터 조건부 승인된 6GHz 대역 Wi-Fi AFC 시스템 운용 사업자는 총 13개 기업이며, Broadcom, Google, Comsearch, Sony Group, Kyrio, Key Bridge Wireless, Nokia Innovations, Federated Wireless, Wireless Broadband Alliance, Wi-Fi Alliance, Qualcomm, Plume Design, RED Technologies가 이에 해당한다.³⁰⁾

29) LitePoint, *A Guide to Wi-Fi 6E - Wi-Fi 6 in the 6GHz Band*, 2020.

30) FCC, *OET Announces Conditional Approval for 6GHz Band Automated Frequency Coordination Systems*, ET Docket No. 21-352, Public Notice DA 22-1146, November 2, 2022.

미국의 12.2~12.7GHz 대역은 기존 DBS(Direct Broadcast Satellite), MVDDS(Multichannel Video and Data Distribution Service), NGSO FSS(Non-Geostationary Satellite Orbit Fixed Satellite Service) 사용자와 신규 진입 예정 사용자 간의 주파수 공동사용 도입 방안에 대한 논의 및 향후 이용방안에 대한 의견수렴이 진행된 바 있다.³¹⁾³²⁾ 12GHz 대역 이용 방식은 ‘co-primary’ 기반이긴 하나, NGSO FSS와 고정 서비스인 MVDDS는 BSS(Broadcasting Satellite Service)에 해당하는 비연방 DBS(우주 대 지구)에 유해한 간섭영향을 미치면 안 된다. NGSO FSS는 10.7~11.7GHz 대역에 분배된 고정 서비스와 함께 ‘co-primary’ 기반으로 10.7~12.2GHz 대역에서 하향링크 용도로 분배되어 있다. 또한 NGSO FSS는 11.7~12.2GHz 대역서도 ‘primary’ 기반으로 분배되어 있다. 인접 주파수 대역인 12.7~12.75GHz 대역은 비연방 고정 서비스, FSS, 이동 서비스가 분배되어 있다.

12GHz 대역에서 서비스 도입 추진 이력은 다음의 표 2-6과 같다. 초기에는 DBS 용도로 분배되었으며, 이후 순차적으로 MVDDS와 NGSO FSS(관련 사업자 : OneWeb, AT&T, SpaceX, Intelsat, SES, Kepler 등)가 주파수 공동사용 기반으로 분배된 바 있다. 표 2-7의 추진 이력에서 알 수 있듯이 미국의 12GHz 대역은 수년간의 논의 과정을 거쳐 ‘23년에 12.2~12.7GHz 대역은 위성 서비스 이용을 유지하고 12.7~13.25GHz 대역은 재배치 비용 분담 방식(cost-sharing)으로 5G와 6G와 같은 신규 이동 무선 서비스 용도로 분배하는 것을 결정한 바 있다.

31) FCC News, *FCC SEEKS COMMENT ON MAXIMIZING EFFICIENT USE OF 12 GHz BAND-Agency Seeking Input on Feasibility of Allowing Mobile Services While Protecting Incumbents from Harmful Interference*, January 15, 2021.

32) FCC 21-13, *MVDDS 5G Coalition Petition for Rulemaking to Permit MVDDS Use of the 12.2-12.7 GHz Band for Two-Way Mobile Broadband Service*, NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING, January 12, 2021.

표 2-7. 12GHz 대역 주파수 분배 추진현황

분배시기	분배 서비스
'80년대 초	<ul style="list-style-type: none"> • DBS 분배, '94년에 서비스 시작 • '94년 및 '04년에 경쟁 입찰을 통해 DBS 일부에 대해 주파수 면허 부여
2000년	<ul style="list-style-type: none"> • MVDDS 이용 허용 • MVDDS, DBS, NGSO FSS 모두 'co-primary' 기반으로 이용 • 공동사용을 위해 MVDDS 방사전력을 14dBm/24MHz(EIRP 값)로 제한
'16년 '17년	<ul style="list-style-type: none"> • 차세대 NGSO FSS 시스템 도입 추진을 원하는 사업자들이 12GHz 대역 및 다수 대역 사용이 가능한 수백, 수천 개의 소형위성 배치 계획 승인 요청 → '17년 FCC가 요구를 받아들여 관련 규칙을 개정
'16년	<ul style="list-style-type: none"> • MVDDS 5G 연합(12개의 MVDDS 면허 사업자중 11개 참여)이 12GHz 대역 규칙 개정 요구를 청원하였으며, 청원 내용은 다음과 같음 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 주파수 분배표 12.2~12.7GHz 대역의 비연방 이용 부분에 이동 분배 추가 ✓ 주파수 분배표 상기 대역에서 사용하지 않는 NGSO FSS 분배 삭제 또는 2차 형태로 변경 ✓ MVDDS 면허 사용자의 양방향 점대점 또는 이동 광대역 서비스 제공을 허용, MVDDS EIRP 기준 값 삭제 등 <ul style="list-style-type: none"> ※ MVDDS 5G 연합이 제공한 공존 연구 결과에서는 신규 규칙이 DBS 운영자 보호가 가능하다고 제시, NGSO FSS와는 양립 불가 제시
'21년 4월	<ul style="list-style-type: none"> • FCC의 의견 수렴 진행 및 완료
'23년	<ul style="list-style-type: none"> • FCC는 현재와 미래 위성 서비스 이용을 위해 12.2~12.7GHz 대역(12.2GHz 대역) 이용 용도를 유지하는 규칙 채택 • 6G 무선을 포함한 유연한 지상 무선사용 지원을 위해 12.7~13.25GHz(12.7GHz 대역) 대역을 신규로 배치하는 정책을 제안³³⁾³⁴⁾

33) FCC News, *FCC MOVES FORWARD ON 12 GHz PROCEEDING - New Rules Preserve Portion of the Band for Advanced Satellite Broadband While Considering How to Promote Advanced Terrestrial Broadband in the Rest of the Band*, May 18, 2023.

다. 밀리미터파 대역(mmWave) 24GHz 이상

NTIA는 ‘23년 3월, 국가 스펙트럼 전략 개발 추진계획 발표를 통해 ‘23년 4월 17일까지 주파수 공동사용을 고려한 효율적인 스펙트럼 이용 방안 및 공동사용에 대한 전략적 평가방법, 관련 기술 및 추가 연구필요 내용 등에 대해 의견수렴을 진행한 바 있다³⁵⁾. 아직까지는 국가 스펙트럼 전략에 대한 최종(안)이 발표되지는 않았으나, 면허 및 비면허 대역을 아우르는 스펙트럼의 효율적 이용방안에 대한 정책적, 기술적 이용 방안이 제시될 것으로 예상된다.

미국의 mmWave 대역 중 WiGig와 같은 60GHz 비면허 대역 서비스를 제외한 기존 면허 면허 사용자 사용자와 신규 사용자 간 주파수 공동사용 방식 적용 대역은 37~37.6GHz(lower 37GHz 대역)³⁶⁾ 및 ‘23년 6월 FCC에서 이용방안이 발표된 바 있는 42GHz 대역³⁷⁾이 존재한다. FCC는 ‘16년 7월, lower 37GHz 대역에 대해 공동사용 기반의 면허 대역으로 분배된 바 있으나, 현시점까지도 구체적인 이용방안을 마련하지는 못하고 있는 실정이다. 본 대역은 28GHz 대역 및 37GHz, 39GHz 대역에서 배타적 면허를 갖는 동일 규격의 이동 및 고정 무선국 운영 방식을 적용하는 것이 가능하며, mmWave 대역 특성 상 빔 형성 안테나가 협대역 빔을 생성하므로 공간적 측면에서의 주파수 공동사용 실현 가능 확률이 높다고 할 수 있다. 이에 퀄컴은 그림 2-13과 같은 ‘기기 기반, 조정 기반의 센싱 방식(Equipment-based, coordinated sensing)’을 FCC에 제안한 바 있다.

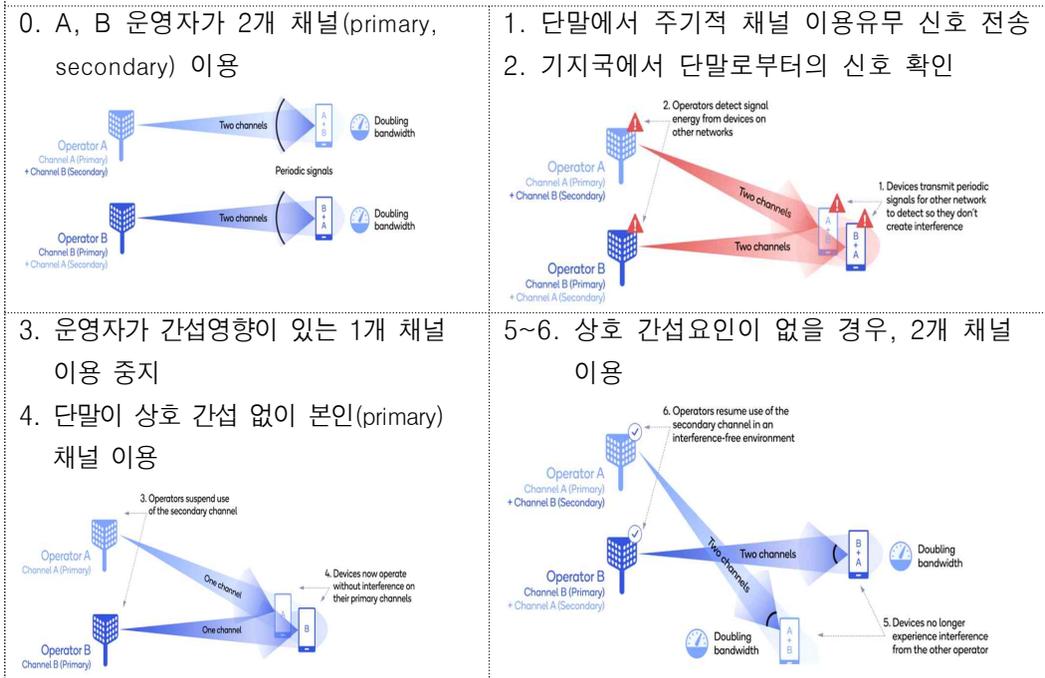
34) FCC 23-36A1, *In the Matter of Expanding Flexible Use of the 12.2-12.7 GHz Band/Expanding Use of the 12.7-13.25 GHz Band for Mobile Broadband or Other Expanded Use*, REPORT AND ORDER AND FURTHER NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING AND NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING AND ORDER, May 19, 2023.

35) <https://www.federalregister.gov/documents/2023/03/16/2023-05406/development-of-a-national-spectrum-strategy>

36) <https://www.qualcomm.com/news/onq/2022/07/how-a-new-millimeter-wave-spectrum-sharing-paradigm-provides-high>

37) FCC 23-51, *In the Matter of Shared Use of the 42-42.5 GHz Band/Use of Spectrum Bands Above 24 GHz For Mobile Radio Services*, NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING, June 8, 2023.

그림 2-13. 퀄컴의 lower 37GHz 대역 주파수 공동사용 방식 운영 과정



42GHz 대역 범위에 해당하는 42~42.5GHz 대역은 현재 미국에서는 무선 서비스가 거의 사용되지 않고 있는 ‘greenfiled spectrum’에 해당한다. 현재 ‘primary’ 기반으로 비연방 고정 및 이동 서비스를 위한 주파수로 분배되어 있으며, 좌우로 인접하는 대역 중 40~42GHz 대역은 위성 서비스, 42.5~43.5GHz 대역은 무선천문이 이용하고 있다. FCC는 42GHz 대역 이외에 혁신적이고 비배타적 방식의 스펙트럼 접속 모델을 고려하고 있으며, 향후 다음의 3가지 방식 등에 대한 장단점 등을 검토할 것임을 밝힌 바 있다.

- (전국망 개념의 비배타적 면허 접근방식) 현재 70/80/90GHz 대역에서 이용하는 방식에 대한 검토, 면허 사용자가 제3의 사업자에 의한 DB를 통해 특정 배치지역 조정
- (특정 지역에서의 면허 접근방식) 면허 사용자가 개별 배치 지역에서의 무선국 이용을 위해에 대해 FCC에 직접 신청

- (기술적 기반의 센싱 접근방식) Lower 37GHz 대역에서 퀄컴이 제안한 기술 기반의 ‘long-term’ 센싱 메커니즘 등(상기 그림 2-13 내용에 해당)
- (기타) 조정 메커니즘을 포함한 공동사용 기반의 면허 접근방식, ‘first-in-time’ 보호방식, lower 37GHz 대역에서 고려되는 공동사용 방식에 대한 잠재적인 시너지 효과, 인접하는 42.5~43.5GHz 대역에서의 무선천문서비스 보호를 위한 측정방안 등

95GHz 이상 대역(95GHz~3THz)에서도 10년의 이용기간이 부여되는 신규 실험 면허를 도입하였으며, 비면허 기반으로 이용이 가능한 116~123GHz, 174.8~182GHz, 185~190GHz, 244~266GHz 대역을 신규로 분배하였다.³⁸⁾

라. 저궤도 위성 서비스 간의 주파수 공동사용 제도 도입

FCC는 최근 비정지 위성 궤도(NGSO) 기반의 차세대 고정위성서비스(FSS)에 대한 주파수 공동사용 규칙을 제정한 바 있다.³⁹⁾ 최근의 SpaceX의 스타링크, OneWeb, 아마존 등에서 저궤도 위성 서비스에 대한 적극적인 도입 경쟁으로 인해 NGSO FSS에 대한 수요가 급속히 증가하고 있다. 이에 FCC는 특정 위성 궤도 이용을 선점하고 위성을 운영하고 있는 기존 위성 사업자에게 보호 우선권이 있다는 기존 제도에 대한 개정을 진행하였다. 이를 통해 신규 진입 위성 사업자 간의 경쟁을 도모하고 관련 산업 활성화를 촉진하고자 하였다.⁴⁰⁾⁴¹⁾

본 전파규칙 개정은 ‘23년도에 신설된 FCC의 우주국(Space Bureau)에서 제·개정된 첫 번째 전파규칙에 해당하며, 앞으로 미국에서의 신규 진입

38) FCC OET 의장 발표자료, *Accelerating Digital Transformation through Emerging Technologies*, June 21, 2021.

39) FCC, *Order and Notice of Proposed Rulemaking*, December 15, 2021.

40) <https://www.satellitetoday.com/government-military/2023/04/21/fcc-updates-spectrum-sharing-rules-for-ngso-constellations/>

41) FCC, *REPORT AND ORDER AND FURTHER NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING*, FCC 23-29, April 21, 2023.

위성 서비스 사업자는 기존 위성 서비스 사업자와의 주파수 공동사용을 위한 조정 및 협의가 필요하다. 즉, 사업자 간 조정 기반의 협력적 주파수 공동사용 방식에 해당하며, 신규 진입 위성 서비스 사업자는 기존 위성 서비스를 어떻게 보호할지에 대한 입증 책임을 가진다. FCC는 향후 10년의 기간 동안에 기존 위성 서비스 사업자에 대한 보호조치를 단계적으로 폐지할 예정이다. NGSO FSS 사용자간에 주파수 공동사용을 위한 조정이 실패할 경우, 기존의 일반적인 스펙트럼 분할 절차(default spectrum-splitting procedure)가 적용된다. 본 스펙트럼 분할 절차에서는 $\Delta T/T = 6\%$ 라는 위성 간의 상호 간섭 보호를 위한 공존 기준값이 적용된다.

2. 영국

영국의 주파수 규제 기관인 Ofcom은 ‘2016 Framework for Spectrum Sharing’을 통해 TVWS에서 이용되는 위치정보 DB(geo-location DB)가 기존 무선 서비스에 대한 간섭을 보호하는 동안 신규 무선기기가 가용 주파수를 쉽게 확인할 수 있게 하며, TVWS 이외에도 타 주파수 범위를 대상으로 한다는 것을 기본 원칙으로 명시한 바 있다.⁴²⁾⁴³⁾ ‘19년 7월에는 성명서를 통해 영국의 스펙트럼 이용 및 관리 방식 도입에 있어 최종 목표는 DSA(Dynamic Spectrum Access)가 가능한 스펙트럼 관리 체계 구축에 있음을 명시한 바 있다.⁴⁴⁾

‘22년 12월에는 스펙트럼 로드맵 발표를 통해 향후 영국이 지향하는 주파수 이용 관련 업무영역을 제시한 바 있다.⁴⁵⁾ 향후 업무영역으로는 네트워크 진화 및 융합(Network Evolution & Convergence)과 함께 혁신 및

42) Ofcom, *A Framework for Spectrum Sharing*, Statement, 14 April 2016.

43) Ofcom, *Spectrum Management Strategy*, 30 April 2014.

44) Ofcom, *Enabling wireless innovation through local licensing Shared access to spectrum supporting mobile technology*, Statement, 25 July 2019.

45) Ofcom, *Spectrum Roadmap - Delivering Ofcom's Spectrum Management Strategy*, 10 November, 2022.

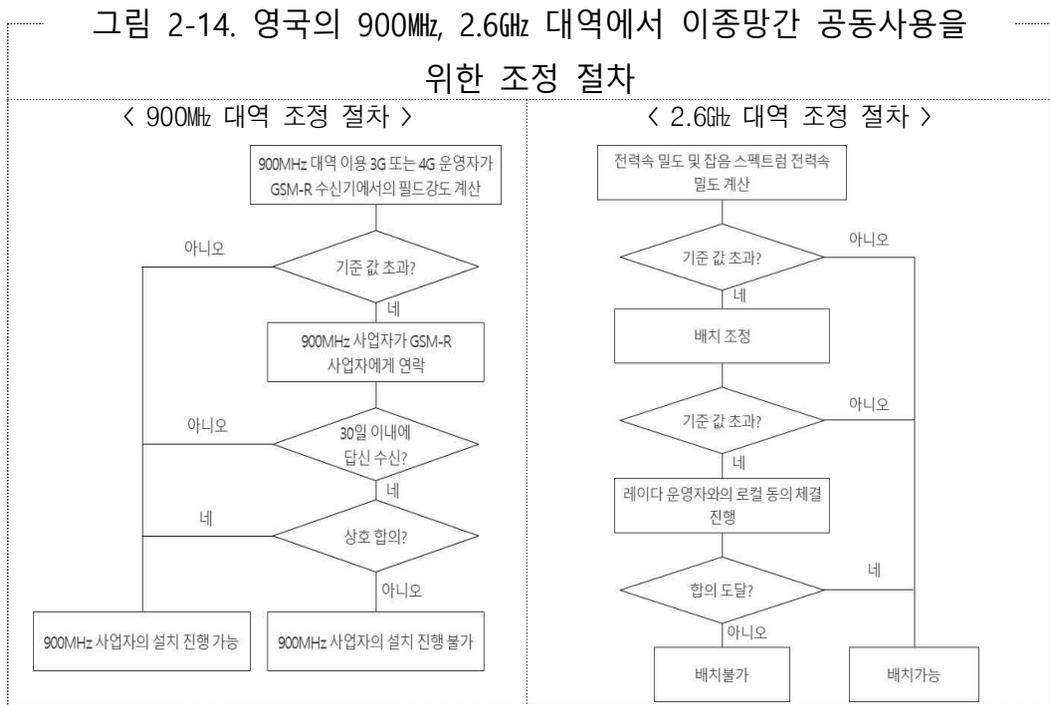
공동사용 가속화(Accelerating innovation & sharing), 더욱 향상된 스펙트럼 관리를 위한 더욱 좋은 데이터 확보(Better data for batter spectrum management)가 있으며, 혁신 및 공동사용 가속화에 있어서는 ‘스펙트럼 샌드박스’를 통해 혁신 및 공동사용이 가능한 신규 방법 조사에 해당한다. ‘스펙트럼 샌드박스’는 특정 지리적 위치 및 대역에서 학계와 산업계와의 협력을 바탕으로 실제 환경에서 이용 가능한 신규 주파수 공동사용 기술 시험을 진행한다는 의미이다. 이는 기존에 진행된 바 있는 미국 방위고등연구계획국(DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency)의 주파수 공동사용 기술 경합 대회인 SC2(Spectrum Collaboration Challenge) 및 국내의 전파 플레이그라운드와 유사한 개념이라고 판단된다. ‘스펙트럼 샌드박스’ 초기 단계는 3.8~4.2GHz 대역의 주파수 공동사용에 초점을 맞추고 있으며, 미래 DB 역할을 포함한 스펙트럼 관리에 있어서는 신규로 적응적이면서 유연한 스펙트럼 관리 방식을 검토할 예정이다. 또한 전파전달 모델 개선을 위해 실 환경 데이터를 이용할 예정이다.

위성통신 부문에 있어서는 미국과 유사하게 우주 기반 서비스 간의 효과적인 주파수 공동사용을 위한 연구(NGSO 시스템에 중점)와 함께 위성 과 지상 단말 간 직접통신에 해당하는 ‘Direct to Mobile Handset Satellite’ 등 차세대 네트워크 기술 개발 현황에 대한 모니터링 및 국가와 산업 등에 미치는 영향에 대해 검토를 진행할 예정이다.

가. 하위 중대역(Lower Mid-Band) 3GHz 이하

영국의 3GHz 이하 하위 중대역에서 대표적인 주파수 공동사용 방식은 TVWS와 2계층 공동사용 사용자 계층을 갖는 LSA(Licensed Shared Access) 방식이라 할 수 있으며, 미국과 유사하게 민간이 운영하는 스펙트럼 관리 DB를 통해 주파수 공동사용을 이용하고 있다. 이외 대역에서의 주파수 공동사용에 있어서는 해당 대역을 이용하는 이종망 사업자 간의 상호 협의, 조정 과정을 거쳐 무선국을 배치하는 방식으로 운영되

고 있다. 그림 2-14는 900MHz 대역을 이용하는 3G 또는 4G 이동통신 사업자가 동일 대역을 이용하는 GSM-R(Global System for Mobile Communications - Railway)과의 주파수 공동사용을 위한 조정절차⁴⁶⁾ 및 2.6 GHz(2500~2690MHz) 대역을 이용하려는 신규 면허 사용자가 인접 대역 이용 레이다(2700~3100MHz)와의 공존을 위한 조정절차를 나타내고 있다.⁴⁷⁾



상기 대역 이외에도 영국 국방부와 민간 무선 사용자 간의 공존이 필요한 2.3GHz(2350~2390MHz) 대역⁴⁸⁾에서도 무선 서비스 이용자 간의 상호 협의 및 조정절차를 통해 서비스가 운영되고 있다.

46) Ofcom, *Notice of Co-ordination Procedure required for 3G or 4G deployment under the Public Wireless Network Licences covering the 900 MHz band*, July 9, 2013.

47) Ofcom, *Notice of coordination procedure required under spectrum access licences for the 2.6 GHz band - Coordination with aeronautical radionavigation radar in the 2.7 GHz band*, March 1 2013.

48) Ofcom, *Notice of coordination procedure for MOD sites related to 2.3 GHz licences*, April 12, 2018.

나. 상위 중대역(Upper Mid-Band) 3~24GHz

Ofcom은 5G 서비스 도입을 위해 3.4GHz 대역을 기 할당한 바 있으며, '16년 8월에 3.8~4.2GHz 대역의 주파수 공동사용 도입을 위한 의견수렴 목적의 'Call for Input'을 요청한 바 있다. '17년 7월에는 해당 기술규칙의 최종본에 해당하는 'statement'를 거쳐, '18년 12월 'consultation'에서 3.8~4.2GHz 대역 및 1800MHz(1781.7~1785MHz, 1876.7~1880MHz) 대역, 2300MHz(2390~2400MHz) 대역에 대해 기존 사용자와의 주파수 공동사용을 기반으로 하는 공유접속면허(shared access license) 도입 방안을 제안한바 있다.⁴⁹⁾⁵⁰⁾⁵¹⁾

'19년 7월에는 최종 'statement' 발표를 통하여 '18년 12월에 발표된 'consultation' 대비 신규 공유접속면허 대역인 26GHz(24.25~26.5GHz) 대역 추가 및 기존 LTE(Long Term Evolution) 대역에 대한 로컬 접속면허 허용을 결정하였다⁵²⁾. 로컬 접속면허는 기존 LTE 이용 주파수 대역에 대해 신규 사용자가 'Mobile Trading Regulations Wireless Telegraphy(Mobile Spectrum Trading) Regulations 2011)'을 통해 무선 접속이 가능하도록 규정하였으며, 전국망 면허를 갖는 MNO(Mobile Network Operator) 스펙트럼에서 이용되지 않는 부분에 대해 신규 사용자의 스펙트럼 접속을 허용하는 방식이다.

영국의 공유접속면허 이용 대상 주파수 대역에서 기존 및 신규 사용자는 'first come, first served' 주파수 공동사용 방식으로 관리 및 조정을 통한 접속과정을 가지며, 2가지 형태의 공유접속면허가 부여된다. 제도도입 초기 단계에서는 2.3GHz 대역은 실내에서만 사용 가능하도록 규정하였다. 공유접속면허 방식은 50m 반경 내 다수의 기지국 배치가 가

49) Ofcom, *3.8 GHz to 4.2 GHz band: Opportunities for Innovation*, call for input, 14 April 2016.

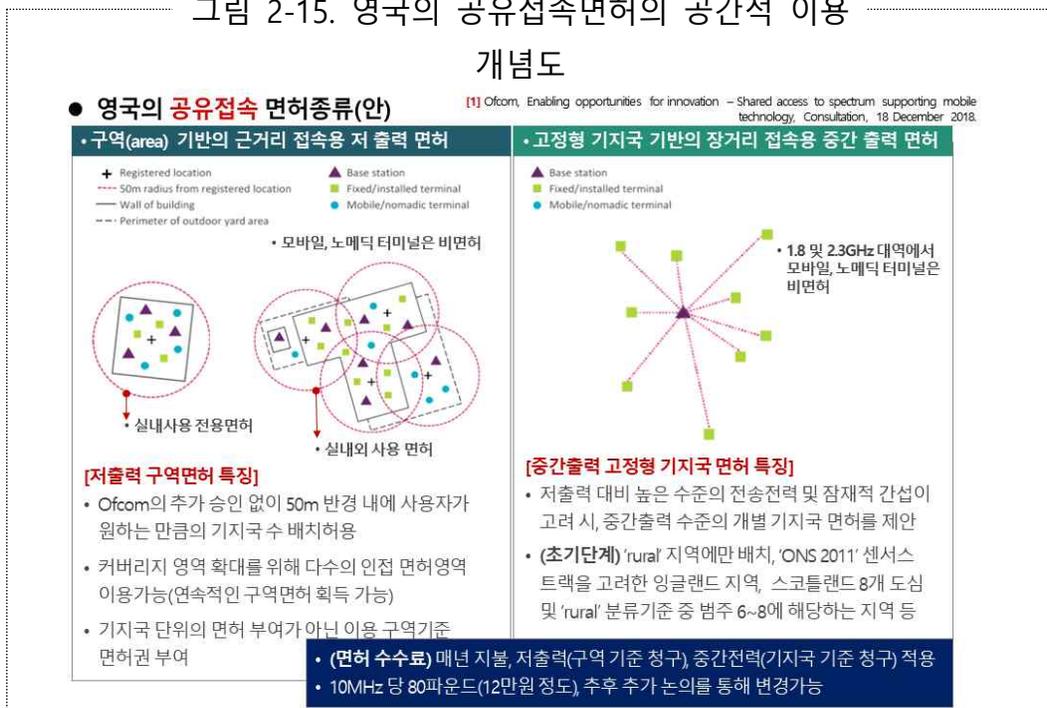
50) Ofcom, *Award of the 2.3 and 3.4 GHz spectrum bands*, statement, 11 July 2017.

51) Ofcom, *Enabling opportunities for innovation - Shared access to spectrum supporting mobile technology*, Consultation, December 18, 2018.

52) Ofcom, *Enabling wireless innovation through local licensing Shared access to spectrum supporting mobile technology*, Statement, 25 July 2019.

능하고, 기지국 당 면허가 아닌 영역 기준으로 면허를 부여하는 저출력 (Low power) 기반의 구역 당 면허(area license)와 구역면허 대비 더욱 높은 전송전력 이용이 가능한 중간출력 기반의 개별 기지국 당 면허 방식을 제시하였다. 공유접속 면허 수수료는 저출력(구역 기준 청구), 중간출력(기지국 기준 청구) 모두에 대해 매년 10MHz 당 80파운드 납부를 규정하였다. 또한 최소 3년의 면허 기간을 부여하였고, MNO와 신규 사업자 간의 상호 협의 상황을 고려하여 더욱 긴 기간이 부여될 수 있음을 명시하였다.

그림 2-15. 영국의 공유접속면허의 공간적 이용 개념도



Ofcom은 향후 완전 자동화 및 중앙집중형 DB 기반의 스펙트럼 관리를 고려한 DSA 방식으로 주파수 공동사용 방식 전환이 적합한지에 대한 검토 작업을 지속적으로 진행할 예정이다. 표 2-8 및 표 2-9, 표 2-10은 공유접속면허가 부여되는 개별 대역에서의 저출력 및 중간출력에 대한 기술기준을 나타내고 있다.

표 2-8. 공유접속면허 대역에서의 저출력 무선국 기술기준

파라미터	3.8~4.2GHz 대역	1.8GHz 대역	2.3GHz 대역
허용가능 배치장소	실내외 사용, 실외 안테나는 지상고 기준 10m 이하		초기단계에서는 실내만 사용가능
허가 대역폭	10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100MHz	2 × 3.3MHz (paired)	10MHz
기지국 최대 송신전력 (EIRP)	(20MHz 이하 반송파 이용 시) 반송파 당 24dBm (20MHz 이상 이용 시) 18dBm/5MHz	(3MHz 이상 이용 시) 반송파 당 24dBm	(10MHz 이상 이용 시) 반송파 당 24dBm
터미널 최대 송신전력	28dBm (TRP, Tx/Rx Point) (모바일 및 노메딕)	23dBm (TRP) (모바일 및 노메딕)	25dBm (TRP) (모바일 및 노메딕)
터미널 최대 송신전력	28dBm (EIRP) (고정형)	23dBm (EIRP) (고정형)	25dBm (EIRP) (고정형)
프레임 구조	해당없음	해당없음	실외에서 TDD 3:1 프레임 구조

표 2-9. 공유접속면허 대역에서의 중간출력 무선국 기술기준

파라미터	3.8~4.2GHz 대역	1.8GHz 대역	2.3GHz 대역
허용가능 배치장소	'Rural' 지역 사용가능	'Rural' 지역 사용가능 실외 안테나 높이는 지상고 기준 10m 이하	
허가 대역폭	10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100MHz	2 × 3.3MHz (paired)	10MHz
기지국 최대 송신전력 (EIRP)	(20MHz 이하 반송파 이용 시) 반송파 당 42dBm (20MHz 이상 이용 시) 36dBm/5MHz	(3MHz 이상 이용 시) 반송파 당 42dBm	(10MHz 이상 이용 시) 반송파 당 42dBm
터미널 최대 송신전력	28dBm (TRP) (모바일 및 노메딕)	23dBm (TRP) (모바일 및 노메딕)	25dBm (TRP) (모바일 및 노메딕)
터미널 최대 송신전력	28dBm (TRP) 및 35dBm/5MHz (EIRP) (고정형)	23dBm (EIRP) (고정형)	25dBm (EIRP) (고정형)
프레임 구조	해당없음	해당없음	실외에서 TDD 3:1 프레임 구조

표 2-10. 26GHz 공유접속면허 대역에서의 무선국 기술기준

파라미터	26GHz (24.25~26.5GHz)
허용가능 장소	실내 사용만 가능
허가 대역폭	50, 100, 200MHz
기지국 최대 송신전력(TRP)	23dBm/200MHz, 3GPP TR 38.302 고려
허용채널 이외의 기지국 최대 송신전력(TRP)	<ul style="list-style-type: none"> • (채널 edge를 시작으로 50MHz 까지의 영역) 12dBm/50MHz • (채널 edge를 시작으로 50MHz 크기를 넘어서는 영역) 4dBm/50MHz • 동기화를 위해 EC Decision (EU)2019/784에 따름
23.6~24GHz 대역 기지국 최대 송신전력(TRP)	-42dBW/200MHz
터미널 최대전력(TRP)	23dBm, 3GPP TR 38.101-2 고려
23.6~24GHz 대역 터미널 최대 송신전력(TRP)	-38dBW/200MHz

3.6~3.8GHz 대역의 경우는 Ofcom이 제공하는 ‘co-ordination tool’을 이용하여 기존 및 신규 사용자 간 상호 혼·간섭 보호를 위해 조정 작업을 가지며, ‘22년 12월 23일까지 본 대역에서의 기존 사용자인 고정 링크 면허의 일몰을 진행할 예정이다.⁵³⁾ 고정 링크 면허 사용자 이외에 동일 대역 이용 기존 면허 사용자 사용자에게 해당하는 위성 지구국에 대한 혼·간섭 보호를 위해 지구국 주변 1km의 반경을 갖는 ‘in-band restriction zone’을 설정하였다⁵⁴⁾. ‘in-band restriction zones’ 내에서는 일반적으로 이중망간 공존을 위해 적용되는 보호이격거리 개념의 타 무선 사용자 이용 불가 구역이 아닌 특정 보호 기준을 만족하면, ‘in-band

53) Ofcom, *Notice : Interim coordination procedure for 3.6~3.8GHz spectrum access licence*, November 4, 2020.

54) Ofcom, *Notice : In-band restriction zones around satellite earth stations in the 3.6~3.8GHz band*, November 4, 2020.

restriction zones’ 내에서 타 무선 사용자 서비스 이용이 가능하다. ‘in-band restriction zones’에 신규 사용자가 기지국을 설치할 경우, 해당 구역 중심에서 5MHz 점유 대역폭 이용 고려 시, 자유공간 경로손실 값을 반영하여 계산된 수신전력 값이 -43dBm/5MHz 이하가 된다는 것을 보장해야 한다. 이와는 별도로 본 대역을 이용하는 영국 국방부의 무선 서비스에 대한 혼·간섭 보호를 위한 별도의 간섭보호 기준 및 조정 절차가 존재 한다⁵⁵⁾. 본 대역 이외에 영국의 상위 중대역에서는 3.4GHz(3410~3600MHz) 대역에서의 신규 면허 사용자가 인접하는 2.7GHz(2700~3100MHz) 대역에서 운용중인 레이다하고의 공존을 위한 조정절차가 존재한다.⁵⁶⁾

최근 Ofcom은 공유접속면허 방식에 대한 고도화, 이용 개선 방안 강구를 위해 관련 산업체 및 학계 등을 대상으로 의견수렴을 실시한 바 있다.⁵⁷⁾ 의견수렴 요청 질의 내용 중 주파수 공동사용 적용 방식에 대한 내용이라 할 수 있는 ‘신규 추가 사용자 간의 공존 지원이 가능한 새롭게 떠오르는 기술이 있는지?’에 대한 답변에 있어 다양한 의견이 취합된 바 있다. 표 2-11은 공유접속면허 대역에서 주파수 이용방식 진화를 위해 산업체 등에서 제시한 주요 의견 내용을 나타내고 있다.

표 2-11. 향후 공유접속면허 대역 이용방식 제안 주요 내용

답변기관	내용
Neutral Wireless	<ul style="list-style-type: none"> • SDR 기반의 기지국 필요, 이를 통해 무선 연결과 동시에 전파 모니터링 및 결과 보고 가능 • 실환경 요소 반영 필요(안테나 지향성, 양각, 틸트, 안테나 패턴 등) • 무선국 면허 신청기간 단축 필요, 신청과정 자동화 필요
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Neutral host 방식 요구

55) Ofcom, *Notice of coordination procedure for MOD sites related to the 3.6~3.8GHz band*, November 14, 2020.

56) Ofcom, *Notice of aeronautical radar coordination - Coordination procedure for air traffic control radar - notice issued to 3.4 GHz Licensees*, June 27, 2023.

57) <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/shared-access-licence-framework-evolution>

Dense-Air, BT	<ul style="list-style-type: none"> • 조정을 위해 TDD 동기화 방식 필요(상하향링크 이용 비율 조정 등)
Dynamic Spectrum Alliance	<ul style="list-style-type: none"> • 자동화 방식의 주파수 면허부여 절차 필요
ERICSSON, Small Cell Forum, Nokia	<ul style="list-style-type: none"> • AAS(Active Antenna Systems) 적용 필요, 공동사용 기술 사례로 CBRS 등 소개
Shure	<ul style="list-style-type: none"> • 동적이고 완전 자동화 형태의 DB 접근방식이 조정을 위한 가장 좋은 방식임
BBC	<ul style="list-style-type: none"> • TVWS 개발 경험을 통해 자동화된 시스템 및 DB 기반의 기술개발 필요. 현재 조정방은 불명확, 샌드박스를 통해 개발 필요

다. 밀리미터파 대역(mmWave) 24GHz 이상

영국의 28GHz 대역은 기본적으로 블록 에지 마스크를 기반으로 스펙트럼 이용 권리를 정의하는 기술적 면허 조건을 바탕으로 운용 된다⁵⁸⁾. 본 대역을 이용하는 주파수 면허 사용자는 서비스 운영자 간 조정 관련 계약 내용을 Ofcom에 신고해야 하며, 실제 주파수 할당 대역에서의 세부 이용 범위 분할이 이루어지기 전에 잠재적으로 영향을 받을 수 있는 모든 이해관계자와 공존 요구 사항 분석 및 개별 스펙트럼 블록 정의 및 블록 간 자체적인 경계 조건 정의가 필요하다. 표 2-12는 28GHz 대역 내에서 이용 가능한 세부 대역을 나타내고 있다.

표 2-12. 28GHz 대역에서의 세부 이용 가능 대역

패키지	하위 부밴드(GHz)	상위 부밴드(GHz)	총 대역폭
전국망	27.8285~28.0525	28.8365~29.0605	2 × 224MHz
1	28.0525~28.1645	29.0605~29.1725	2 × 112MHz
2	28.1925~28.6045	29.2005~29.3125	2 × 112MHz
3	28.3325~28.4445	29.3405~29.4525	2 × 112MHz

58) Ofcom, *Spectrum Co-Existence Document - Spectrum Access 28 GHz*, February 2018.

본 대역에서 이용자 상호 간 주파수 공동사용을 위한 조정 환경은 다음과 같다. 먼저 주파수 면허 사용자는 영국 내에 정의된 지리적 영역 내에서 기지국 배치가 가능하며, 본 지리적 영역에서 동일 주파수 대역을 이용해야 하는 경우에는 주파수 면허 사용자 간에 지리적 경계 (geographic borders) 정보를 공유한다. 전파는 물리적 특성 상 이와 같은 지리적 경계를 따르지 않으므로 지리적 경계 및 주파수를 공동사용하는 사용자 간에 조정을 시작해야 할 필요성을 나타내는 데 있어 전력속밀도 값이 이용된다. 즉, 전력속밀도 값은 조정 트리거(트리거 레벨 : -102.5dBW/MHz/m^2 , 단일 기지국 이용 고려)를 위한 용도로만 사용되며, 간섭이 반드시 발생한다는 의미를 나타내는 것은 아니다.

3. 유럽연합

유럽연합은 주파수 공동사용 이용 촉진을 통해 주파수의 효율적 이용 및 유럽연합 국가 전역에서의 주파수 수요가 충족 되는 것을 요구하고 있으며, 주파수 공동사용 기술 발전으로 인해 무선 혁신에 대한 연구 및 배치에 대한 투자 촉진이 가능한 규제 환경 구축이 가능할 것으로 판단하고 있다. 또한 주파수 공동사용을 통해 동일 주파수 대역에서 다수 공급자가 동시에 사용하므로 고정 및 이동 서비스에서 서비스 비용이 저렴한 무선 광대역 서비스 제공이 가능할 것으로 판단하였다. 즉, 주파수 공동사용을 통해 인프라 공유 가능성 향상으로 연결 가능하며, 저렴한 무선 광대역 서비스 제공 및 더욱 많은 무선 장치를 사용할 수 있게 함으로써 유럽 시민들에게 혜택이 제공될 것으로 예상하였다.⁵⁹⁾

유럽연합 차원에서의 주파수 공동사용 관련 정책 추진 사례로는 스펙트럼이 효율적이고 효과적으로 이용되어야 한다는 원칙을 기반으로 하는 프레임워크 정의 및 스펙트럼의 효율적이고 유연한 이용을 위해 유럽연합 국가들이 유럽위원회와의 협력을 통해 적절한 경우 주파수 공동

59) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/shared-use-spectrum> (Title : Promoting the shared use of Europe's radio spectrum)

사용 촉진이 필요함을 명시한 ‘RSPP 2012(Radio Spectrum Policy Programme 2012)’이 있다. 또한 ‘EECC 2018(European Electronic Communications Code 2018)’에서는 주파수 공동사용 촉진을 통해 산업 경쟁 촉진, 유럽 시민 및 기업 이익과 무선 연결성 달성을 위한 주요 동인으로 간주한 바 있다. 특히 스펙트럼 정책 개발 전문가 그룹인 RSPG(Radio Spectrum Policy Group)는 모든 주파수 대역을 공동사용 솔루션 도입을 위한 잠재적 대역으로 간주하였으며, 주파수 공동사용 도입을 위한 특정 주파수 대역을 한정하지 않은 바 있다.

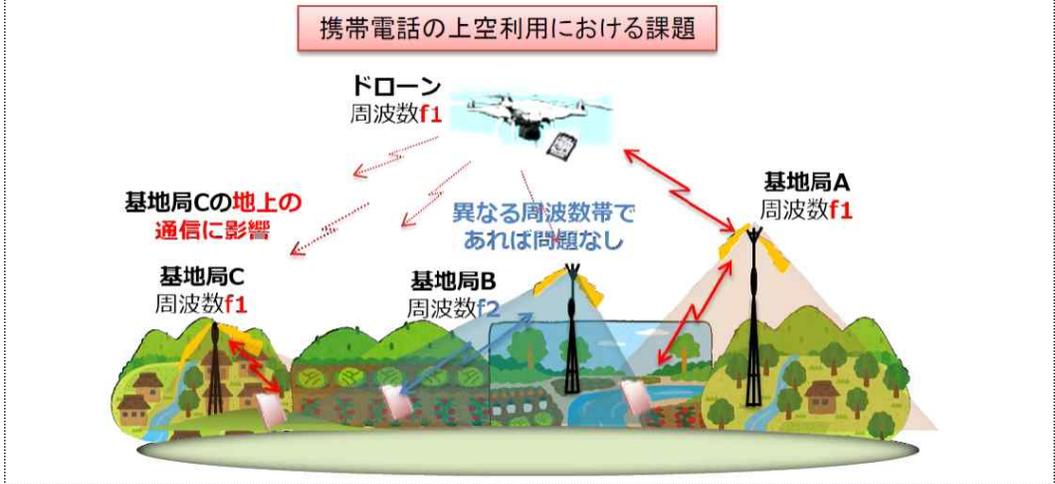
4. 일본

가. 하위 중대역(Lower Mid-Band) 3GHz 이하

일본의 주파수 규제기관인 총무성은 ‘23년 1월, 드론에서의 전력제어 기술을 통해 기존 지상 LTE-Advanced 망(FDD 방식)과 동일 주파수 대역을 이용하는 드론 간의 주파수 공동사용을 위한 사전 시뮬레이션 및 기술적 조건 등을 명시한 바 있다.⁶⁰⁾ 이에 대한 추진경과로 ‘16년 7월, 드론에 휴대전화를 탑재하여 상공에서 이용하는 수요 대응을 위해 지상 휴대전화에 영향을 미치지 않도록 드론 비행 수량 검토를 통해 드론의 이용 여부를 판단하는 실험국 제도를 도입하였으며, ‘20년 12월에 총무성의 정보통신심의회에서 그 간의 기술 및 운용 측면에서의 문제점을 파악한 후, 휴대전화를 탑재한 드론(상공에서 이용하는 이동국에 해당)의 이용 절차 간소화(기존 실험국 제도에서는 2개월, 제도 정비 후 1주일) 등을 위한 제도 정비를 실시하였다. 그림 2-16은 휴대전화를 탑재한 드론의 LTE 지상망에 대한 혼·간섭 영향 시나리오를 나타내고 있다. 여기서 드론에 탑재된 휴대전화 이용 주파수는 f_1 , 드론 이용 주파수에 의해 혼·간섭 영향을 받는 지상 기지국은 C에 해당한다.

60) 「新世代モバイル通信システムの技術的條件」のうち「携帯電話の上空利用拡大に向けたLTE-Advanced (FDD)等の技術的條件等」, 携帯電話新世代モバイル通信システム委員会

그림 2-16. 일본의 드론 탑재 휴대전화 주파수 이용으로 인한 혼·간섭 시나리오



지상망과의 주파수 공동사용을 위해 휴대전화 탑재 드론이 이용하는 대역은 700MHz, 800MHz, 900MHz, 1.5GHz, 1.7GHz, 2GHz 대역에 해당한다. 휴대전화 탑재 드론은 지상망과의 공동사용을 위해 자동전력제어 기능 탑재가 반드시 필요하다.

총무성은 휴대전화의 상공 이용에 대한 신규 이용사례에 대한 검토 방법으로 고도 150m 이상 상공에서의 드론 이용 시 지상망과의 공동사용 가능 여부에 대한 모의실험을 진행하였다. 즉, 드론을 활용한 활용 인프라 및 헬리콥터에서의 지상 상황 관리, 기상정보와 상공 영상의 실시간 전송, 비행 이동체의 기술 검증 등 향후 150m 이상의 고도에서 이용 가능한 신규 비행 이동체의 이용사례가 증가할 것으로 예상하여 이에 대한 주파수 공동사용 가능성에 대한 검토를 진행하였다. 표 2-13은 150m 이상 고도에서의 이용을 가정한 비행 이동체의 주파수 공동사용 가능성 검토를 위해 모의실험에서 고려하는 통신방식 및 주파수 대역, 모의실험 범위를 나타내고 있다. 표 2-14는 본 모의실험에 적용한 지상 기지국 및 단말, 비행 이동체 단말(상공 단말)에 대한 파라미터 설정값을 나타내고 있다.

표 2-13. 비행 이동체의 주파수 공동사용 모의실험을 위한 통신방식 및 주파수 대역, 모의실험 범위

파라미터	내용
이동통신 방식	<ul style="list-style-type: none"> • LTE FDD, LTE TDD
검토대상 주파수	<ul style="list-style-type: none"> • 700MHz, 800MHz, 900MHz, 1.5GHz, 1.7GHz, 2GHz 대역(이상 LTE FDD) • 2.5GHz, 3.4GHz, 3.5GHz 대역(이상 LTE TDD)
검토대상 고도	<ul style="list-style-type: none"> • 지상으로부터 고도 150m에서 1500m까지
모의실험 범위	<p>① 지상 이동통신 네트워크에 미치는 영향 검토</p> <ul style="list-style-type: none"> • 특정 고도에서 비행 이동체 단말이 전파를 발사할 경우, 지상 기지국에 대한 간섭영향 파악 • (실험 사례 1) 지상 단말과 상공 단말 모두에 대해 기존과 동일한 통상적으로 단말에 적용되는 전송전력 제어 방식을 적용한 경우 • (실험 사례 2) 지상 단말은 통상적인 단말용 전송전력 제어 방식, 상공 단말은 3GPP Rel. 15에 규정된 상공 단말용 전송전력 제어 방식을 적용한 경우

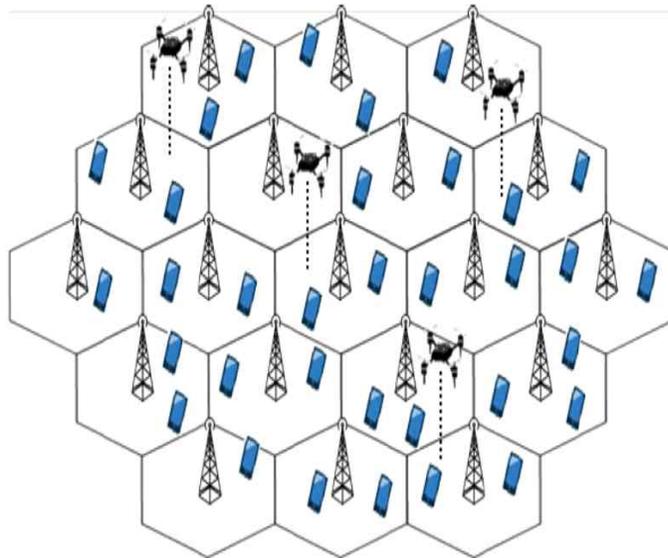
표 2-14. 모의실험 파라미터 종류 및 설정값

구분	내용	
지상 기지국	주파수 대역	• 800MHz, 2GHz, 2.5GHz, 3.5GHz
	점유 대역폭	• 10MHz(800MHz 대역), 20MHz(기타 주파수 대역)
	송신전력	• 40W(800MHz 대역, 약 46dBm), 80W(기타 주파수 대역, 약 49dBm)
	국간 거리	• 200m(도심), 500m(부도심), 1732m(시골)
	안테나 이득	• 14dBi(800MHz 대역), 17dBi(기타 주파수 대역)
	안테나 틸트	• 23도(도심), 11도(부도심), 6도(시골)
지상 및 상공 단말	단말 총 갯수	<ul style="list-style-type: none"> • 855개(셀당 45개 × 19셀) 이 중 1~171대는 상공 단말 수 • 지상 단말과 상공 단말 합계인 855대가 19개 셀 전체에 임의로 배치 • 855대 중 일부(3가지 경우 고려, 19대, 57대, 171대)가 드론에 탑재되는 것을 가정

고도	<ul style="list-style-type: none"> • 1.5m(지상 단말), 500m, 1000m, 1500m(상공 단말) • 모든 상공 단말이 동일 고도에 위치한다고 가정
최대 EIRP	<ul style="list-style-type: none"> • 200mW(23dBm)
전송전력 제어	<ul style="list-style-type: none"> • (지상 단말) 기존 송신전력 제어 • (상공 단말) 3GPP Rel. 15 준수
트래픽 모델	<ul style="list-style-type: none"> • FTP 모델 3(3GPP 성능평가를 위해 이용되는 모델에 해당, 참조. TR 36.872)
경로손실 모델	<ul style="list-style-type: none"> • (지상) UMa(도심, 부도심), RMa(시골), Ref. TR 36.901(지상 단말), 36.777(상공 단말) • (상공) 자유공간

다음의 그림 2-17은 3-섹터 기지국이 배치된 19개의 지상 셀 영역 및 드론 고도는 동일하게 설정한 모의실험 시나리오를 나타내고 있다.

그림 2-17. 지상망과 비행 이동체 간 주파수 공동사용을 위한 모의실험 시나리오



다음의 그림 2-18에서 그림 2-21까지는 각각 지상 및 상공 단말 이용 주파수 대역별로 상공 단말 수 증가(가로축)에 따른 지상망에 대한 간섭 증가 변화량(세로축) 결과를 나타내고 있다.

그림 2-18. 800MHz 대역 이용 지상망과 비행 이동체 간의 주파수 공동사용 모의실험 결과

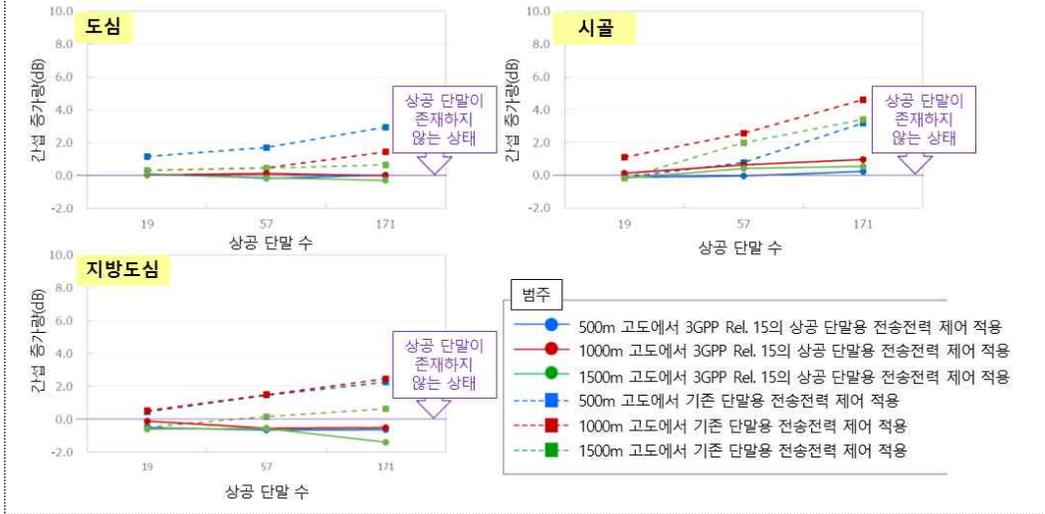


그림 2-19. 2GHz 대역 이용 지상망과 비행 이동체 간의 주파수 공동사용 모의실험 결과

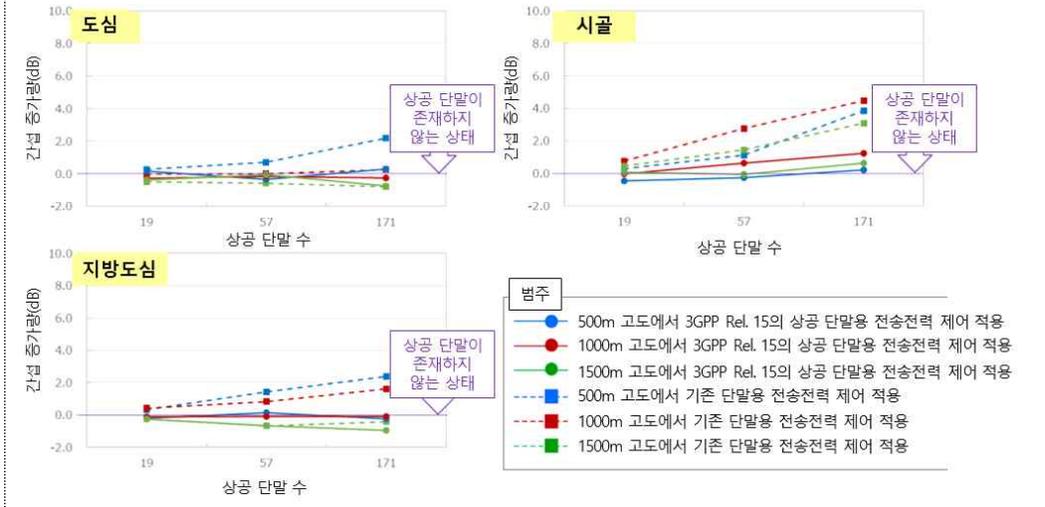


그림 2-20. 2.5GHz 대역 이용 지상망과 비행 이동체 간의 주파수 공동사용 모의실험 결과

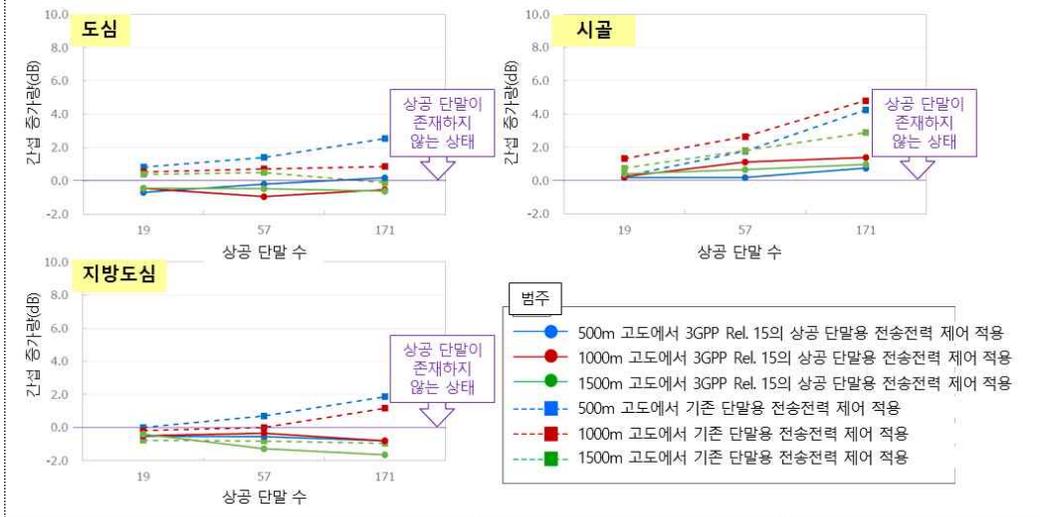
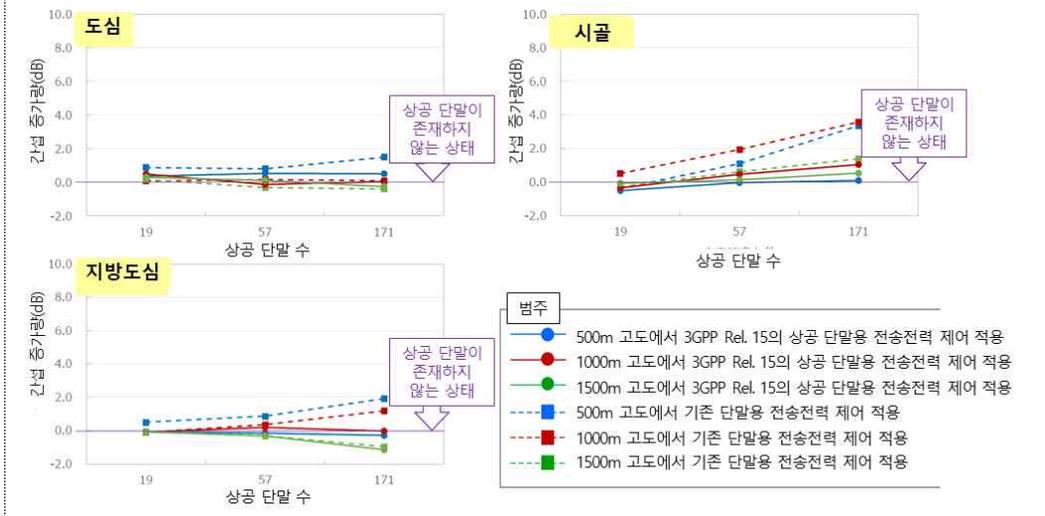


그림 2-21. 3.5GHz 대역 이용 지상망과 비행 이동체 간의 주파수 공동사용 모의실험 결과



나. 상위 중대역(Upper Mid-Band) 3~24GHz

일본 상위 중대역에서의 대표적인 주파수 공동사용 기반 무선 서비스는 국내의 이음 5G와 동일한 형태의 서비스라고 할 수 있는 로컬 5G가 있다. 일본의 로컬 5G의 이용 대역 및 전송 거리는 각각 전송 거리가 약 200m에 해당하는 4.7GHz 대역(4.6~4.9GHz) 및 50m 수준의 전송 거리를 갖는 28GHz 대역(28.2~29.1GHz)이 이에 해당한다.⁶¹⁾ 28GHz 대역은 기존 사용자인 위성통신과의 공존이 필요하며, 세부 대역 중 28.3~28.45GHz 대역은 실내외 환경, 28.45~29.1GHz 대역은 실내에서만 이용이 가능하다. 일본의 로컬 5G는 자가 소유 토지 이외에 타인 소유 토지에서 이용을 할 경우 고정 통신 형태로만 이용이 허용된다(해당 건물 또는 토지 소유자 등으로부터 시스템 구축을 의뢰받은 경우는 제외).

로컬 5G는 자가 소유 토지 또는 건물 내에서 무선 서비스가 제공되는 커버리지 영역에 바로 인접하는 구역을 지역적으로 인접하는 타 사용자와의 상호 간섭 조정을 위한 조정대상 구역을 정의하였다.⁶²⁾ 또한 TDD(Time Division Duplex) 동기방식을 이용하는 로컬 5G 사용자가 비동기 방식 이용 사용자 보다 우선순위 간섭보호 대상으로 간주된다. 이에 동기방식을 이용하는 로컬 5G 기지국으로부터의 혼·간섭 영향이 발생할 경우, 비동기 방식 기지국은 이를 용인해야 하며, 비동기 방식 기지국이 동기방식 기지국에 유해한 간섭영향을 미칠 경우, 비동기 방식 기지국은 혼·간섭 회피 방안을 적용해야 한다. 만약 동기방식 기지국에 대한 혼·간섭 영향 저감이 가능한 준동기 방식을 적용하는 무선국 면허 신청에 대해서는 사전 간섭조정 절차가 생략될 수 있다. 비동기 방식 무선국은 로컬 5G 무선국 면허 신청 시, 기존 전국망 MNO와 인접하는 로컬 5G 면허 사용자에게 혼·간섭 영향을 주지 않는다는 점에 대해 합의할 경우 면허 신청이 가능하다.

61) <https://go5g.go.jp/sitemanager/wp-content/uploads/2022/06/ローカル5G導入に係るコンサルティングマニュアル令和4年3月版> .pdf

62) https://www.soumu.go.jp/menu_kyotsuu/important/kinkyu02_000473.html

총무성의 전파법 관계 심사 기준에서는⁶³⁾ 로컬 5G의 서비스 제공 커버리지 영역(커버영역으로 명칭), 조정대상 구역, 업무 구역, 로컬 5G 사용자간 공존을 위해 상호 협의가 필요한 상황(조정대상 구역이 타 로컬 5G 면허 사용자의 서비스 커버리지 영역과 겹치는 경우 등) 등에 대해 정의하였다. 또한 4.6~4.9GHz 및 28.2~29.1GHz 대역 각각에 대해 지역적으로 인접하는 로컬 5G 사용자 간의 공동사용을 위해 점유 대역폭 크기별로 요구되는 서비스 커버리지 영역 및 조정대상 구역에 대한 수신전력 강도 기준 값을 제시하였다. 수신전력 강도 기준 값을 산출하는데 있어서는 자유공간 경로손실 값 산출 모델에 전파 이용 환경에 따른 보정치(로컬 5G 기지국 높이를 고려한 보정 계수, 지형정보 데이터를 통해 반영하기 어려운 지형의 영향을 고려한 보정 값 및 시가지, 교외지, 개방 형태의 지역(개방지)을 고려할 때 적용되는 보정치)를 가감하는 방식의 수신전력강도 값 산출 식을 제시하였다.

제 2 절 주요국 주파수 공동사용 방식(기술 등) 조사·분석

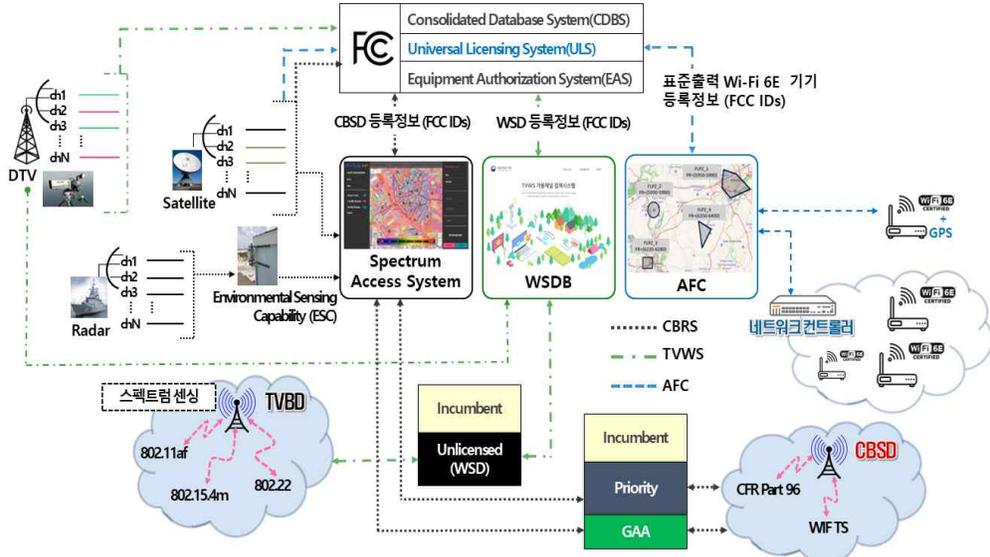
1. 주파수 공동사용 기술 분류

‘04년 미국의 TVWS의 WSDB 도입을 시작으로 ‘15년 3.5GHz 대역 CBRS의 SAS 및 ESC 도입, 로컬 5G와 더불어 ‘22년 Wi-Fi 6E를 위한 AFC 도입에 이르기까지 주파수 공동사용 플랫폼의 자동화, 고도화, 지능화를 위한 노력은 현재까지도 지속되고 있다.

현재 주요국의 주파수 공동사용 방식(플랫폼 및 기술 등)은 대부분 위치 정보 기반의 스펙트럼 관리 데이터베이스를 운용하는 형태이며, 미국 CBRS의 경우에는 해안가에 배치한 스펙트럼 센싱 노드로부터 획득한 정보를 동시에 활용하여 주파수 공동사용 서비스를 운용하고 있다. 그림 2.22는 현 시점에서의 대표적 주파수 공동사용 플랫폼에 대해 나타내고 있다.

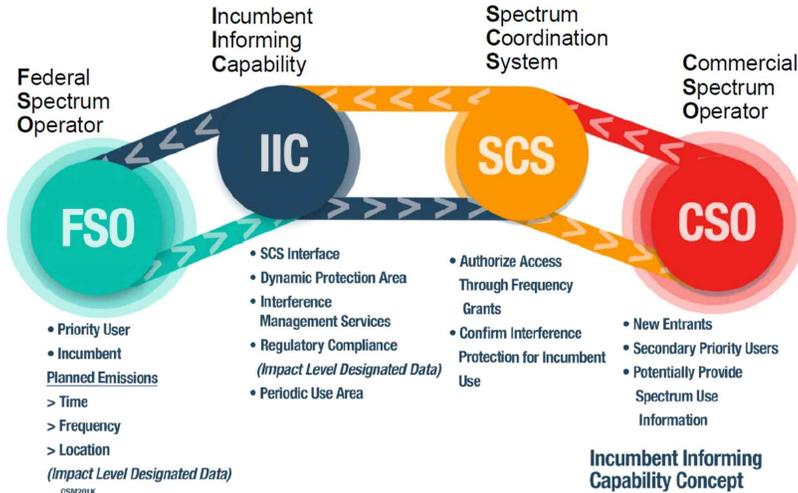
63) <https://go5g.go.jp/sitemanager/wp-content/uploads/2021/06/電波法關係審査基準ローカル5G部分<抜粋>.pdf>

그림 2-22. 현시점에서의 대표적 주파수 공동사용 플랫폼 비교
 < 위치정보 기반 DB 및 센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼 사례 >



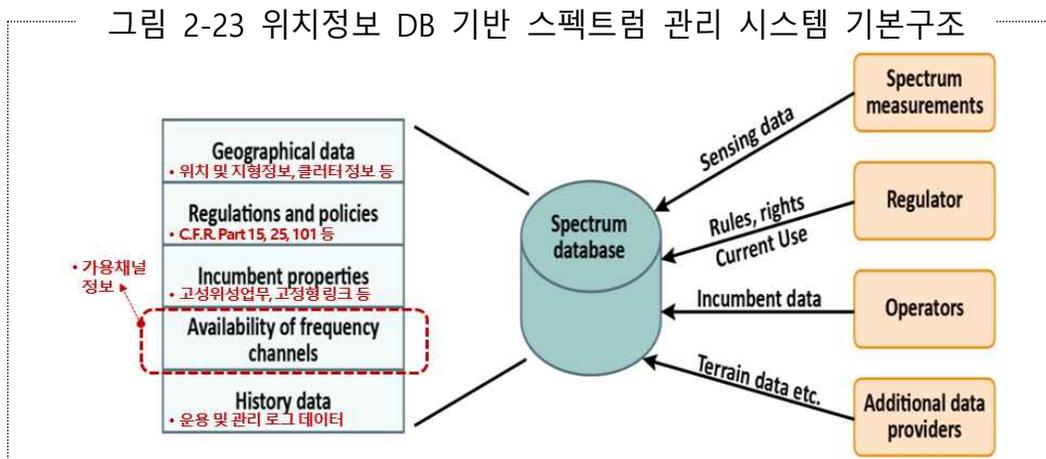
< 조정 기반 주파수 공동사용 플랫폼 사례 - IIC 플랫폼 > 향후 3.45~3.55GHz 대역 군 무선 용도와의 주파수 공동사용을 위한 CPAs(Cooperative Planning Areas), PUsAs(Periodic Use Areas) 운영 및 무선 정보 공개에 민감한 공공 사용자와의 주파수 공동사용 추진 대역에서 활용이 가능할 것으로 예상*

* 현재 NTIA의 개발 자금 확보를 위한 법안 심사 중



가. 위치정보 DB 및 센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼

현재 위치정보 DB 기반 주파수 공동사용 기술 플랫폼은 크게 (1)수동 및 DB 정보 기반 조정 방식(Manual, Database-Informed Coordination), (2)준자동화 및 DB 지원 조정 방식(Semi-Automated, Database-Assisted Coordination), (3)자동화 및 DB 기반 주파수 조정 방식(Automated Database Frequency Coordination), (4)동적 조정 DB 방식(Dynamic Coordination Database)으로 구분할 수 있다.⁶⁴⁾ 그림 2-23은 위치정보 DB 기반의 스펙트럼 관리 시스템에 대한 기본적인 구조를 나타내고 있다.



(1) 수동 및 DB 정보 기반 조정 방식

고정형 무선국, 지역 기반 무선국 면허 서비스를 위한(예. 방송국, 점대점 링크) 면허 승인을 위해 적용되는 방식이며, 주파수 규제기관의 무선국 DB 정보에 필수적으로 의존하는 수동적 처리과정을 가진다. 최종 무선국 허가 전까지 간섭영향 검토, 의견수렴, 재검토 등의 행정절차로 시간적 소요가 상당하다고 볼 수 있다.

64) Dynamic Spectrum Alliance, *Automated Frequency Coordination : An Established Tool for Modern Spectrum Management*, March 12, 2019.

관련 적용 사례로는 미국의 WMTS(Wireless Medical Telemetry Service)의 무선국 허가 신청을 하는데 있어 신청 이전에 운영자에게 완전한 형태의 무선국 배치 조정을 요구하며, 운영자는 승인된 조정 전문 기업체에 조정분석을 일임하는 과정을 가진다(30일 이상 소요). 이후 정확한 서비스 위치 및 송신기의 기술적 파라미터 정보가 포함된 허가 신청서가 FCC에 전달되게 되며, FCC 검토 이후 무선국 이용 허가 여부를 최종 결정하게 된다. 유럽의 사례로는 점대점 링크 배치에 있어 먼저 가상의 모든 점대점 링크에 대한 사전 조정 작업을 진행하며, 주파수 규제기관이 보유하고 있는 무선국 DB의 이용을 통해 규제기관에서 직접 분석하는 과정을 가진다. 규제기관의 분석 작업에 소요되는 비용은 면허 수수료에 반영된다.

수동 및 DB 정보 조정 기반 조정 방식은 현재 대부분의 무선국 면허 처리과정과 유사하게 주로 사람에 의해 이용 주파수 조정 및 간섭영향 평가, 무선국 허가 과정이 이루어지는 방식이라 할 수 있다.

(2) 준자동화 및 DB 지원 조정 방식

미국 내 대표적인 적용 주파수 대역으로는 mmWave 대역 중 간이면허(light license) 제도가 적용되고 있는 70(71~76GHz), 80(81~86GHz), 90(92~95GHz) 대역이 이에 해당한다. 또한 LSA 기반의 주파수 공동사용 방식도 준자동화 및 DB 지원 조정 방식에 해당한다.

매우 높은 주파수 대역 이용은 안테나 빔이 지향성이 높은 ‘pencil-beam’ 형태를 가지므로 근접지역에서도 안테나 지향 방향 변경 등을 통한 기술적 조치를 통해 무선 서비스 상호 간 간섭 없이 이용이 가능하다. 이에 무선국 상호 간의 간섭조정 절차는 간소화 될 수 있으며, 3개소의 민간 스펙트럼 관리 DB 사업자가 존재하나, 연방 정부 서비스에 대한 보호 필요성으로 최종단계에서는 NTIA의 검증이 필요하다(이상 미국 사례). 영국에서는 71~76GHz, 81~86GHz 대역 각각에 대해 수

동 및 DB 지원 조정 방식을 연계하여 적용하고 있으며, 호주 및 러시아, 체코에서는 ‘E-band’에서 영국과 유사한 간이면허 제도를 운영하고 있다.

LSA 플랫폼을 이용한 주파수 공동사용 방식은 1차 및 2차 사용자(LSA 면허 사용자)로 구성된 2계층 주파수 공동사용 모델에 해당하며, 규제기관이 주파수 공동사용을 위한 DB(LSA repository)를 직접 관리한다. 1차 및 2차 사용자 간 주파수 이용 조건 동의 여부에 따라 공동사용 가능 여부를 판단하며, 1차 사용자의 동의 및 제어(공동사용 가능성, 이용기간, 공유가능 주파수 대역 등을 결정) 하에 주파수 공동사용이 가능하다. LSA 방식의 주파수 공동사용에서는 1차와 2차 사용자 간 동등 수준의 배타적 주파수 이용 권한을 가지며, LSA 면허 사용자는 자신에게 부여된 서비스 네트워크 내에서 규제기관 무선국 DB와 연계한 ‘LSA controller’를 운영한다. LSA 면허 사용자는 주기적으로 무선기기 이용 상황을 무선국 DB에 보고해야 한다.

(3) 자동화 및 DB 기반 주파수 조정 방식

자동화 및 DB 기반 주파수 조정 방식이 적용된 대표적인 서비스로는 TVWS에서 이용하는 WSDB라 할 수 있으며, 수동 및 DB 정보 기반 조정 방식을 자동화한 형태라고 할 수 있다. TVWS에서는 간섭보호 대상 사용자에게 해당하는 1차 사용자(지상파 방송)가 고정 이용 형태를 가지며, WSDB가 2차 사용자의 채널사용 가능 유무(가용채널 산출)를 사전에 계산하는 과정을 갖는다. 즉, 주파수 규제기관에 의해 사전에 특정 위치에서 채널 이용 가능성 결과를 검증하며, 무선 마이크는 이동성을 가지므로 좀 더 복잡한 검증 과정을 가진다. 또한 1차와 2차 사용자로 구성된 2계층 주파수 공동사용 사용자 구조를 가지며, 2차 사용자는 간섭보호 권한이 없는 비면허 사용자이고, 1차 사용자는 모두 고정형이라 할 수 있으므로 완전한 가용채널 예측이 가능하다.

TVWS에서 사용되는 2차 사용자 무선기기인 TVBD(TV Band Device)는 가용채널 및 허용전력 레벨 계산 시, 누적간섭을 고려하지 않는다. 즉, 단일 무선기기 간의 간섭평가를 수행하는 ‘worst’ 경우만을 고려한다. 이에 실제 근접지역에 무선기기가 위치하지 않더라도 보호대상 수신기 주변에 다수 노드가 존재하는 것처럼 판단할 수 있는 상황이 존재할 수 있다. 즉, TVBD의 최대전력 이용을 고려한 간섭계산 방식에 해당한다.

(4) 동적 조정 DB 방식

동적 조정 DB 방식을 적용하는 대표적 서비스는 CBRS, 6GHz 대역 Wi-Fi 6E의 AFC라고 할 수 있다.

CBRS의 주파수 공동사용 스펙트럼 관리 시스템인 SAS는 7개의 PAL(Priority Access License) 채널을 고려한 모든 배치 상황에서 지도 형태의 정보를 제공한다. 이를 통해 개별 지리적 영역에서 비어있는 PAL 스펙트럼에 대해 CBRS 3계층 사용자 중 최하위 계층에 해당하고, 상위 계층인 PAL에 대한 간섭보호가 필요한 GAA(General Authorized Access)가 기회적으로 사용 가능하다. 또한 SAS는 허가받은 무선기기의 전송 전력, 대역폭, 기타 특성에 대한 인지가 가능하므로 GAA 성능 최적화와 상호간섭 최소화가 가능한 스펙트럼 할당이 가능하다.

- (사례) 2명의 GAA 사용자가 40MHz 대역폭 요구 시, SAS는 3620~3660MHz 및 3660~3700MHz 대역폭을 각각 할당, 기존 2명의 사용자 중 1명이 2개의 PAL 채널 이용이 가능할 경우 SAS는 연속적인 3600~3660MHz 채널 할당이 가능

6GHz 대역 Wi-Fi 6E를 위한 AFC의 경우, FCC가 ‘18년 10월 2일에 6 GHz 비면허 대역 이용방안 논의를 위한 ‘ET Docket No. 18-295(captioned Unlicensed Use of the 6GHz Band)’ 개설, ‘18년 10월 기술기준(안)을 제시한

NPRM 발표 및 ‘20년 4월 최종 기술기준 승인을 통해 도입된 바 있다. AFC는 미국 내에서 5.925~6.425GHz와 6.525~6.875GHz 대역 이용 AP를 위한 가용채널 목록을 자동적으로 결정·제공할 수 있는 위치정보 DB 기반의 스펙트럼 관리 시스템을 의미한다. AFC 접속이 필요한 AP는 GPS(Global Positioning System) 기능 탑재를 통한 자기 위치확인 기능이 필요하며, 24시간마다 AFC에 가용채널 목록 요청이 필요하다.

AFC는 기존 TVWS의 WSDB, CBRS의 SAS와 유사한 형태를 가지는 위치정보 DB 기반의 주파수 공동사용 관리 시스템이라고 할 수 있으며, AFC 시스템 개발을 위해 ‘amdocs’, ‘Broadcom’, ‘comsearch’, ‘federated wireless’, ‘Google’, ‘keybridge’, ‘Kyrio’, ‘Nokia’, ‘Plume’, ‘Qualcomm’, ‘RED Technologies’, ‘SONY’, ‘Wi-Fi alliance’, ‘Wireless Broadband Alliance’ 등이 연방통신위원회에 개발 제안서를 제출한 바 있다. 표 2-15는 미국 및 유럽에 도입, 운영되고 있는 대표적인 주파수 공동사용 플랫폼에 대한 특징 및 차이점을 나타내고 있다⁶⁵⁾.

표 2-15. DB 및 센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼 비교

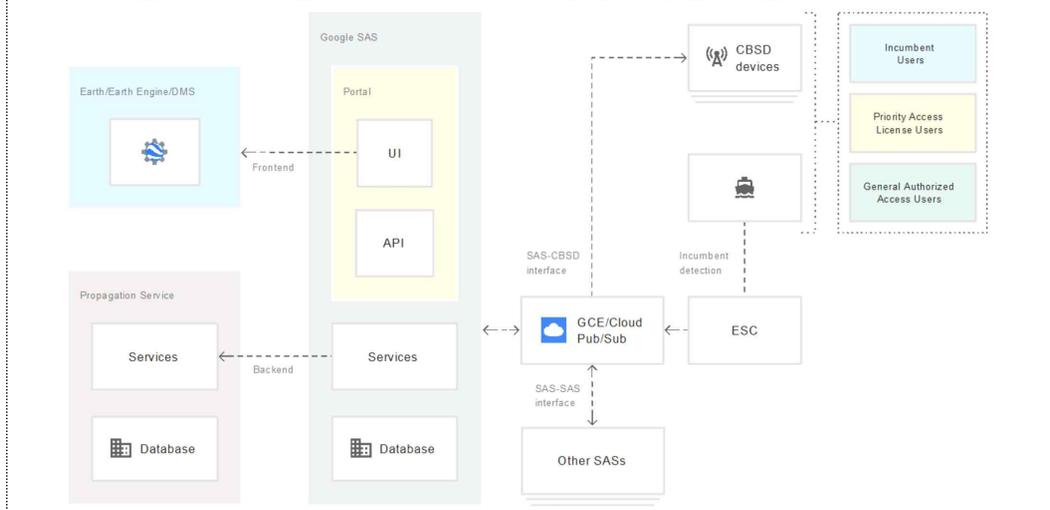
구분	LSA	eLSA	CBRS PAL	CBRS GAA	TVWS	AFC
면허부여 간섭보호	해당		해당 없음			
스펙트럼 사용자 수 통신개체 수	적음	다수	다수	PAL 보다 다수	다수	매우 많음
통신 토폴로지	VPN 또는 서버	서버				
주파수 진환	-	-	1분		10분~1시 간	24시간

65) Fairspectrum, *State of the art in spectrum sharing deployment worldwide*, 일부 내용 생략

누적 또는 기기당 간섭	누적간섭 고려			기기당 간섭 고려	
센싱	없음	ESC		규정상 존재	없음
전파전달모델	ITU 모델 고려		FCC 모델 고려	ITU 또는 FCC	WINME R II 모델 등
기기 표준	3GPP			-	802.11
자동, 수동적 진입	-	-	자동적 (기기) 진입	자동 및 수동	자동적 진입
분산형, 중앙집중형	분산 또는 중앙집중	중앙집중형			

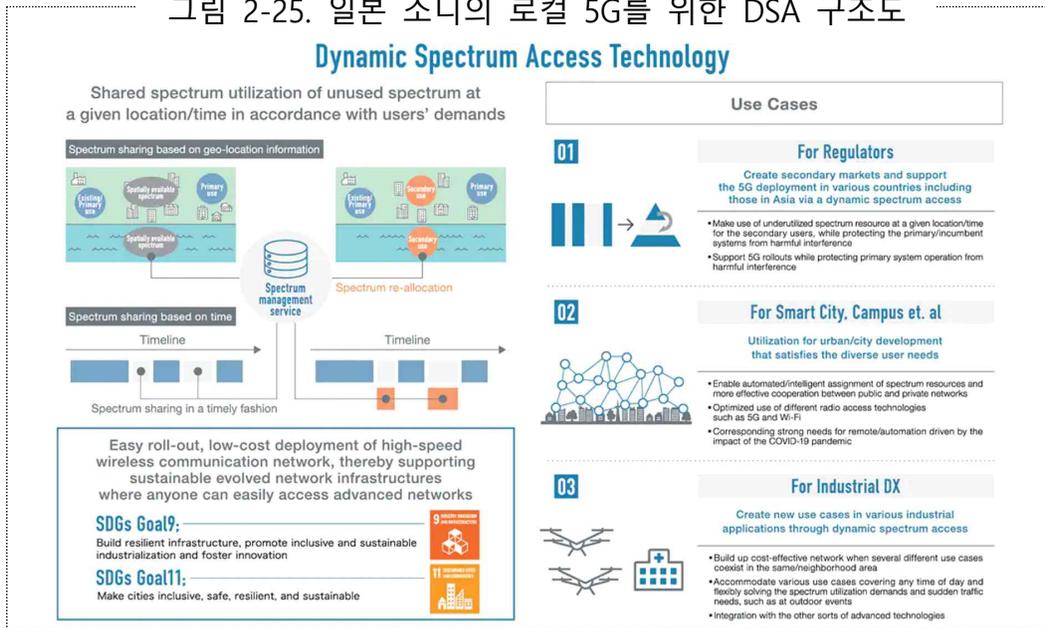
다음의 그림 2-24와 그림 2-25는 각각 CBRS 주파수 공동사용 관리자 중 하나인 구글의 SAS와 일본 소니의 로컬 5G를 위한 동적스펙트럼접속(DSA, Dynamic Spectrum Access) 시스템 구조를 나타내고 있다⁶⁶⁾.

그림 2-24. 구글의 CBRS 주파수 공동사용을 위한 SAS 구조도



66) <https://www.rcrwireless.com/20230516/5g/sony-mitsui-test-dsa-tech-local-5g-network-japan>

그림 2-25. 일본 소니의 로컬 5G를 위한 DSA 구조도



나. 조정기반 주파수 공동사용 플랫폼

조정기반 주파수 공동사용 플랫폼은 주파수 규제·관리 기관이 소프트웨어 기반의 시뮬레이션을 통한 간섭분석, 실 환경 전파측정 등을 통해 특정 시간·공간 영역에서의 가용채널 정보를 제공하는 방식이며, 국내의 TVWS, 영국의 공유접속면허, 미국의 3.45~3.55GHz 대역 주파수 공동사용 방식 등이 이에 해당한다.

현시점에서 위치기반 DB 및 센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼은 기술적 수준에서 아직까지는 스펙트럼 센싱 성능 등에 대한 우려가 존재하며, 군 무기체계, 군 레이다 등 무선국 이용 정보 공개가 쉽지 않은 상황에서 위치기반 DB 및 센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼의 일부 기능을 대체하기 위한 방안으로 간주되고 있다. 국내의 이음 5G, 로컬 5G 또한 복수의 사업자가 공간적으로 인접하는 경우, 사전 또는 사후 조정을 통해 이용이 가능한 조정 기반 주파수 공동사용 방식의 일종이라 할 수 있다.

무선국 이용정보 공개에 민감한 군 무선 사용자 등 공공 무선국과의 주파수 공동사용을 도입할 경우, 미국의 3.45~3.55GHz 대역과 같이 주파수 공동사용을 위해 미국방부 중심으로 사전에 시간적, 공간적 공동사용 가능 여부 판단 후 민간과의 주파수 공동사용을 진행하는 조정 기반의 주파수 공동사용 방식을 이용한다.

‘21년 11월, 219억 달러 수준으로 주파수 할당 경매가 완료된바 있는 3.45~3.55GHz 대역은 미국 본토에서 연방과 민간 주파수 공동사용을 위한 CPA 및 PUA 기반의 주파수 공동사용 프레임워크를 구축하였다. 5G 등 민간 무선 서비스 사용자는 군 통신 용도의 특정 무선 주파수 이용 지역에서 상호 협의(CPA) 및 군 통신 미사용 기간 동안(PUA) 민간 무선 서비스를 이용하는 것이 가능하다. 미국방부는 3.45~3.55GHz 대역 민간 주파수 면허 사용자의 서비스 이용 신청을 위해 별도의 웹 포털인 IPIC(Interim Portal for Initial Coordination)를 개발하였다. 즉, IPIC를 통해 접수된 민간 주파수 면허 사용자의 서비스 신청 정보를 바탕으로 특정 지역, 시간에 대해 면허 사용자의 주파수 이용 가능 여부를 검증하고 주파수 공동사용 가능 여부를 최종 판단하게 된다.

(1) NTIA의 IIC

현재 CBRS 대역에서의 주파수 공동사용 스펙트럼 관리 방식인 위치 정보 DB 기반의 SAS와 스펙트럼 센싱을 위한 ESC는 상업용 무선 서비스(CBSD(Citizens Broadband Radio Service Device)에 해당)와 선박용 레이더간의 공동사용에는 적용 가능하나, 지상 및 공중 기반 시스템과의 공존이 필요한 대역에서 적용하기에는 적합하지 않다는 의견이 제기되고 있다. 또한 육상에서는 다수의 지상 레이더가 운영되고 있어 주파수 공동사용을 위한 별도의 고려사항이 필요하며, 항공 레이더의 경우에도 주파수 공동사용을 위한 전파 모니터링 방법 등에 있어 기술적 어려움이 존재한다고 할 수 있다.

특히 무선국 운영 정보에 대한 보안 유지 관점에서 군 무기체계 등 군 무선 서비스와의 주파수 공동사용에 있어 담당 부처인 미 국방부의 우려 또한 지속적으로 제기되고 있어, 최근에는 미국 내 공공 주파수를 관리하는 NTIA를 중심으로 공공과 민간 무선 서비스 간의 주파수 공동사용을 위한 별도의 스펙트럼 관리 플랫폼인 IIC 개발에 대한 필요성을 제기하고 있다. ‘23년 2월에는 NTIA의 IIC 개발을 위한 연구개발 자금 지원을 위해 미 연방 하원위원인 ‘Brett Guthrie’가 ‘SMART Spectrum Act(Simplifying Management, Access, Reallocation, and Transfer of Spectrum Act)’라는 법안명으로 입법 청원을 진행한 바 있다.⁶⁷⁾

(가) IIC 개발의 당위성⁶⁸⁾

CBRS 주파수 공동사용 대역에서 군 해상 레이다 이용 유무를 스펙트럼 센싱을 통해 확인하는 ESC 센서는 센싱의 정확도 유지를 위해 동일 및 인접대역으로부터 발생 가능한 전파간섭 보호가 필요하다. 즉, ESC 센서(또는 센서망)는 인접하는 CBSD로부터 발생 가능한 방사전력으로 부터의 전파간섭 보호가 필요한 간섭보호 대상에 해당한다. ESC 센서에 대한 지리적 간섭보호 영역을 ‘whisper zone’이라고 하며, ESC 센서 주변에 존재하는 ‘whisper zone’이 차지하는 지리적 영역에서는 4G 또는 5G 기반의 CBSD 이용 무선 서비스를 이용할 수 없다. 현재에 CBSD의 간섭으로부터 ESC 센서 보호를 위해서는 CBSD가 ESC 센서로부터 25~50마일(40.2336~80.4672km) 떨어져 배치하거나 방사 전력을 감소하는 것이 필요하다. 이로 인해 사실상의 보호구역(de facto protection area, 결국 whisper zone이라고 간주 할 수 있음)을 생성하게 되며, 이에 대한 해결책으로 포털 기반의 IIC의 필요성이 강구되고 있다. NTIA 및 미국 방부는 ‘whisper zone’ 문제를 해결하기 위한 방안 중 하나로 IIC 개발을 고려하고 있으며, 최근 들어 연방과 비연방 사용자 간의 주파수 공

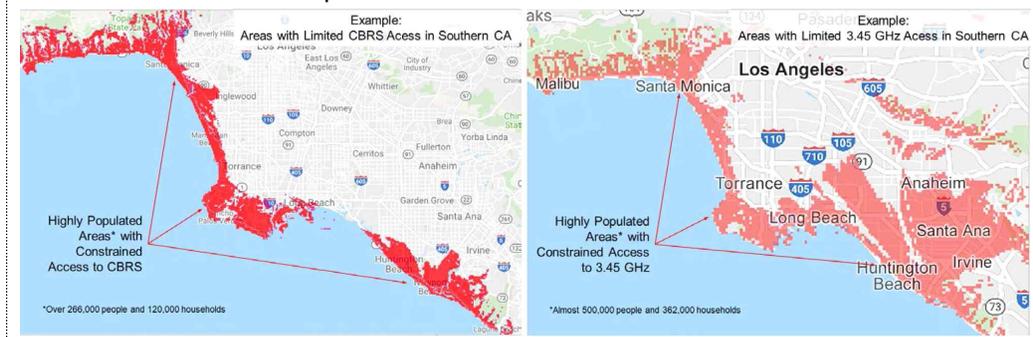
67) <https://www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/1677>

68) COMMSCOPE(Mark Gibson), *Informing Incumbent Capability - A Better Way to Protect Federal Incumbents*, July 26, 2021.

동사용을 위해서는 이용에 민감한 연방 무선 사용자 정보를 다루므로 연방에서 관리하는 주파수 공동사용 관리 시스템의 개발 필요성을 제기하고 있다.

IIC가 구축될 경우, 연방 무선 스펙트럼 사용자가 몇 분 단위로 연방 스펙트럼의 사용현황을 확인할 수 있으며, 해당 정보를 SAS에 전달하게 된다. 연방 스펙트럼 사용자는 이용 시간 및 기간, 위치, 동작 주파수를 지정할 수 있으며, 해당 정보 또한 SAS에 제공한다. 이는 CBRS에서 ESC 센서가 군 해상 레이더를 감지하는 것과 유사하게 특정 서비스 지역에 대한 간섭보호를 수행하는 역할을 할 수 있다.⁶⁹⁾

그림 2-26. 'Whisper zone'의 영향을 받는 미국 해안 지역 사례



(나) IIC 개념 및 특징

NTIA 등은 IIC 개발 추진 시, 중간대역 지원이 가능하고 ESC 센서 의존성을 낮출 수 있으며, 정보 보안 수준 및 운영 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대되고 있다. 미국방부는 IIC를 사용하여 군 주파수 이용의 특성상, 간헐적으로 이용될 수 있는 주파수 사용에 대한 이용 시간 및 이용 빈도를 체계적으로 관리함과 동시에 주파수 이용 계획을 체

69) OnGo alliance, Testimony of H. Mark Gibson Member of the Board of Directors and Regulatory Officer - The OnGo Alliance On "Strengthening our Communications Networks: Legislation to Connect and Protect" Before the U.S. House of Representatives Subcommittee on Communications and Technology of the Committee on Energy and Commerce May 24, 2022.

계적으로 수립할 수 있을 것으로 판단하였다. IIC는 연방 무선 서비스의 이용정보 보안, 스펙트럼접속 기능(SAS, DPA와 유사 역할 수행), 간섭보고 등(데이터 분석 및 간섭 이슈에 대해 투명성 촉진을 위한 접속 가능 dashboard 필요), IIC 동작에 있어 FCC와 NTIA 규정을 통합하는 역할 또한 수행한다. 그림 2-27은 IIC의 기본 개념도를 나타내고 있다.

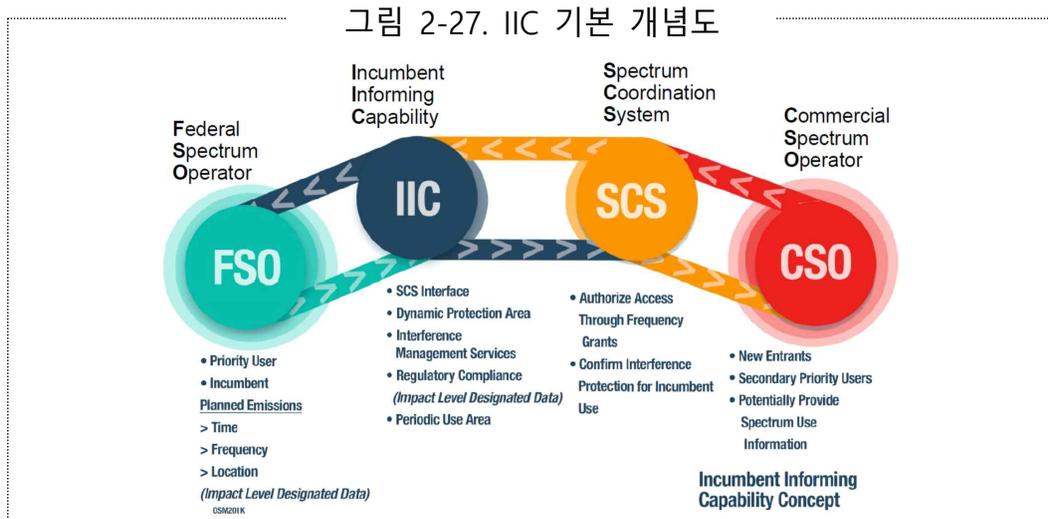


그림 2-27에서 FSO(Federal Spectrum Operator, 군 등 연방 무선 서비스 운영자, 우선접속 권한을 가지며, 동작이 간헐적인 간섭보호대상 1차 사용자)가 스펙트럼 사용 시기에 대한 데이터를 제공하면, 해당 데이터는 주파수 공동사용을 조정하는 데 이용될 수 있다. IIC는 전파 이용이 임박한 1차 사용자의 동작 정보를 SCS에 제공하는 역할을 수행한다. 민간 상업 무선 시스템 운영자(CSO에 해당)는 연방 무선 서비스 운영자에 대한 간섭 방지를 위해 상업적으로 운영되는 스펙트럼 조정 시스템(SCS)을 통해 통제하는 것이 가능하다.

NTIA는 IIC를 통해 연방 무선 서비스 운영자가 연방 주파수 이용정보 등에 대한 DB 업데이트가 가능하도록 허용 가능한 웹 포털을 통해 비즈니스 절차를 자동화하면, 비연방 또는 기타 연방 사용자에게 정확

하고 실행 가능한 정보를 제공하여 거의 실시간에 가까운 주파수 공동 사용이 가능할 것으로 판단하였다. 또한 연방 무선 서비스 운영자가 주파수 이용 정보 등에 대한 정확한 데이터를 DB에 제공함으로써 더 큰 수준에서의 통제력과 보안 수준을 확보할 수 있으며, SCS는 해당 데이터를 사용하여 비연방 무선 서비스 사용자의 동작을 관리하여 연방 사용자에게 대한 유해한 간섭을 방지하는 것이 가능하다고 판단하였다.

NTIA는 IIC 체계 개발을 위해 향후 6년 동안의 개발 계획을 수립하였으며⁷⁰⁾, 현재는 IIC 개발을 위한 자금 확보 및 운영방법, 사업적 측면에서의 추진 요구사항 정의, 이해관계자와의 조정 작업을 진행하고 있다. 최종적으로 IIC 플랫폼을 타 주파수 대역으로 확대하는 것을 목표로 하고 있다.

70) NTIA, *Incumbent Informing Capability - IIC Briefing to WInnComm 2022 - "A Deep Dive into the Future of Wireless Communications Technologies"*, December 14, 2022.

제 3 장 주파수 공동사용 제도적 기반 구축

제 1 절 국립전파연구원 역할 강화 방안

1. 현시점에서의 국립전파연구원의 역할

국립전파연구원은 ‘전파자원 개발과 새로운 주파수 이용기술에 대한 연구를 통해 국가 방송통신 산업발전에 이바지’라는 목적으로 설립되었다. 담당 업무는 전파자원 개발, 전파자원 이용기술, 대기권으로부터 유입되는 전파의 탐지·분석 등이라 할 수 있으며, 구체적 내용은 표 3-1과 같다.⁷¹⁾

표 3-1. 국립전파연구원의 관장 업무 종류

1. 전파자원의 개발에 관한 연구
2. 전파자원의 이용기술 및 방법에 관한 연구
3. 전파의 전파(傳播) 분석
4. 전파의 환경 및 보호에 관한 연구
5. 전자파의 안전이용을 위한 기술기준 제정·개정 및 측정기술 연구
6. 고출력 전자기파 대응에 관한 사항
7. 주파수 국제등록 및 국제기구·외국 주관청과의 협력
8. 방송통신 표준 제정·개정 및 연구
9. 정보통신·방송설비의 세부 기술기준 제정·개정 및 시험방법 연구
10. 정보통신·방송기자재 등의 적합성평가
11. 정보통신·방송 분야 국제적 적합성평가체계 구축
12. 정보통신·방송 분야 녹색인증제도 연구 및 국제표준화 대응
13. 정보통신·방송기자재 등의 측정설비·안테나 교정 및 관련 업무
14. 우주전파 교란 등 대기권으로부터 유입되는 전파의 탐지·분석

71) 과학기술정보통신부와 그 소속기관 직제 제22조, [시행 2023. 10. 24.] [대통령령 제 33830호, 2023. 10. 24., 일부개정]

국립전파연구원의 관장 업무 중 ‘전파자원의 개발에 관한 연구’와 ‘전파자원의 이용기술 및 방법에 관한 연구’가 주파수 공동사용과 관련된 업무라고 평가된다. 다만 국립전파연구원의 업무가 주로 기술적 분야를 지향하고 있다는 점을 고려하면, 주파수 공동사용 정책 또는 법·제도에 대한 업무를 관장한다고 판단하기에는 다소 해석적 검토가 필요하다.

주파수 공동사용과 관련된 업무는 기술적 부분과 이를 시행하고 적용하는 정책 및 법·제도로 구분하여 접근할 수 있다. 이러한 시각에서 보면 ‘전파자원 개발을 위한 연구’의 업무 범위를 기술과 관련된 정책이나 법·제도의 연구까지 포괄하는 것으로 해석할 수 있고 그러한 해석은 과도한 확대 해석으로 보이지는 않는다. 또한 ‘전파자원의 이용기술과 방법에 관련된 연구’의 범위를 검토하면, 이는 주파수 공동사용 방법을 포함하고 있다고 해석된다. 따라서 주파수 공동사용 방법 연구는 국립전파연구원 사무에 포함된다고 할 수 있다. 또한 주파수 공동사용의 방법을 연구한다는 것은 주파수 공동사용 법·제도 도입, 운영과 관리를 위한 연구까지 포함하고 있다고 해석된다. 이에 국립전파연구원 업무에는 주파수 공동사용에 관한 법·제도 및 운영과 관리에 대한 연구가 포함된다.

한편 주파수 공동사용과 관련된 주요 법령에는 전파법이 있으며 과학기술정보통신부 소관의 법령이다. 그리고 전파법 시행령에는 과학기술정보통신부 장관의 권한을 다른 기관으로 위임하거나 위탁하는 규정을 두고 있으며 이에 따르면 국립전파연구원은 다음의 표 3-2에 표시된 내용의 권한을 위임받았다.

표 3-2. 국립전파연구원이 위임받은 권한

<p>전파법 시행령 제123조(권한의 위임·위탁)</p> <p>① 과학기술정보통신부장관은 법 제78조 제1항에 따라 다음 각 호의 권한을 국립전파연구원장에게 위임한다.</p> <p>1. ~ 15. 생략</p> <p>16. <u>법 제61조에 따른 전파연구에 관한 사항</u></p> <p>17. ~ 19. 생략</p>

위임받은 권한 중 명시적으로 주파수 공동사용에 관한 사항이 규정되어 있지는 않으나, 전파법 시행령 ‘제123조 제1항 제16호’와 ‘전파법 제61조’에 따른 전파연구에 관한 사항에 따르면 ‘전파의 전파(傳播) 분석 및 주파수 할당 기법의 연구’에 대한 권한을 위임받았다. 결국 주파수를 할당하는 기법에는 주파수 공동사용 방식에 의한 주파수 할당 기법이 포함되므로 주파수 공동사용에 관한 연구 업무의 권한 내지 임무를 가지고 있다고 할 수 있다. 다만 연구라는 개념의 범위에 주파수 공동사용에 대한 운영 기관 또는 관리 기관으로서 국가의 사무를 수행할 권한 또는 공적 임무까지 보유하고 있다고 하기에는 개념의 외연을 벗어난다고 평가된다.

결국 현재 국립전파연구원은 주파수 공동사용에 대한 기술, 정책, 법·제도에 관한 연구를 수행할 권한 내지 공적인 의무를 보유하고 있으나, 행정적 운영 기관이나 관리 기관 사무에 대한 권한이나 공적인 의무를 보유하고 있지는 않다. 이것은 국립전파연구원이 연구기관의 성격을 본질적 속성으로 가지기 때문이다.

표 3-3. 주파수 할당 기법에 관한 연구 책무

<p>전파법 제61조(전파연구)</p> <p>① 생략</p> <p>② 제1항에 따라 수행하는 연구는 다음 각 호와 같다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 기술기준의 연구 2. <u>전파의 전파(傳播) 분석 및 주파수할당 기법의 연구</u> 3. 위성망의 혼신조정 기준에 관한 연구 4. 전자파장해 및 전파가 인체에 미치는 위해에 관한 연구 5. 전자파 흡수율의 측정에 관한 연구 6. 전파기기의 측정방법 및 측정기술에 관한 연구 7. 우주전파 수신기술 연구 및 수신자료 분석 8. 지자기(地磁氣) 및 전리층(電離層)의 관측 9. 태양 흑점의 관측 10. 제8호와 제9호에 따른 관측결과의 분석 및 예보·경보

전파법에서 정의하는 ‘주파수 공동사용’이란 둘 이상의 주파수 이용자가 동일한 범위⁷²⁾의 주파수를 상호 배제하지 아니하고 사용하는 것을 말하며, 같은 법에서 주파수 할당이란 ‘특정한 주파수를 이용할 수 있는 권리를 특정인에게 주는 것’을 말한다고 하였으므로 주파수 공동사용은 주파수 할당의 일종으로 보아야 한다. 따라서 주파수 할당 기법의 연구에는 주파수 공동사용을 위해 주파수를 할당하는 기법이 포함된다고 할 것이고, 국립전파연구원의 관장 사무에는 주파수 공동사용에 관한 기법의 연구 업무가 포함된다고 확인된다. 다만 국립전파연구원이 현재 담당하는 기술 연구에 정책 또는 법·제도적 운영·관리 사무까지 확장하기 위해서는 전파법 시행령의 개정이 요구된다.⁷³⁾

주파수 공동사용을 위해서는 전파법에서 수립하도록 하는 ‘전파진흥기본계획’을 검토할 필요성이 있다. 전파진흥기본계획 내용 속에 주파수 공동사용의 도입이나 운영·관리에 대한 내용을 작성함으로써, 해당 제도 시행의 정책적 및 법제적 기초가 마련되기 때문이다. 국립전파연구원에서 주파수 공동사용 제도의 도입(또는 확대), 운영, 관리를 원만하게 추진하기 위해서는, 현행 전파진흥기본계획을 통해서 필요한 자원을 확보하고, 제도의 비전 도출이나 사회경제적 편익 도출 등 관련 분석 업무를 수행하기 위한 여건을 형성시켜주는 것이 바람직하다.

특히 전파진흥기본계획에서는 그 내용에 ‘중·장기 주파수 이용계획’과 ‘전파이용 기술 및 시설의 고도화 지원’을 명시하고 있으며, 주파수 이용이라는 범주에 포함되는 주파수 공동사용은 전파진흥기본계획을 통해 추진하는 것이 효과적이고 효율적이라고 할 수 있다.

72) 동일한 범위의 주파수에 대한 의미는 좀 더 구체화된 규정이 필요하다.

73) 관련하여 ‘주파수 분배’란 특정한 주파수의 용도를 정하는 것을 말하고 ‘주파수 지정’이란 허가나 신고로 개설하는 무선국에서 이용할 특정한 주파수를 지정하는 것을 말하는 것으로 주파수 할당과는 차이가 있다.

표 3-4. 전파진흥기본계획 관계 법령

<p>전파법 제8조(전파진흥기본계획)</p> <p>① 생략</p> <p>② 생략</p> <p>③ 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.</p> <p>1. 전파방송산업육성의 기본방향</p> <p>2. <u>중·장기 주파수 이용계획</u></p> <p>3. 새로운 전파자원의 개발</p> <p>4. <u>전파이용 기술 및 시설의 고도화 지원</u></p> <p>5. 전파매체의 개발 및 보급</p> <p>6. 우주통신의 개발</p> <p>7. 전파이용질서의 확립</p> <p>8. 전파 관련 표준화에 관한 사항</p> <p>9. 전파환경의 개선</p> <p>10. 그 밖에 전파방송진흥에 필요한 사항</p>
--

2. 주파수 공동사용에 관한 국립전파연구원 역할 강화 방안

다음은 주파수 공동사용 제도의 운영 및 관리에 관한 국립전파연구원의 역할을 제고하는 방안을 제시하였다.

가. 주파수 공동사용 운영·관리 역량 제고를 위한 임무 확대

주파수 공동사용에 관한 국립전파연구원의 권한 내지 공적 임무는 이용기술의 고도화 내지 주파수 할당 기법 또는 전파자원 이용 방법 등에 관한 연구 사무에 한정되고 있다. 따라서 법·제도적 측면에서는 전파법 및 전파법 시행령의 개정을 통해 국립전파연구원의 사무에 정책과 법·제도 연구와 관련된 운영·관리 행정 사무까지 포함되도록 할 필요성이 있다.

연구원의 기술 연구에는 정책적 동향 연구와 정책개발도 연구에 부수(附隨)하므로 연구 범위에서는 의문이 없으나, 국가 행정 관점에서 주파수 공동사용에 관한 운영·관리 행정 사무까지 담당하기 위해서는 근거 법령이 필요하다. 그러므로 이를 위해서 ‘과학기술정보통신부와 그 소속기관 직제’(대통령령)의 개정이 필요하다.

표 3-5. 국립전파연구원의 현행 임무 및 추가 제안 임무(안)

현행 임무 ⁷⁴⁾
<ul style="list-style-type: none"> • 전파자원의 개발에 관한 연구 • 전파자원의 이용기술 및 방법에 관한 연구 • 전파의 전파(傳播) 분석 • 전파의 환경 및 보호에 관한 연구 • 전자파의 안전이용을 위한 기술기준 제정·개정 및 측정기술 연구 • 고출력 전자기파 대응에 관한 사항 • 주파수 국제등록 및 국제기구·외국 주관청과의 협력 • 방송통신 표준 제정·개정 및 연구 • 정보통신·방송설비의 세부 기술기준 제정·개정 및 시험방법 연구 • 정보통신·방송기자재 등의 적합성평가 • 정보통신·방송 분야 국제적 적합성평가체계 구축 • 정보통신·방송 분야 녹색인증제도 연구 및 국제표준화 대응 • 정보통신·방송기자재 등의 측정설비·안테나 교정 및 관련 업무 • 우주전파 교란 등 대기권으로부터 유입되는 전파의 탐지·분석
추가 임무
<ol style="list-style-type: none"> 1. 전파 이용 효율화 및 고도화를 위한 정책·법제도의 연구 2. 전파 이용정책 대국민 홍보 3. 주파수 공동사용을 위한 정책·법제도 및 기술의 연구⁷⁵⁾ 4. 주파수 공동사용 제도 운영 및 관리 사무

74) 과학기술정보통신부와 그 소속기관 직제, 제22조(직무)에 따른 임무

75) 주파수 공동사용이란 전파법 제2조 4의5, “주파수 공동사용”이란 둘 이상의 주파수 이용자가 동일한 범위의 주파수를 상호 배제하지 아니하고 사용하는 것을 말한다.

또한 전파법의 시행령 개정도 병행하여 추진하는 것이 사무 분장의 명확화 관점에서 필요성이 인정된다. 구체적으로 살펴보면, 전파법 제6조의3에서는 과학기술정보통신부 장관이 주파수 공동사용을 시행할 수 있는 근거를 규정하고 있다. 그러므로 이를 위한 위임 규정을 동 법 시행령에 규정하여 국립전파연구원이 운영·관리 등 실무적 사무를 하도록 할 수 있다. 현행 시행령 제123조는 권한 위임을 규정하고 있으며 위임 권한의 추가를 통해 가능하다.

표 3-6. 전파법의 주파수 공동사용 시행 근거

<p>전파법 제6조의3(주파수 공동사용)</p> <p>① 과학기술정보통신부장관은 주파수할당, 주파수지정, 주파수 사용승인을 받은 자에게 주파수의 전부 또는 일부를 <u>주파수 공동사용에 제공하도록 할 수 있다.</u> 다만, 제6조의4에 따라 방송사업을 위하여 이용하는 주파수에 대해서는 방송통신위원회와 합의하여야 한다.</p>

표 3-7. 전파법 시행령 개정안

현행	개정안
<p>제123조(권한의 위임·위탁)</p> <p>① 생략</p> <p>20.</p> <p><신설></p>	<p>제123조(권한의 위임·위탁)</p> <p>① 생략</p> <p>20. 법 제5조 제1항 제2의2호에 따른 기술 개발 및 법 제6조 제1항 4호에 따른 주파수의 공동사용 관련 연구와 사무 그리고 법 제6조의3 제1항에 따른 주파수 공동사용에 관한 운영·관리 등을 위한 제반 사무</p>

나. 전파법상의 법정 계획 강화

(1) 전파진흥기본계획의 발전적 검토 필요

주파수 공동사용은 주파수 수요의 집중과 양적 증가, 혼·간섭을 해결하는 기술의 발달 등에 따라 추진되는 성격이 있다. 또한 변화하는 사회를 적정하게 통제하고 발전을 견인하는 것은 국가의 기본적 책무이며 이러한 책무는 정책, 법·제도의 시행을 통해 달성되는 것이 통상적이다. 이러한 맥락에서 앞서 살펴본 전파법상의 중요 계획인 전파진흥기본계획에 대한 발전적 검토가 시의적절하다고 평가된다. 또한 국립전파연구원의 역량 강화 관점에서도 본 계획에 대한 정책적 검토가 적절하다.

현행 전파진흥기본계획은 5년마다 수립하도록 하고 있으며, 주파수 공동사용 관련 제도, 연구개발 추진계획 수립에 있어서만은 실무를 책임지는 기관으로 국립전파연구원을 지정하여 계획 수립의 일관성 및 전문성을 확보하고 해당 연구원의 역량을 강화할 수 있는 방안을 고려해볼 만 하다.

(2) 주파수 공동사용 기본계획 도입

주파수 공동사용은 현행 법령에 시행을 규정하고 있다. 하지만 실제 추진은 일부 주파수 대역의 시행에 머무르고 있어 향후의 주파수 수요 수준을 고려하면 주파수 공동사용에 관련한 기술 및 법·제도적 준비가 요구된다.

주파수 공동사용이 민간에서 자율적으로 추진되도록 여건을 조성하는 방안도 고려할 수 있지만, 배타적 권리를 가진 주파수 할당 체계 하에서 자발적으로 자신이 할당받은 주파수 대역을 공동으로 사용하도록 허용할 가능성은 적다고 할 것이다. 따라서 정책적 관점에서 공동사용의 활성화를 위해서는 법제적 여건을 형성하고 공감대를 마련하는 과정을

추진할 필요성이 있다. 그리고 그러한 정책 수단으로서 적절한 방법은 계획을 수립하고 이를 이해관계자들이 인식하게 할 뿐만 아니라 계획의 수립 과정에 이해 관계자들이 참여할 수 있는 기회를 제공하여 정책의 적용성을 제고 할 수 있다.

그리고 해당 주파수 공동사용 기본계획의 작성 책임 기관으로 국립전파연구원을 지정하여 연구원이 보유한 주파수 공동사용 분야 기술과 적용성을 제고하는 것은 물론이고 관련 법제의 실효성을 확보할 수 있다. 특히 주파수 공동사용 분야는 기존의 주파수 이용이나 할당과는 다른 차원의 고도한 기술적 요구사항이 있으므로 국립전파연구원이 보유한 기술적 역량(또는 유관기관의 협력 등)을 활용하여 제도의 구축과 운영을 적정하게 수행할 수 있을 것으로 평가된다.

(3) 전파진흥기본계획에 주파수 공동사용 명시, 정책과 법·제도 연구 항목 추가

현행 전파진흥기본계획에는 전파 이용기술 및 시설의 고도화 지원, 중·장기 주파수 이용계획, 그 밖에 전파방송진흥에 필요한 사항 등을 계획에 포함하도록 규정하고 있다. 이러한 규정은 해석에 의하여 주파수 공동사용을 포함하고 있다고 할 수 있다. 또한 전파법에서는 주파수 공동사용을 시행하도록 규정하고 있으므로 이러한 해석은 합리적이다.

다만 주파수 공동사용이 미국과 영국 등 선진국에서 실행되고 있다는 점을 고려하면 우리나라에서도 주파수 공동사용의 실행이 활성화 될 것이 예상되며, 일부 주파수 대역은 이미 공동사용이 실행되고 있으므로 공동사용의 활성화 및 법제적인 준비의 하나로 **주파수 공동사용에 관한 내용을 전파진흥기본계획의 내용에 포함되도록 명시화**하는 방법이 적절한 정책 수단으로 평가된다.

2023년 6월에는 제4차 전파진흥기본계획 수립이 진행되었다는 내용이 알려졌으며 기존 제3차 전파진흥기본계획('19~'23년)의 내용을 살펴보면 주파수 공동사용 내용이 작성되어 있으나 구체성이 부족하다고 평가된다. 주파수 공동사용은 산업적 측면에서 중요한 기초를 제공하여 산업적 파급력이 크다고 할 수 있으므로 전파법 제8조의 전파진흥기본계획 내용에 주파수 공동사용을 포함하도록 전파법 제8조 제3항 각 호에 명시적으로 규정하거나, 동 법 시행령에 명시하는 것이 활성화를 위한 방안이 될 수 있다. 또한 제8조 제3항 제4호에는 전파이용 기술 및 시설의 고도화 지원이라고 규정하고 있으나 정책이나 법·제도 관련 내용을 추가하여 제4호에 '정책 및 법·제도 연구'를 추가하는 것이 적절한 방안이라 판단된다.

표 3-8. 전파법 제8조 제3항 제4호 내용

<p>전파법 제8조(전파진흥기본계획)</p> <p>③ 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 전파방송산업육성의 기본방향 2. 중·장기 주파수 이용계획 3. 새로운 전파자원의 개발 4. <u>전파이용 기술 및 시설의 고도화 지원</u> 5. 전파매체의 개발 및 보급 6. 우주통신의 개발 7. 전파이용질서의 확립 8. 전파 관련 표준화에 관한 사항 9. 전파환경의 개선 10. 그 밖에 전파방송진흥에 필요한 사항
--

(4) 전파진흥기본계획 연구 분과에 주파수 공동사용 분과 설치

제3차 전파진흥기본계획은 연구반을 6개로 구성하여 계획을 작성하였다. 제3차 계획의 수립 작업을 담당한 분과는, 기획 총괄반, 전파응용 분과, 전파산업·R&D 분과, 전파자원 분과, 전파법·제도 분과, 전파환경 분과로 구성되었었다.

주파수 공동사용이 법령상에는 시행하도록 규정되어 있으나 일부 대역에서만 부분적으로 시행되고 있는 현실에서 계획 수립을 담당하는 연구반 분과(예. 주파수 공동사용 분과)를 설치하여 계획 수립의 책임을 부여할 경우 공동사용 분야 기술개발 촉진과 법·제도 구체화를 위한 실효적 추진을 기대할 수 있다.

(5) 전파 관련 정책 활성화를 위한 협의 강화

(가) 국가전과정책협의회 설립

향후의 관련 산업과 신생 산업에서 전파통신을 이용한 서비스를 도입할 것이 예상된다. 이는, 위성 분야에서 매우 도전적인 산업 활동이 전개되고 있다는 점 등을 고려하면 전파 분야에서 사회적 갈등 증가가 예상되고, 현행의 ‘공공용 주파수 정책협의회’ 운영만으로는 미래의 갈등을 포용하기 어렵다. 또한 정책 수립이 소수의 전문가 또는 행정 담당자들에 의하여 추진되는 행정 행태는 개선이 요구되고 있고, 이는 정책 참여 욕구의 증대에 기인하며, 정책 시행 지연이라는 문제가 있음에도 대체로 정책에 대한 참여는 바람직하다고 평가된다. 즉 이해 당사자 내지 시민 참여적 정책 수립은 실행과 수용성 측면에서 우수성이 있다.

특히 주파수는 한정된 자원이며 공공재적 성격이 인정되는 자원이며 이러한 성격으로 인하여 전파는 공법상의 공물(公物)에 해당한다고 하거나, 전파자원은 국가가 소유하는 물건이라고 설명하기도 한다.

이러한 논의는 모두 전파는 공공적 성격의 자원이라는 특징을 인정하는 설명들이며 이러한 점을 고려하면 국가와 국제적 차원에서 전파자원의 합리적 관리를 위해 정책개발 과정에 이해 당사자와 국민의 참여를 통한 정책개발이 적절한 방법론이라 할 수 있다. 이러한 맥락에서 본 연구는 ‘국가전파정책협의회’를 과학기술정보통신부에 설치하는 방안을 제안한다. 그리고 당해 협의회의 의장은 소관 부의 장관이 되어야 할 것이나 협의회의 실무적 책임 기관으로는 국립전파연구원이 담당하도록 하여 당해 연구원이 협의회를 주도적으로 운영할 수 있도록 한다. 그 이유는 주파수라는 분야는 기술적 성격이 강하므로 기술적 이해는 물론이고 기술 동향의 반영과 협의체 참여 당사자들에 대한 기술 설명이 필수적일 뿐만 아니라, 협의체의 의제 발굴에서도 기술적 기초가 필수적이기 때문이다.

선진국의 주파수 공동사용으로 산업적 및 국민적 복리의 향상이 가시화되는 현실을 고려하면 우리나라에서도 해당 기술 및 법제의 정책적 검토는 필수적이며, 기존의 공공용 주파수 협의체와는 별개의 협의체를 설치할 필요가 있고 협의를 위한 법제적 기반 마련이 필요하다.

신규 협의체에 참여하는 당사자에는 과학기술정보통신부 장관을 주축으로 하여 산업통상자원부, 중소벤처기업부, 해양수산부, 방송통신위원회, 보건복지부, 행정안전부, 국토교통부, 지방자치단체, 관련 시민단체, 학계 및 기술 관련 단체, 산업체 관련 단체, 보건 관련 단체 등이 참여하는 방안을 제시한다.

(나) 주파수 공동사용 정책협의회 설립

주파수 공동사용을 논의 범위로 한정하고 법제 정비를 위한 정책 협의체를 구성하여 국립전파연구원이 협의체 운영을 주관하는 방안을 제시한다. 본 협의회는 전파 분야 전반을 다루는 것은 아니며, 주파수 공동사용에 한정하여 협의하도록 하며 당해 협의체의 운영은 국립전파연구원이 담당하나 그 운영의 실무는 위탁 방식을 통해 운영할 수 있다.

운영의 수탁 기관은 일반 기업체에서 담당하게 하는 것도 적절하며 기술적 연구와 기술적 관리를 주 임무로 하는 국립전파연구원의 업무 특성을 고려하면 연구원 업무 부담을 경감 하는 측면에서 바람직하다고 볼 수 있다. 본 정책 협의체 운영의 실무를 민간 기업체에 위탁하는 경우 해당 기술에 대한 이해가 요구되며 이해관계자들의 의견을 조율할 수 있는 운영 역량의 보유도 요청된다.

특히 주파수 공동사용은 이동통신 사업자의 수요가 쟁점인 점을 고려하여 이동통신 사업자 및 그 관련 단체를 참여하도록 하여 산업적 공동 사용을 위한 논의를 촉진하고 현실적 적용성을 확보하여 정책의 실행력을 제고하는 것이 적절하다. 다만 정책 협의회의 기능이 어떤 결의를 하거나 논의한 내용이 그대로 법제화 된다가나 정책으로 채택된다고 보장하기는 어려우므로 유연한 접근 시각이 필요하다.

(6) 경제성 관점의 분석을 통한 의사결정 지원

(가) 주파수 공동사용 비용편익 산출

주파수 공동사용은 전파자원의 효율적 이용이 목표이다. 이러한 목표는 달리 표현하면 산업을 통한 경제적 이익의 향상을 도모하는 것이다. 따라서 주파수 공동사용으로 인한 국민의 경제적 효용을 산출하여 화폐 가치로 환산하고 또한 주파수 공동사용을 시행하기 위해 사용되는 비용의 화폐 가치를 비교하여 비용 대비 편익의 계량적 비교를 제시할 필요성이 있다.

현재 유사한 제도에는 예비타당성 조사라는 제도가 있으며 이는 비용 대비 편익을 화폐 가치로 평가하여 편익이 큰 경우에 재정 사업을 추진하도록 하는 일종의 의사결정 지원 도구이다. 주파수 공동사용도 마찬가지로 비용과 편익을 비교하여 국민 경제에 기여 하는 수준을 파악할 필요가 있다. 이것은 경제적 파급효과라고 표현되는 경우도 있으며, 국

민 경제와 연결된 정보 제시는 주파수 공동사용을 추진하기 위한 공감대를 형성할 수 있도록 하며 운영과 관리에 있어서도 소요 비용이 산출되어 제도 시행의 실효성을 제고할 수 있다.

비용과 편익의 산출은 대체로 용역을 의뢰하여 추진하는 방식을 취하게 되는데 이때 비용 항목, 편익 항목의 산출은 주파수 관련 기술과 제도에 대한 기초 지식이 요구된다. 화폐 가치로 산출하기 위해서는 비용·편익에 관련된 구체적 내용을 파악해야 하므로 법제 시행에 관련한 구체적 내용의 도출이 전제된다. 만일에 제도 시행에 관한 구체적 내용 도출이 어려울 경우는 산출에 필요한 사항을 가정하여 산출해야 한다.

한편 미국의 경우는 CBRS 대역 주파수 공동사용을 시행하면서 주파수 경매 방식을 적용하였다. 경매 결과는 유찰과 고가 매각이라는 두 가지 상반된 결과를 낳았다. 우리나라의 경우도 주파수 공동사용의 시행에 따른 주파수 2차 이용자 허가에서 해당 주파수 대역의 경매 방식에 의한 허가가 적정하다고 평가된다.

전파자원은 공공적 자원이며 공적 이용이 정책의 기초이고 따라서 주파수를 할당받아 배타적으로 이용하는 이용자는 그것을 통해 경제적 이익을 얻게 되므로 이를 고려하면 경매에 의한 재정적 수입을 국가 공동체에 사용하도록 하는 것이 형평성에 맞는다.

(나) 목표 주파수 대역 선정 및 주파수 공동사용 수요의 계량화

국립전파연구원의 주파수 공동사용 운영과 관리에 대한 역량 강화는 당해 제도의 도입을 전제로 하며, 현재 일부 시행되는 주파수 공동사용을 확대한다는 전제를 가지고 있다. 그러므로 향후 주파수 공동사용을 적용하려는 적정 대역 즉 기술적 적정성보다는 산업계에서 요구하는 수요에 기초한 적정 대역을 선정해야 한다.

이러한 대역 선정 작업은 국립전파연구원에서 선제적으로 추진해야

하고 이 경우 앞서 제안한 ‘주파수 공동사용 정책협의회’를 통해 공감대를 형성할 수 있다. 또한 앞서 언급한 비용과 편익의 산출에서 다루었던 것이 경제적 계량화 작업은 정책추진 및 제도운영, 관리에 중요한 정보가 된다. 마찬가지로 수요 주파수 대역에 대한 구체적인 수요의 계량화도 매우 중요한 의사결정 지원 정보이다.

기술 관점의 접근방식은 정책의 한쪽 면만 다루는 것이며, 해당 제도와 기술을 종합적으로 다루어야 하고 이것은 궁극적으로 국민 경제에 대한 기여 즉 산업계 혹은 사업체에서 요구하는 사용 요구를 계량적으로 파악하고 그 추이를 추정하는 것이 매우 중요하다. 따라서 국립전파연구원은 수요의 계량적 추정을 위한 분석을 수행하여 정책 시행을 대비할 필요성이 있다.

(다) 주파수 공동사용 수요 조사의 법적 근거 마련

주파수 공동사용에는 지역별 및 기간별로 유희 주파수 대역을 파악하여야 하고 추가로 산업계 등이 사용을 희망하는 주파수 대역을 파악하여 서로 일치시키는 절차가 필요하다. 이러한 절차를 위해 공동사용을 위해 사용을 희망하는 주파수 대역의 조사가 필요하다. 그리고 이러한 수요 조사는 정기적으로 이루어져야 하므로 이를 위해 법적인 시행 근거를 마련하여야 한다.

현행 법령에서는 주파수 공동사용의 시행 근거는 마련되어 있으므로 시행을 위한 구체적인 사항으로 공동사용 수요 조사 시행 근거는 하위 법령 형식으로 제정할 수 있다. 수요 조사는 지역별 권역을 구분하여 지역별 유희 대역을 조사하고 지역별로 수요 대역을 조사하여 후보 대역을 선정하는 것이 적절하다.

(라) 혼·간섭으로 인한 손해배상 규정의 정립

주파수 공동사용은 시행의 전제 조건으로 기존 이용자는 신규 이용자의 사용으로 인해 혼·간섭을 받아서는 안된다는 조건이 충족되어야 한다. 다만 기술적으로 혹은 운영상의 과실 또는 고의에 의한 혼신이나 간섭이 발생할 가능성은 존재한다. 주파수 공동사용의 주된 목표는 산업적 발전 즉 경제적 성장에 기여하는 것이며, 제도의 시행에서 어떠한 기술 방식을 적용하는가에 따라 의도하지 않은 혼신이나 간섭이 발생할 가능성이 있으며, 이는 기술적 미완성이나 미흡함보다는 사용이나 운영상의 고의나 과실에 의한 여지가 높다.

만일 고의에 의한 것이라면 처벌의 대상이 된다. 고의로 인한 혼신과 간섭으로 경제적 피해를 주거나 또는 범죄 의도를 가지고 관련 기술을 개발할 경우는 모두 중하게 처벌할 것이 요구된다. 또한 경제적으로 고의 및 과실에 의한 피해가 발생하며 이는 손해배상의 법리에 따르게 된다. 다만 고의의 경우는 특별한 고려가 불필요하지만 과실에 의한 손해에는 공동사용 제도 활성화를 위해 책임을 감경하는 시각이 요구된다.

기술적으로 혼신이나 간섭이 예상되는 기술 방식은 회피해야 하지만 기술적으로 불완전한 경우라면 과실로 손해를 발생시킨 경우는 배상의 범위를 한정하는 방안이 요구된다. 이는 공동사용으로 인해 과도한 손해배상 책임을 질 경우 해당 제도의 활성화에 장애가 될 수 있으므로 이를 완화하려는 것이며 한시적으로 운영하는 방안도 고려할 수 있다. 이것은 구체적인 손해를 미래 예상하기는 어려우나 진입을 고려하는 기업의 경우 경영상 리스크 분석에 도움이 되며 만일 일정하게 손해배상을 한정한다면 리스크를 경감시켜 기업의 사업 진입 결정에 유리하게 작용할 수 있다.

(마) 손해배상을 위한 보험 제도의 도입

혼신이나 간섭으로 인해 다액의 손해가 발생한 경우 원래 사용자 즉 주파수 공동사용 의무를 부담하였거나, 자발적으로 공동사용을 허용한 1차 이용자는 다액의 손해를 보전해 줄 제도적 장치가 있다면 과도한 손해를 회피할 수 있으므로, 보험 제도를 이용하여 손해배상을 담보하는 방안도 고려할 수 있다. 이러한 접근은 기술적으로 주파수 공동사용이 가능한지에 대한 평가와는 다른 차원의 접근이며, 경제적 혹은 경영적 관점의 접근이다. 이러한 접근 시각이 중요한 이유는 주파수 공동사용은 산업의 발전 혹은 관련 서비스를 통한 부가가치 창출을 도모하려는 경제적 관점에서 출발하고 있기 때문이다.

(바) 주파수 공동사용 제공 시 1차 이용자에게 반대급부 제공 고려

현행 법제에서는 방송 사업을 위하여 이용하는 주파수 이외에는 주파수 공동사용을 과학기술정보통신부장관이 처분할 수 있다.⁷⁶⁾ 이것은 행정부의 처분으로서 주파수 제공자(1차 이용자)는 자신이 기 할당을 받은 주파수의 제공을 거부할 수 없다. 이러한 법규정은 전파가 공공적 성격의 물건이므로 공동의 사용이 필요하고 이것이 결국 국민 경제와 국민 복리에 기여할 수 있다는 전제를 바탕으로 두고 있는 것이다.

그리고 공동사용에 대한 하위 규정으로 주파수 공동사용 범위와 조건, 절차, 방법 등에 관한 기준(제2019-96호 고시)이 있으며 공동사용의 1차 이용자에 대한 반대급부 내지 보상적 내용은 규정하지 않고 있다. 그러나 주파수를 할당받은 자는 유상으로 권리를 취득하였으므로 권리 일부가 제한되는 것으로 평가되므로 적절한 보상적 조치의 필요성을 고려하게 된다. 1차 이용자 즉 주파수 제공을 부담하는 당사자는 자신의 주파수에 대한 혼신과 간섭의 위험을 감수해야 하고 할당에 따라 지급한 대금에 대하여 형평성을 고려해야 할 여지가 있다.

76) 전파법 제6조의3(주파수 공동사용) ① 과학기술정보통신부장관은 주파수할당, 주파수지정, 주파수 사용승인을 받은 자에게 주파수의 전부 또는 일부를 주파수 공동사용에 제공하도록 할 수 있다.

이 방안은 현행 회수, 재배치 경우에 ‘통상적으로 발생하는 손실’을 보상하거나 또는 할당에 따라 지불한 대금의 일부 반환을 규정한 규정을 감안하여도 적절하다고 보인다.

1차 이용자에게 제공하는 반대급부에는 세제적 지원 혹은 주파수 사용료의 감면을 고려할 수 있다. 다만 공동사용을 통하여 2차적으로 이용하는 사용자(신규 이용자)를 통해 정부가 얻는 재정적 수입과의 균형을 고려할 필요가 있다.

(6) 국립전파연구원 내에 주파수 공동사용 전담 조직 설치

아직 국내에서 활성화가 되지 않은 주파수 공동사용 제도의 운영과 관리를 위해서는 전담 추진 조직 또는 책임 조직이 요구된다. 국립전파연구원의 정원은 약 150여명이므로 해당 조직을 구성할 여력은 보유한 것으로 평가되나, 예산상의 제약이 있다면, 임시특별조직(소위 TFT)을 구성하고 여건 변화를 고려하여 정식 직제로 편입하는 방안도 가능하다.

대체로 어떤 사업을 추진하기 위해서는 전담하는 담당 조직을 편성하여 해당 조직이 추진에 전념할 수 있도록 하는 것이 일반적인 방안이다. 주파수 공동사용은 국내에서 아직 정착되지 않은 제도이므로 기술의 개발과 더불어 정책 및 법·제도의 개발과 연구도 필요하다. 따라서 주파수 공동사용 전담 조직에는 정책과 법·제도를 다룰 수 있도록 조직을 구성하는 것이 바람직하다.

(7) 모의 운영을 위한 테스트베드의 설치

현재 운영되는 주파수 공동사용 대역이 일부 있지만 향후 확대가 필요하며, 또한 선호하는 대역에 수요가 집중될 것이 예상되므로 테스트베드 구축 및 운용을 위해 필요한 사항을 파악하고 운영 기법을 숙련하는 것이 요구된다.

특히 기술적 방식의 선택에서 혼·간섭이 발생하지 않는 방식을 선택해야 하는데 이러한 측면도 테스트베드의 모의 운영을 통해 더 우수한 기술적 방식을 평가할 수 있다. 특히 모의 운영에는 기술적 운영만을 모의할 것은 아니고 행정절차도 모의 운영하여 서비스를 시행하는데 신청 기업이 고려할 소요 및 행정 처리에 필요한 기간 분석도 중요한 요소이다. 시간은 해당 서비스에 진입하려는 경영자 측에서는 매우 민감한 경영적 요소이며 주과수 공동사용이 실제로 신청 후 가동할 수 있는 시점까지의 시간을 최소화하는 방식을 개발할 필요가 있다.

(8) 운영·관리 지침서 등 세부 실행 규정 마련

(가) 운영 해설서 또는 실무 지침서의 마련

현재 운영 중인 주과수 공동사용 주과수 대역의 운영 실무를 참조하여 실무 지침 또는 매뉴얼, 가이드북 등 실무에 필요한 해설서, 운영 지침서 등을 문서화 준비가 필요하다.

(나) 수수료 규정 등 마련

실무 규정에는 사용 수수료(전과 사용료 등) 및 신규 이용자(2차 이용자)의 의무 그리고 ‘주과수 공동사용 데이터베이스’에 이용자의 정보를 활용하기 위한 절차, 일정한 요건에서는 서비스를 중지할 수 있는 규정 등의 도출이 필요하다.

(다) 2단계 절차에 따른 허가 심사

주과수 공동사용 운영 시, 허가 당국(과학기술정보통신부)에서는 공동사용 신규 사용자의 사용 신청을 검토하고, 허가를 하기 위해 필요한 정보를 수취해야 한다. 이때 개인정보 보호나 기업 영업 정보의 유출에 대한 관리도 주의해야 한다.

이러한 점을 고려하여 허가 당국의 심사는 2단계 심사 절차가 적절해 보인다. 1차 심사에서는 최소의 정보만을 요구하고 적정하다고 평가될 경우 2차로 세부 정보를 요구하여 공동사용의 허가를 심사하는 방식이 적절하다.

(9) 운영 방식 등 세부 기술 정보 공지 제도화

주파수 공동사용으로 인해 혼·간섭이 발생하는 것은 법제적으로는 금지되어야 한다. 다만 기술적 방식에 따라 의도하지 않은 혼·간섭이 발생할 여지가 있을 수 있다. 이 경우 주파수 공동사용에 할당받은 주파수를 제공해야 하는 당사자와 공동사용을 허가받아 사용하는 2차 사용자는 통신의 품질에 대한 예측 가능성을 확보하여 공동사용자 자신의 경영에 반영하려는 점을 고려해야 한다. 이러한 점은 서비스 품질과 경영에 연결되는 중요한 부분이므로 주파수 공동사용으로 인한 기술적 약점이나 강점을 사전에 분석하여 제시하고 테스트하여 관련 정보를 이해관계자에게 제공할 필요가 있다.

이러한 내용은 기술적 성격의 분석이지만 결국은 기업체의 경영 리스크 관리에 연결된다. 그리고 소비자 즉 서비스를 이용하는 일반 국민들은 자신의 서비스에 대한 혹은 이용 주파수에 대한 기대 수준을 예상하고 그에 따른 기대 수준을 형성할 수 있다.

(10) 운영·관리를 위한 권역 설정

주파수 공동사용의 시행은 그 기술적 기법에 따라 지역적으로 공동사용 대역이 달라질 수 있다(예. TVWS). 이러한 점을 고려하여 운영·관리는 지역적으로 다른 양태(樣態)를 나타낼 수 있다. 권역별로 공동사용에 제공하는 대상 주파수 대역을 선정하고 2차 이용자에게 할당하게 된다. 그러므로 권역을 설정하고 관리의 지역적 범위를 구분하는 것이 요청된다.

제 2 절 주파수 공동사용 허가체계 개선 방안

1. 제도 개선의 전체 사항

가. 2개 사용자 계층으로 구성

다계층 주파수 공동사용이란 일정한 주파수 대역에 대하여 둘 이상의 이용자가 서열적 구조를 형성하고 권리의 우열 관계를 층의 형태로 형성하고 있다고 가정한다. 그리고 기존에 할당받아 이용하는 이용자(1차 이용자, 기존 사용자)가 할당은 받았지만 전체 할당받은 대역 중에서 사용하지 않거나 간헐적으로 사용하는 대역(미사용 부분대역)을 일정한 부담을 지는 2차 이용자(신규 사용자)가 혼신이나 간섭을 일으키지 않는다는 조건으로 사용하는 것이다. 여기서 다계층이라는 말은 1차 이용자 이외에 2차 또는 3차로 이용자를 설정할 수 있다는 것을 전제한다.

본 연구에서는 제도가 일부 시행되고 있다는 점, 시행의 복잡성 완화가 필요한 점을 고려해 이용자 계층은 2개 계층으로 구분하여 제도를 운영한다고 가정하였다.

나. 주파수 공동사용 적용 방식

주파수 공동사용 적용을 위한 기술적 기법은 다음의 두 가지 기법을 적용하는 것을 가정한다.

(1) 사용 기간을 달리하는 주파수 공동사용

주파수 대역 중 이용하지 않는 대역이 있는 경우 이용하지 않는 시간에는 2차 이용자가 이용하는 방식이다. 이미 1차 이용자가 할당을 받아 이용 권리를 보유하고 있지만, 특정 부분 대역은 거의 사용하지 않는 기간이 장기간 존재하는 경우가 있을 수 있다. 이렇게 할당은 받았지만

특정한 부분 대역은 전혀 사용이 없거나 내지 거의 사용이 없는 부분 대역은 주파수 공동사용을 위해 제공할 수 있다. 이때 공동사용을 위해 2차 이용자에게 사용하지 않는 유휴 시간 즉 혼신이나 간섭을 일으키지 않는 조건상황 하에서 사용을 허용하는 주파수 공동사용 기법이다.

(2) 사용 지역을 구분하는 주파수 공동사용

동일한 주파수 대역이라고 하더라도 주파수 대역을 세부적으로 분할하여 보면, 사용하지 않는 부분 대역이 존재할 수 있다. 이 경우 주파수 공동사용의 방식 중 일정한 지역을 권역으로 확정하고 해당 지역에서 사용하지 않는 부분 대역을 2차 이용자에게 사용을 허용하는 기법이다.

(3) 주파수 대역 수요 조사 및 주파수 공동사용 대역의 지정

주파수 공동사용을 위한 주파수 대역은 특정을 해야 하고, 특정은 주파수 수요를 기초로 해야 한다. 따라서 사용 요구를 실제로 조사하여 실제 수요가 있는 대역을 주파수 공동사용에 제공할 대역으로 지정하는 절차를 운영한다고 전제한다.

(4) 허가 방식에 의한 할당

국외 사례에서는 2차 이용자와 3차 이용자를 구분하고 3차 이용자는 비신고 방식으로 사용하는 방식도 적용하고 있으나, 본 연구에서는 허가에 따라 2차 이용자에게만 공동사용을 허용하는 방식으로 운영하는 것으로 가정한다.

주파수 공동사용의 허가 방식 적용은 현행 전파법(제14조 제3항)⁷⁷⁾에서 주파수 이용권 임차의 경우에 승인을 받도록 하므로 허가 방식에 의한 할당이 적정하다.

77) 전파법 제14조 ③ 제2항에 따라 주파수이용권을 양수하거나 임차하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 미리 과학기술정보통신부장관의 승인을 받아야 한다.

허가 기간은 5년 이상 10년 이하로 설정한다. 현행 할당 기간은 20년 이내 또는 10년 이내임을 고려할 때 2차 이용자의 허가 기간을 단축하여 할당할 필요성이 있다. 주파수의 효율적 이용을 도모하려는 주파수 공동사용 제도의 기본적 목적을 반영하면 장기간 및 단기간 허가 방식이 적정하다.

(5) 가격 경쟁 방식에 의한 주파수 할당 및 중소기업 별도 할당

현행 법제에서 주파수 할당은 가격 경쟁에 의한 대가 할당이 주요 할당 방식이며, 주파수 공동사용에서 2차 사용자에게 주파수 사용을 허용하는 것은 현행 주파수 할당과 성질이 같다고 할 수 있으며 2차 이용자의 주파수 사용에서도 가격 경쟁에 의한 할당 방식이 적정하다.

다만, 중소기업의 진입 기회를 위해서 중소기업의 이용 신청이 있는 경우는 경쟁에 의한 주파수 할당과 분리하여 별도로 주파수 할당 방식을 고려할 필요가 있다. 이때도 가격 경쟁에 의한 할당은 적용하는 것이 적절하다.

다. 허가 절차 개선 방안

본 연구는 앞에서 다룬 내용을 제도 운영의 전제 사실로 간주하고 다음과 같이 주파수 공동사용 2차 이용 허가 절차를 제시하였다.

1. 주파수 공동사용이 필요한 대역 수요를 조사한다. 사용을 희망하는 대역을 접수하여 파악하는 방식을 적용한다.
2. 실제 수요를 기초로 주파수 공동사용 대역(2차 사용자의 이용 대역)을 지정한다.
3. 지정된 주파수 공동사용 대역의 적정한 경매 가격을 산출한다.
4. 주파수 경매를 공고한다. 이때 경매 참가자 자격을 지정/공고하고 경매 참여 시 할당받을 자격 여부를 심사하여 비적격자를 제외한다.

5. 2차 이용 대역의 경매를 실시하고 낙찰자를 결정한다.
6. 낙찰자는 2차 이용을 위한 할당 허가 신청을 한다.
7. 신청서에 기초하여 허가 여부를 심사한다.
8. 허가 결정을 하고 통지한다.
9. 허가 통지 이후의 절차는 현행 주파수 할당에 따른 절차(무선국 준공 검사 등)와 동일하다.
10. 1차 이용자에게 해당 주파수가 2차 이용자에게 할당되었음을 통지한다. 이는 혼신과 간섭을 줄이기 위한 정보의 공유 필요성에 기초한 절차이다.

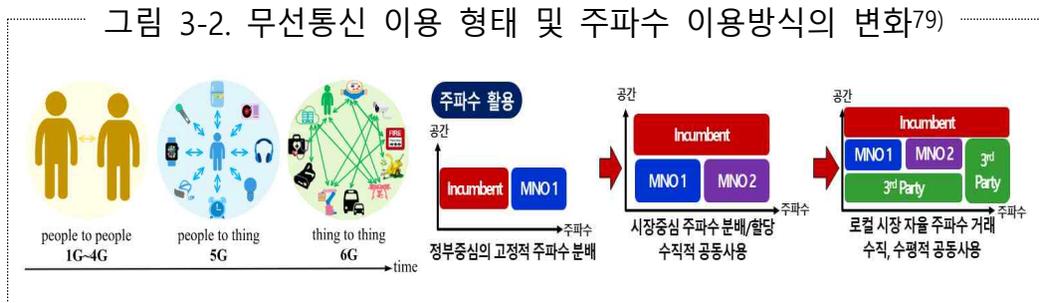
그림 3-1. 주파수 공동사용 무선국 허가 절차 제안



제 3 절 미래 주파수 공동사용 도입 대응을 위한 연구개발 현황 조사·분석

1. Pre-6G 주파수 공동사용 기술

한정된 자원인 주파수의 이용 범위가 ‘Low-band(300MHz~1GHz)’, ‘Mid-band(1~3.7GHz(lower), 3.7~24GHz(upper))’, ‘High-band(24~300GHz)’⁷⁸⁾에 이르기까지 기존의 지상망을 비롯한 UAM(Urban Air Mobility) 등의 항공, 저궤도 위성 등 우주 범위에 이르기까지 다양한 종류의 ICT 융·복합 무선 서비스 이용이 확대되고 있다. 이에 6G 시대를 대비한 주파수 공동사용은 무선기기의 이용 환경/형태/위치 등을 모두 고려해야 하는 일종의 입체통신 이용환경을 고려해야 하므로 더욱 고도화되고 지능화된 형태의 주파수 공동사용 기술에 대한 연구개발이 필요하다.



특히 향후 기존 S 및 C-band⁸⁰⁾ 중심의 주파수 이용 집중과 함께 상위 중대역(7~24GHz) 대역에 대한 수요가 점차 증가할 것으로 예상되므로 시·공간 영역, 주파수 영역에서 지능화, 고도화, 자동화된 형태의 주파수 공동사용 기술의 필요성은 더욱 확대될 것으로 예상된다. 즉, 현재의

78) FCC Fast Plan, FCC 17-104(Mid-band Nol), FCC 16-89(spectrum frontiers)

79) Service-aware 6G: An intelligent and open network based on the convergence of communication, computing and caching, Digital Communications and Networks, 2020.

80) IEEE 분류 기준 : S-band(2~4GHz), C-band(4~8GHz)

28GHz 대역 등은 짧은 도달거리, 규모의 경제 실현이 가능한 신규 서비스 미흡 등으로 무선백홀 용도 등을 제외하고는 국내외적으로 중대역에 대한 이용 집중화 현상이 지속될 것으로 예상된다. 이와 함께 6G 무선 통신은 높은 전송 속도와 고해상 센싱 지원을 위해 매우 큰 대역폭 필요하며, 주파수 파편화로 인한 성능 제한 극복을 위해 연속적인 스펙트럼 이용이 선호되므로 이용자 간의 주파수 공동사용이 더욱 필요하다고 할 수 있다. 또한 군, 위성 등 기존 공공 무선 사용자가 다수 존재하는 중간대역에서의 배타적 이용의 어려움과 연속적인 스펙트럼 확보를 위한 대안으로 주파수 공동사용의 필요성이 더욱 높다고 할 수 있다.

전 세계적으로 주파수 공동사용 방식 도입에 있어 가장 적극적인 행보를 보이는 미국은 주파수 공동사용 기술의 필요성을 일찌감치 인식하고, 최근 NIST(National Institute of Standards and Technology), DARPA, 학계, 산업계, IEEE 표준화 등을 중심으로 주파수 공동사용에 대한 지능화 기술을 지속적으로 연구하고 있다⁸¹⁾.

NIST는 CBRS를 위한 DPA⁸²⁾ 설정 및 인공지능/기계학습(AI/ML) 기반 스펙트럼 추정 기술 고도화(레이다, LTE 등), 스펙트럼 센싱 노드 최적 위치 선정과 관련한 선행연구를 진행하고 있다. DARPA의 경우에는 SC2 개최를 통해 가상의 시나리오(지구국 보호이격거리 대비 주파수 이용 효율성 측정, 트래픽 증가 대응능력 등)에서 산·학·연 연구자들의 경쟁을 통한 주파수 공동사용 선행 기술에 대한 성능 평가를 진행한 바 있다. 버지니아공대 등 학계에서는 CR(Cognitive Radio) 엔진 개념의 유전자 알고리즘 기반 무선자원 최적 이용방안(전파환경에 따른 변조방식 및 방사출력 자동 조정 등)에 대한 연구를 진행하였다.

구글, MS, Federated Wireless 등 주파수 공동사용 기술개발을 중점적으로 수행하고 있는 관련 산업계는 WSDB, SAS에 대한 개발 및 고

81) 기존 인지무선기술(CR, Cognitive Radio), AI/ML 기반의 주파수 공동사용 요소기술

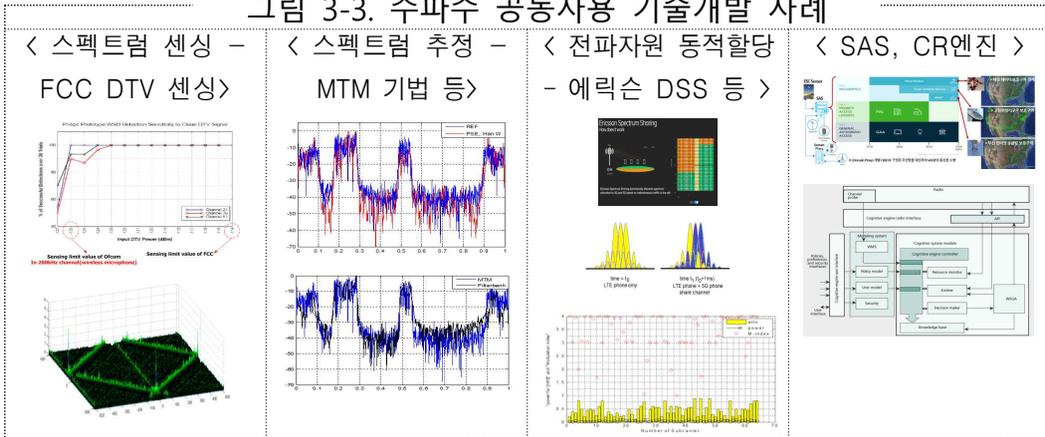
82) Dynamic Protection Area : 센싱 기반 군 해상 레이더 동작유무 판별에 따른 민간 서비스의 지리적 사용 가능 영역

도화 작업을 지속적으로 진행하고 있으며, 에릭슨은 4G와 5G 서비스 간에 이용 트래픽 현황에 따라 RB(Resource Block)을 자동적으로 할당하는 동적 할당 기반의 주파수 공동사용 기술(DSS(Dynamic Spectrum Sharing)에 해당)을 도입하고 있다.

미국 중심의 산업체 중심 표준화 기구인 WIF(Wireless Innovation Forum)은 CBRS, 6GHz Wi-Fi 6E AFC(Wi-Fi Alliance 개발 중)에 대한 표준을 개발하고 있으며, 국제 표준화 기구인 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)은 IEEE 802.11af, 802.15.4m, 802.19, 802.22, P1900 등과 같은 주파수 공동사용과 관련한 표준을 개발하였다. 특히 IEEE P1900.8 표준의 경우에는 동적 스펙트럼 접속 환경에서의 기계학습 기반의 RF(Radio Frequency) 스펙트럼 인지에 대한 표준을 개발하고 있다.

국내에서는 ETRI, 학계, 군⁸³⁾을 중심으로 스펙트럼 센싱, CR엔진(유전자 알고리즘, AI/ML 적용), WSDB에 대한 연구 및 국내외 표준개발(국가표준 등)을 진행한 바 있으며, 특히 군을 중심으로 주파수 공동사용 기술 개발에 대한 지속적인 수요가 발생하고 있다.

그림 3-3. 주파수 공동사용 기술개발 사례

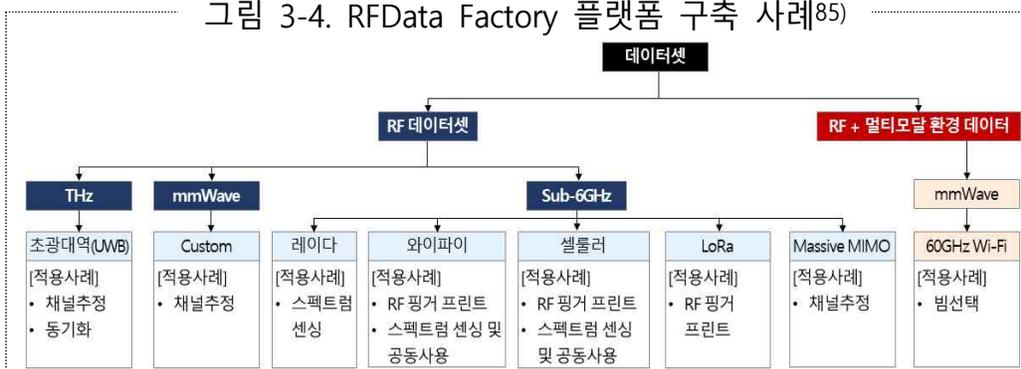


83) ADD, LIG 넥스원을 중심으로 군 무전통신을 위한 센싱, CR엔진(학습, 추론, 최적화 등) 기술 연구

(1) Pre-6G 주파수 공동사용 후보기술 - AI·학습용 전파 데이터셋(dataset) 획득·가공·구축 기술

6G 시대를 대비한 주파수 공동사용 요소 기술 중 하나로 AI-Native 기반의 무선통신 환경에서 주파수 자원의 효율적인 활용을 위한 전파 데이터의 획득 및 가공, 지속적인 전파 이용환경 개선을 위한 전파 데이터셋 구축을 고려할 수 있다. AI 기반의 주파수 공동사용 기술이 주변 전파 이용 환경에 대한 학습을 통해 가용채널 등 더욱 높은 수준의 정확도 예측을 위해서는 대량의 전파 데이터셋 구축이 선행되어야 할 것으로 예상된다. 전파 데이터셋 구축을 위한 전파 데이터 획득 방법에 있어서는 LoRa, 스마트폰을 이용한 수신전계강도 및 I/N 값 등 획득 방안 및 향후 애플 카플레이어나 구글 안드로이드를 통한 차량 내 비게이션 기반의 전파 데이터 획득 앱 개발도 가능할 것으로 판단된다. 최근 미국 노스웨스턴 대학과 라이스 대학은 미국 국립과학재단 지원을 통한 공동 연구를 통해 그림 3-4와 같은 ‘RFData Factory’ 플랫폼을 이용한 전파 데이터셋을 구축하고 있다.⁸⁴⁾

그림 3-4. RFData Factory 플랫폼 구축 사례⁸⁵⁾

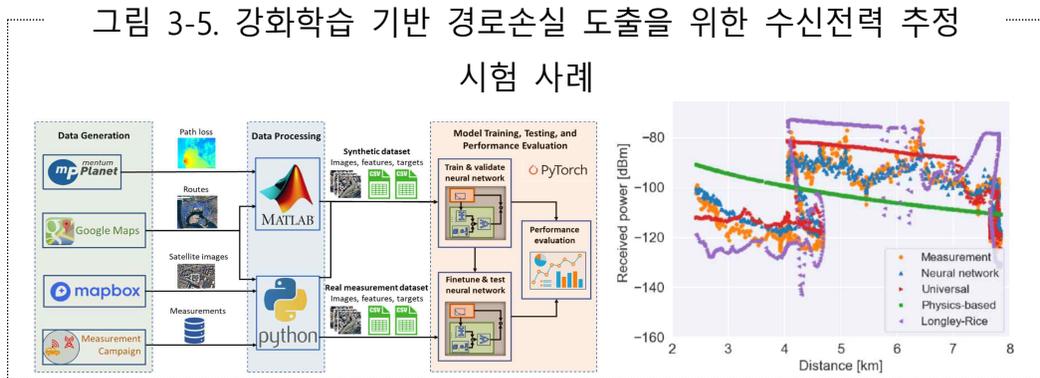


84) Northeastern University, Community Resource for RF Dataset Sharing, ISART 2022.

85) Service-aware 6G: An intelligent and open network based on the convergence of communication, computing and caching, Digital Communications and Networks, 2020.

(2) Pre-6G 주파수 공동사용 후보기술 - AI·학습용 전파 데이터 기반 AI/ML을 이용한 전파 경로손실 학습·추론 기술

주파수 공동사용에 있어 이중망간 공존 정확성 확대를 위해서는 전파 경로손실 추정의 정확도가 중요하다고 할 수 있다. 특히 전파라는 특성상 계절별, 무선기기 이용환경별(도심, 부도심, 시골 및 지상, 해상, 항공, 우주 등)로 개별적인 전파 이용환경 특성을 가지고 있으며, 무선국이 배치된 모든 위치에서 항상 전파 이용 상태를 모니터링하는 것은 현실적으로 어려운 측면이 있으므로 AI 기술과 같은 지능화 기술을 활용한 경로손실 학습 및 추론 기술이 필요하다고 할 수 있다. 그림 3-5는 미국 NIST에서 진행하고 있는 강화학습 기반의 경로손실 추정을 위한 소프트웨어 기반의 실험 구성도 및 경로손실 추정 정확도 비교를 위한 수신 전력 변화량 결과를 나타내고 있다.⁸⁶⁾ 모의실험 결과에서 ‘Measurement’는 실제 수신전력 측정 값, ‘Neural network’는 신경망 알고리즘을 이용한 수신전력 추정 값 등을 나타내고 있다.



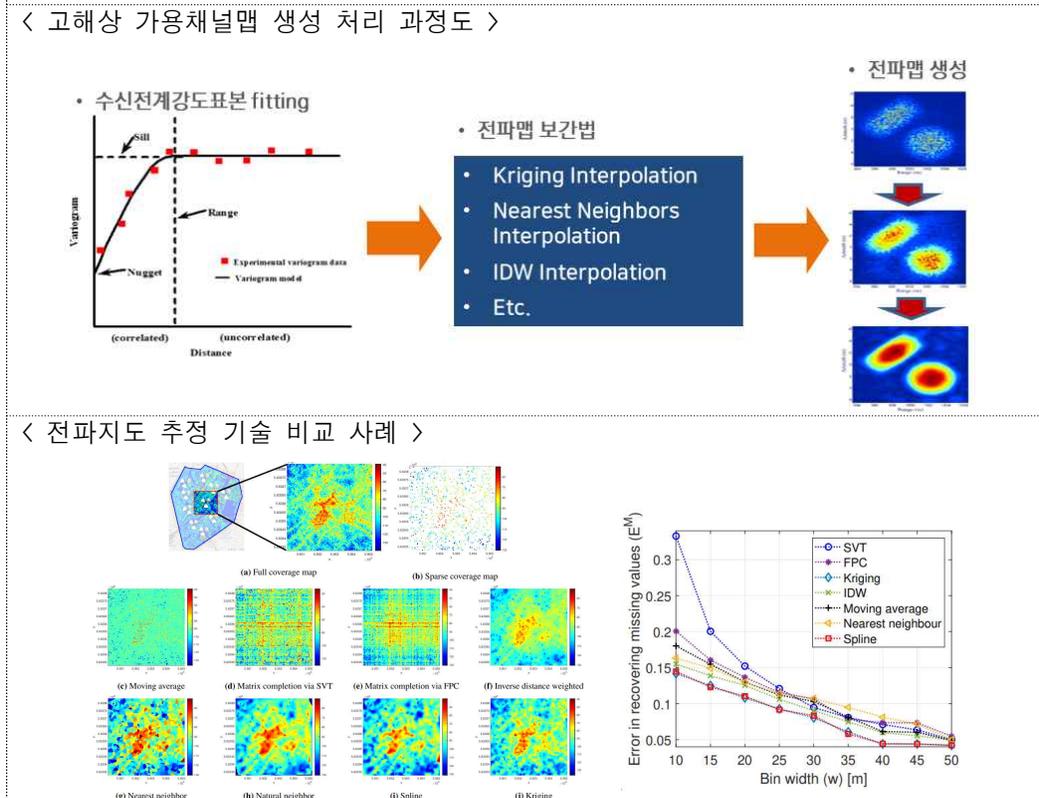
(3) Pre-6G 주파수 공동사용 후보기술 - AI·학습용 전파 데이터 기반 AI/ML을 이용한 다계층 전파지도 형성 기술

86) <https://www.nist.gov/programs-projects/citizens-broadband-radio-service>

AI/ML을 이용한 다계층 전파지도 형성 기술은 수신전력강도 등의 전파 데이터를 활용하여 고해상의 가용채널 지도를 생성하는 기술에 해당한다. 본 기술은 강화학습 기반의 경로손실 추정 데이터를 활용하는 것이 가능하며, 실환경 수신전력 측정 값 또는 AI/ML 알고리즘을 통해 학습·추정된 수신전력강도, I/N 비율 값 등을 이용하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

또한 AI/ML을 이용한 다계층 전파지도 형성 기술 개발 시, 전파지도 정보를 활용한 무선국 전력제어를 통해 지리적으로 이종망간 공존이 가능한 전파 이용환경 식별이 가능할 것으로 예상된다. 또한 주파수 공동 사용 이용자를 위한 가용채널 추정 또한 가능할 것으로 판단된다.

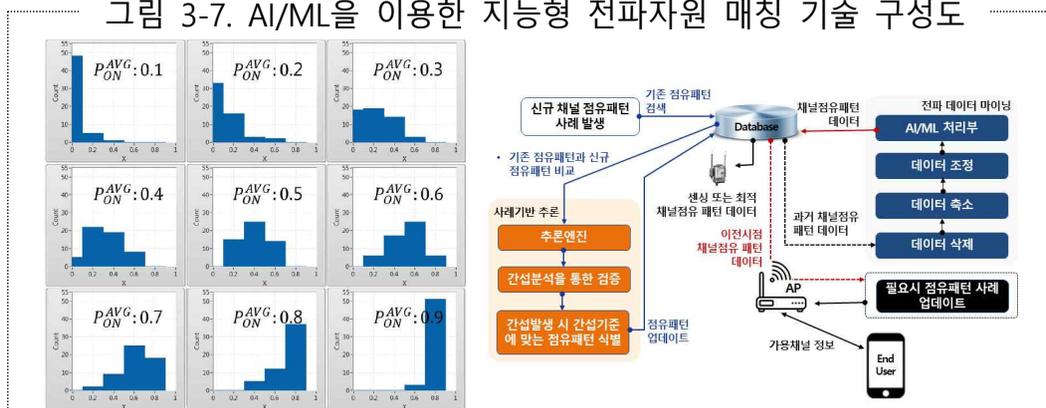
그림 3-6. 고해상 가용채널지도 생성 처리 과정도 및 전파지도 추정 기술 비교 사례⁸⁷⁾



(4) Pre-6G 주파수 공동사용 후보기술 - AI·학습용 전파 데이터 기반 AI/ML을 이용한 지능형 전파자원 매칭 기술

AI/ML을 이용한 지능형 전파자원 매칭 기술은 간섭보호가 필요한 무선국을 대상으로 확률·통계적 특성을 갖는 무선 트래픽 이용 모델을 생성하여 미래 트래픽 이용 형태를 예측하는 기술이다. 즉, 특정 무선 서비스의 다양한 트래픽 이용 형태(개별 점유 대역폭(채널) 이용 패턴 등 고려)를 반영하는 수학적 형태의 확률·통계적 모델링을 통해 생성한 후, AI/ML 알고리즘을 활용하여 확률·통계적 모델 기반의 트래픽 형태를 학습한 후 미래 트래픽 이용 정도를 사전에 추론하는 기술이다.⁸⁸⁾

그림 3-7. AI/ML을 이용한 지능형 전파자원 매칭 기술 구성도



(5) Pre-6G 주파수 공동사용 후보기술 - AI·학습용 전파 데이터 기반 AI/ML을 이용한 스펙트럼 인지 기술

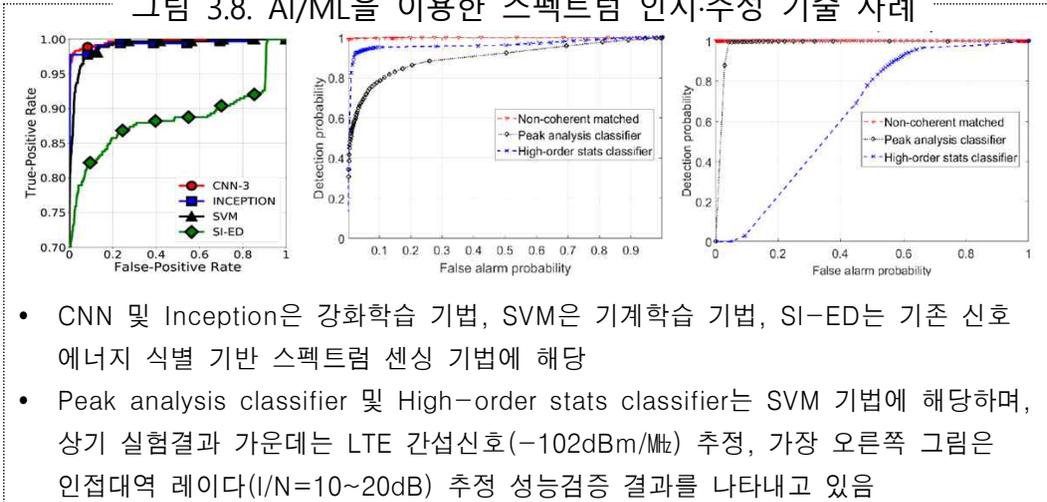
미국 NIST는 3.5GHz CBRS 대역에서 간섭보호 대상인 RF 레이다에 대한 식별 능력을 향상시키기 위한 AI 알고리즘을 활용한 스펙트럼 센싱 기술을 연구하고 있다.⁸⁹⁾ 본 연구는 CBRS에서 군 해상 레이다와 인

87) Haneya Qureshi and etc., "Enhanced MDT-Based Performance Estimation for AI Driven Optimization in Future Cellular Networks," *IEEE Access*, pp(99), September 2020.

88) Deok-Won Yun and Won Cheol Lee, "Intelligent Dynamic Real-Time Spectrum Resource Management for Industrial IoT in Edge Computing," *Sensors*, 2021., 스펙트럼인사이트연구소 일부수정

접 대역 동종 사용자와의 정확한 분류를 위해 전파 데이터셋 구축과 함께 CNN(Convolutional Neural Network)을 이용한 성능 검증 연구를 수행한 바 있다. 본 연구는 향후 실제 전파 측정 환경 및 참조 가능한 전파 데이터의 부족 상황을 대응하기 위해 자동화된 형태의 주파수 공동사용 관리 시스템을 구현하는데 목적이 있다고 할 수 있다. 본 연구 결과는 AI 기반의 스펙트럼 센싱 기술에 대한 표준 개발을 진행하고 있는 IEEE 1900.8의 참조 내용으로도 활용될 예정이다.

그림 3.8. AI/ML을 이용한 스펙트럼 인지·추정 기술 사례



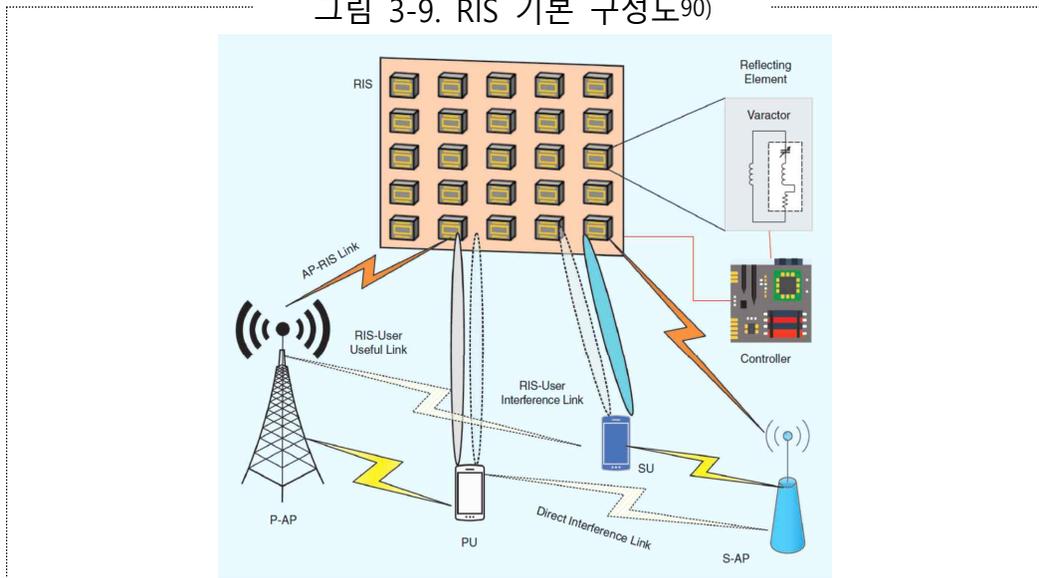
(6) Pre-6G 주파수 공동사용 후보기술 - AI·학습용 전파 데이터 기반 주파수 공동사용을 위한 재구성 가능 지능형 평면(RIS, Reconfigurable Intelligent Surface) 기술

재구성 가능한 지능형 표면(RIS)은 이중망간 상호 간섭보호가 필요한 주파수 공동사용 환경에서 빔 형성 방향을 자동적으로 변경하는 방식 등을 통해(재구성) 이중망간 공존을 향상할 수 있는 기술이다. 본 기술은 주파수 공동사용 환경에서 다수의 송수신점 간의 시·공간적 간섭보호(회피, 제어 등)를 위해 능동 및 수동형 RIS 빔형성 기법을 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

89) Deep Learning for Radar Signal Detection in the 3.5 GHz CBRS Band, DySPAN 2021, 2021. 등

일종의 RIS 지원 주파수 공동사용 시스템은 주파수 이용 효율성 향상과 이중망간 공존 유지와 함께 차량 또는 무인이동체 등의 전파 이용 분야에서 적용이 가능한 6G 핵심 후보 기술 중 하나라고 할 수 있다. RIS는 간섭보호가 필요한 면허 사용자 사용자와 2차 사용자 간의 주파수 공동사용 시나리오에서 능동 및 수동형 빔형성 방식 결합을 통한 높은 수준의 스펙트럼 효율성 및 공동사용 달성이 가능할 것으로 예상된다.

그림 3-9. RIS 기본 구성도⁹⁰⁾



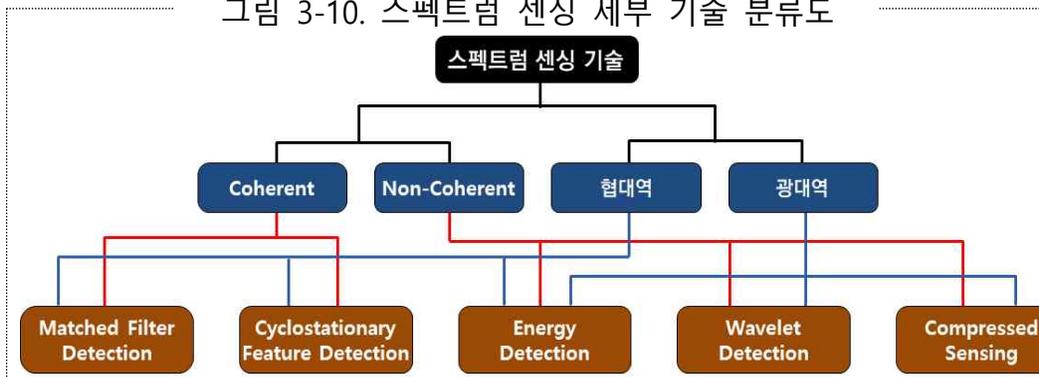
(7) Pre-6G 주파수 공동사용 후보기술 - 스펙트럼 센싱 고도화 기술(JCS)

스펙트럼 센싱 기술은 오래전부터 주파수 공동사용을 위한 핵심 기술로서 국내외적으로 연구개발이 진행된 바 있으나, 실제 전파 이용 환경에서의 적용 한계로 인해 고도화에 있어서는 담보 상태에 있다고 할 수

90) Zhong Tian, Zhengchuan Chen, etc., "RECONFIGURABLE INTELLIGENT SURFACE EMPOWERED OPTIMIZATION FOR SPECTRUM SHARING - Scenarios and Methods," *IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY MAGAZINE*, June 2022.

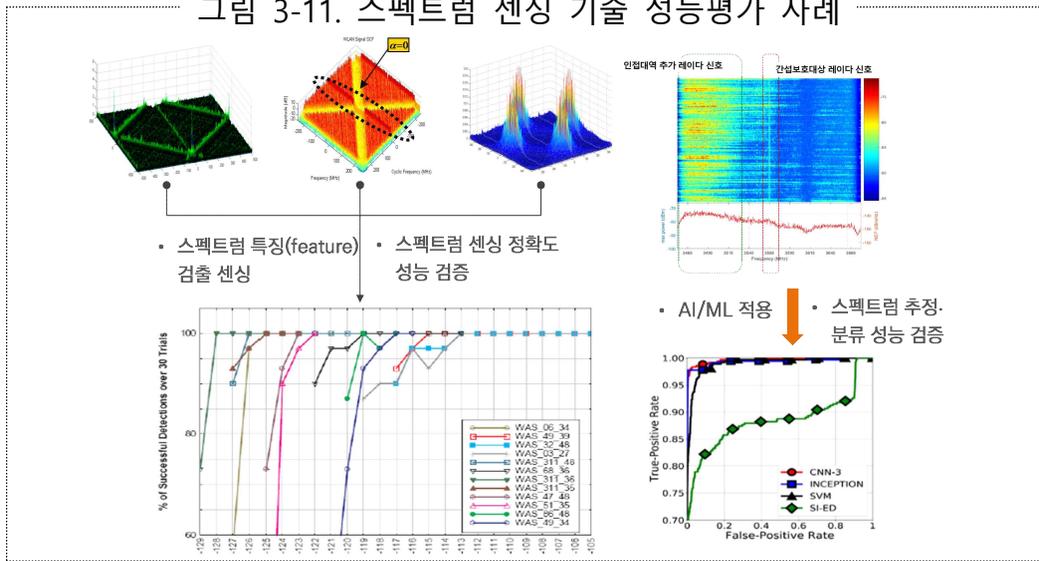
있다. 즉, 실험실 환경에서는 연방통신위원회에의 TVWS 도입을 위한 스펙트럼 센싱 실험 사례와 같이 센싱 기준 값을 충족하는 성능을 도출하는 것이 가능하나, 실환경에서는 인프라 구축비용을 비롯하여 동일 및 인접 주파수를 이용하는 동종 사용자 간의 스펙트럼 분류 정확도 성능 부족, ‘whisper zone’과 같은 스펙트럼 센싱 주변 영역에서의 간섭보호 필요성, 군 통신 등 정보 보안이 필요한 공공 무선 사용자와의 주파수 공동사용에서의 적용 회피 등으로 기술적 고도화가 필요한 실정이다. 스펙트럼 센싱 기술은 그림 3-10에 나타난 바와 같이 크게 협대역 또는 광대역, 동기 및 비동기 스펙트럼 센싱 기술로 분류할 수 있다.

그림 3-10. 스펙트럼 센싱 세부 기술 분류도



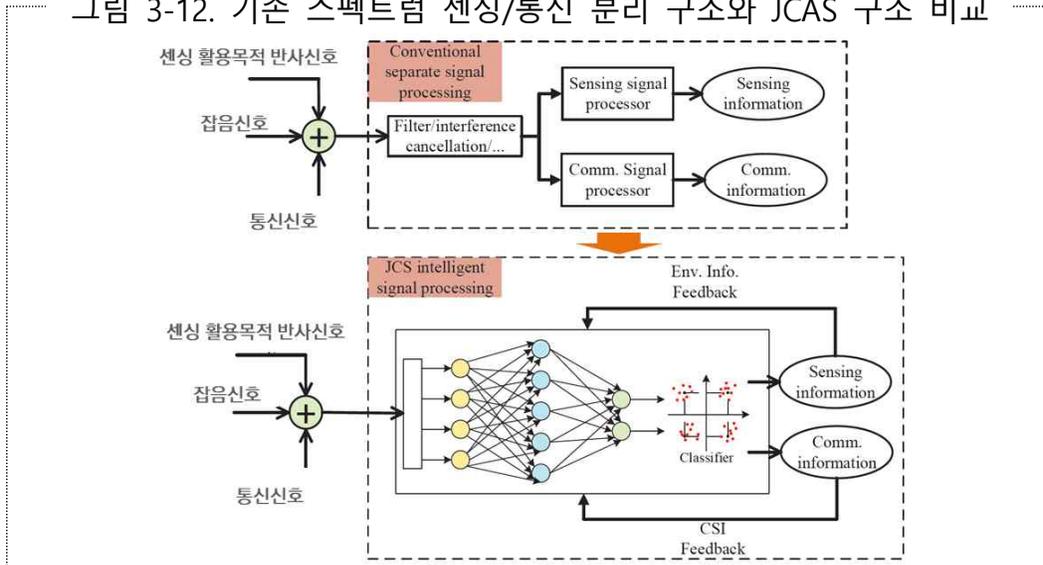
광대역 스펙트럼 센싱 기술은 일반적으로 고속 ADC(Analog-to-Digital Converter)가 필요하며, 고속 ADC 구현에 있어서는 상당히 많은 비용이 들 수 있으므로 주파수 공동사용 도입을 목표로 하는 광대역 스펙트럼 센싱을 위해서는 압축 센싱(compressed sensing) 기술을 적용하는 연구가 학계를 중심으로 진행되고 있다. 압축 센싱 기술은 ‘Nyquist’ 샘플링 조건보다 적은 샘플링 수로도 수신된 신호를 원본 신호로 완벽하게 복원하거나 서로 상관되어 있는 신호도 작은 오차를 가지고 복원시킬 수 있다는 장점이 존재한다.

그림 3-11. 스펙트럼 센싱 기술 성능평가 사례



최근에는 단일 기지국(또는 단말)에서 무선통신과 스펙트럼 센싱이 결합된 형태(integrated)로 동시에 이용할 수 있는 6G 후보기술로서 JCAS(Joint Communication and Sensing) 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 기존 센싱 노드만 독립적으로 존재하여 설치비용 및 전파 이용환경에 따른 성능 변화 등 스펙트럼 센싱 기술의 단점을 극복할 수 있는 방안으로 고려 가능할 것으로 판단된다.

그림 3-12. 기존 스펙트럼 센싱/통신 분리 구조와 JCAS 구조 비교

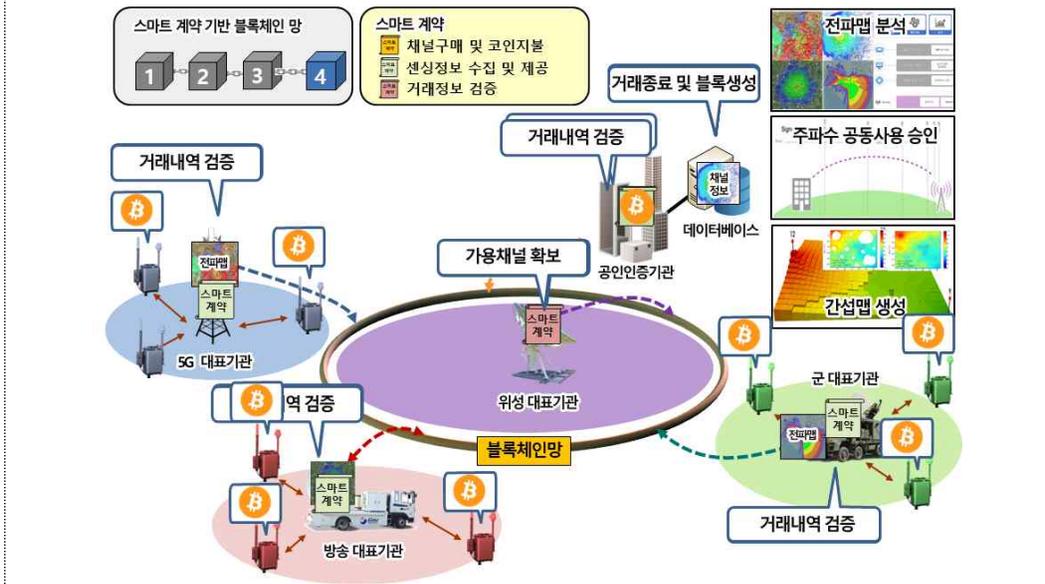


(8) Pre-6G 주파수 공동사용 후보기술 - 블록체인 기반의 전파 센싱 정보 거래 플랫폼 기술

군 무선통신과 같은 공공 무선 서비스는 이용정보의 보안 요구사항이 높을 수 있으며, 북한과 군사적으로 대립하고 있는 국내의 현실을 고려할 때, 군이 이용하고 있는 특정 주파수 대역에서의 스펙트럼 센싱을 통한 주파수 공동사용 기술 도입은 한계가 존재할 수 있다. 또한 군과의 주파수 공동사용에 있어 공간 및 주파수 영역, 시간 영역에서 보안의 중요성으로 인한 군 전파 이용 정보 제공의 불가능성이 높을 것으로 예상되므로 이를 극복할 수 있는 기술적 대안이 필요하다.

이에 본 연구에서는 분산원장기술을 활용한 스펙트럼 센싱 정보 거래 플랫폼 기술을 제안하였다. 분산원장기술을 활용한 블록체인 네트워크에서 스펙트럼 센싱 정보를 공유할 경우, 주파수 공동사용 참여 기관별로 정보 해킹 등의 우려 없이 주파수 공동사용 실현이 가능할 것으로 예상된다. 또한 민간의 참여를 통한 센싱 정보 거래 수용을 통해 물리적으로 배치된 센싱 노드로 부터의 측정 정보 대비 더욱 대량의 센싱 정보 확보가 가능할 것으로 판단된다.

그림 3-13. 분산원장기술 기반 스펙트럼 센싱 정보 거래 플랫폼 적용 사례

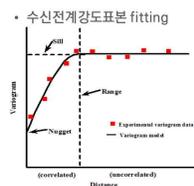
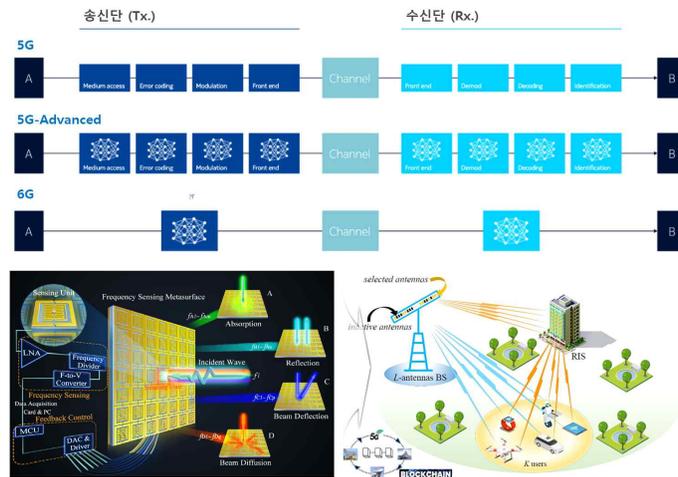


제 4 장 전문가 자문위원회, 전문가 세미나 추진 내용

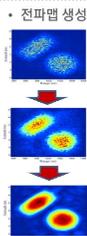
제 1 절 전문가 자문위원회 추진 내용

본 연구에서는 별도의 추가 연구를 통해 향후 국립전파연구원 중심의 중장기 연구개발 추진을 위한 주파수 공동사용 기술과 관련한 전문가 자문을 받은 바 있다. 총 2차례에 걸친 논의를 통해 1차로 On-device AI 기반의 로컬 전파 데이터 활용 주파수 공동사용 기술개발 주제에 대해 논의하였으며, 2차 회의에서는 ‘주파수 공동사용을 위한 전파 데이터 활용 및 무선 GPT 연동 핵심기술 개발이라는 이름으로 논의를 진행하였다. 다음의 그림 4-1은 상기 2가지 연구주제를 논의하는데 있어 참조한 관련 연구추진 내용을 나타내고 있다.

그림 4-1. 자문위원회 논의를 위한 연구내용 사례



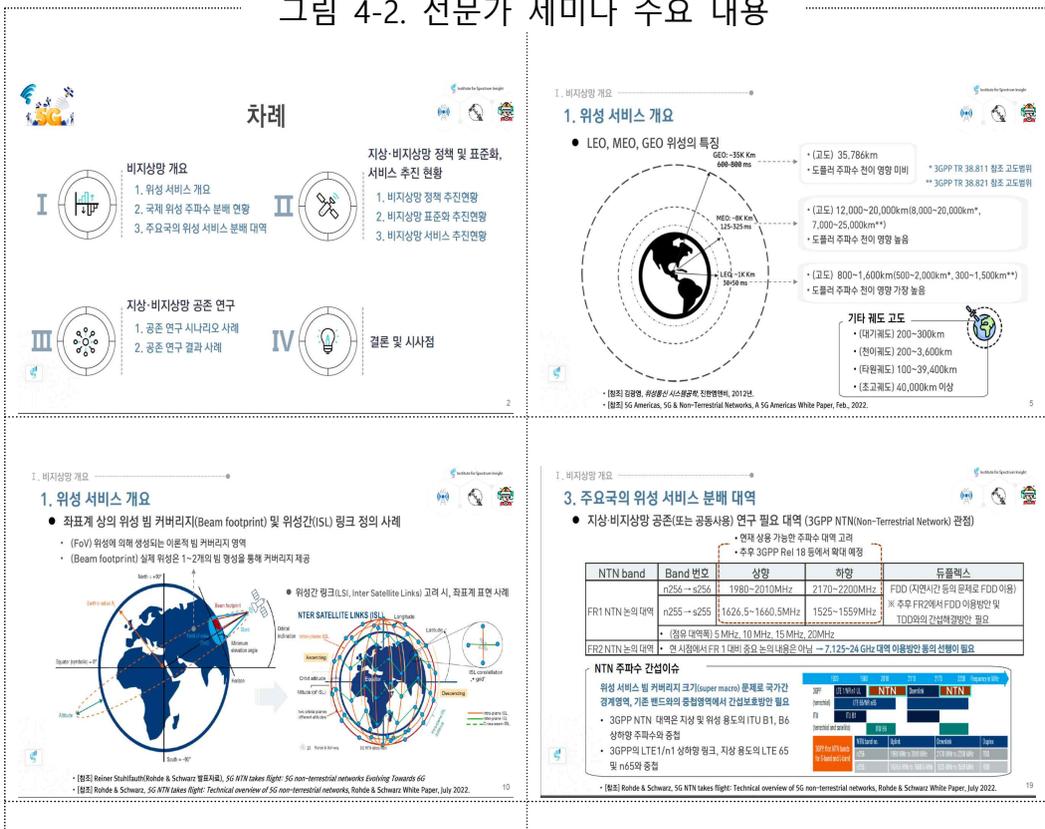
- 전파법 보간법
- Kriging Interpolation
- Nearest Neighbors Interpolation
- IDW Interpolation
- Etc.



제 2 절 전문가 세미나 주요 내용

본 연구의 일환으로 최근 3GPP의 비지상망(NTN) 추진현황 등에 대한 전문가 세미나를 개최한바 있다. 전문가 세미나에서는 기본적인 위성 서비스 개요 및 위성 궤도 특징 소개를 비롯하여, 위성 용도와 국제 주파수 분배 현황을 소개하였다. 또한 3GPP NR-NTN 대역 지정 현황과 함께 미국 FCC 및 영국 Ofcom, 호주 ACMA의 NGSO 이용 제도, 주요 대역 및 추진 전략을 소개하였다. 이와 함께 비상망 표준화(3GPP) 추진 내용(위성 링크 파라미터, 링크버짓 등) 및 주요 산업체의 비상망 서비스 추진현황, 위성 간/위성과 지상망간 공존 연구 사례를 소개하였다. 다음의 그림 4-2는 전문가 세미나에서 소개된 발표 자료 내용의 일부를 나타내고 있다.

그림 4-2. 전문가 세미나 주요 내용



II. 지상 비지상망 정책 및 표준화, 서비스 추진현황

1. 비지상망 정책 추진연향

● 미국 FCC

- (2022년 12월 21일) FCC, 위성허용자수 증을 위한 의견서
- (2023년 1월 11일) FCC, 우주국 신상을 위한 투표서
→ 기존 국제적 제지 및 우주국 신상
- (2023년 2월 24일) FCC, ① 위성 시험자의 지상 스펙트럼 이용
위성 통차 허용을 위한 규칙 제정 고려 → 2월 23일 NPRM 발표
- (2023년 2월 28일) FCC, ② "Rosenworcel" 회장, MWC
keynote에서 FCC의 "Satellite-to-Cell" 추진 의지 언급
- (2023년 3월 20일) FCC, ③ "Single Network Future"를 위한
신규 "Satellite-to-Cell" 규제 프레임워크 제안
- (2023년 4월 11일) FCC, 위성정책 현대화를 위한 우주국 신상
- (2023년 4월 21일) FCC, ④ NGSO 위성군(constellations)을
위한 주파수 공동사용 규칙 제정

▶ 출처: <https://www.satellitepolicy.com>

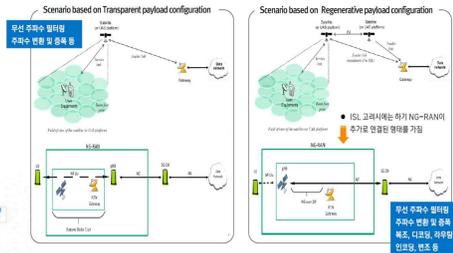


21

II. 지상 비지상망 정책 및 표준화, 서비스 추진현황

2. 비지상망 표준화 추진연향

- 3GPP (Transparent payload 형태 Vs. Regenerative payload 형태)



27

II. 지상 비지상망 정책 및 표준화, 서비스 추진현황

3. 비지상망 서비스 추진연향

- 주요 대역 별 상업적 위성 서비스 현황 (미국, VHF/UHF bands)

밴드	C.F.R	FCC 밴드지정 (명칭 등)	운영용 및/또는 동차 주파수	추가 요구사항 및 상업적 운영연향
VHF/UHF bands (300-3000MHz)	47 C.F.R § 25.202(a)(3)	137-138 MHz	INWING MSS(우주 대 지구)	ORBCOMM 137-138MHz, 400, 15-40MHz 대역 배타적 이용
		148-150.05 MHz	INWING MSS(지구 대 우주)	Spire 401-403 MHz, 449.75-450.25 MHz 대역에서 해당 모니터링, 지구 이미지 서비스, 기후 모니터링 용도로 상업 및 TT&C 용도로 이용
		399.9-400.05 MHz	INWING MSS(지구 대 우주)	
		400.15-401 MHz	INWING MSS(우주 대 지구)	
		401-402 MHz	-	
		402-403 MHz	-	
449.75-450.25 MHz	-		Planet Lab TT&C 용도로 401-402 MHz(우주 대 지구), 449.75-450.25 MHz(지구 대 우주) 이용	

▶ 출처: SA, Spectrum and the Technical Transformation of the Satellite Industry Prepared by Strand Consulting on behalf of the Satellite Industry Association, May 2020.

31

II. 지상 비지상망 정책 및 표준화, 서비스 추진현황

3. 비지상망 서비스 추진연향

- 위성국과 지상 단말(UE), IoT와의 직접통신 추진연향



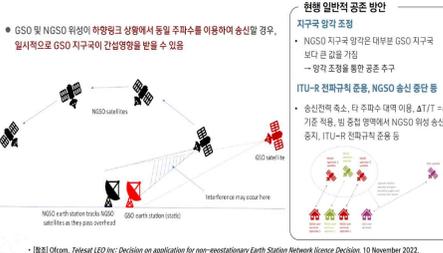
▶ 출처: 5G/6G, 47th Connectivity solutions, CEPT Satellite Workshop, 21-22 November 2022.

38

III. 지상 비지상망 공존 연구

1. 공존 연구 시나리오 사례

- GSO와 NGSO 간의 공존연구 시나리오 (허용/금지 상황)



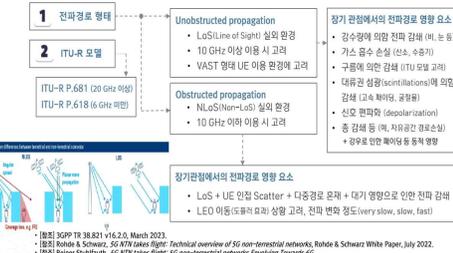
▶ 출처: Ofcom, Telesat Inc Decision on application for non-geostationary Earth Station Network Licence Decision, 10 November 2022.

45

III. 지상 비지상망 공존 연구

1. 공존 연구 시나리오 사례

- NTN 공존 연구에서의 전파환경 고려사항



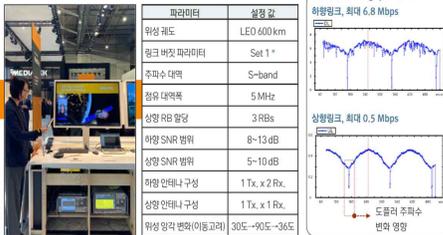
▶ 출처: 3GPP TR 38.821 v16.2.0, March 2023. ▶ 출처: Rohde & Schwarz, 5G NTN takes flight: Technical overview of 5G non-terrestrial networks, Rohde & Schwarz White Paper, July 2022. ▶ 출처: Rohde & Schwarz, 5G NTN takes flight: 5G non-terrestrial networks Evolving Towards 6G.

50

III. 지상 비지상망 공존 연구

2. 공존 연구 결과 사례

- Mediatek의 NR NTN 성능시험



▶ 출처: Mediatek, Satellite and Terrestrial Network Convergence, MediaTek 6G Technology White Paper, 4 May 2023.

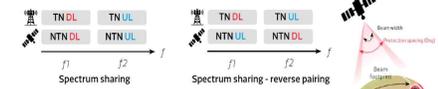
52

III. 지상 비지상망 공존 연구

2. 공존 연구 결과 사례

- Mediatek의 TN/NTN 주파수 공동사용 방안

- 주파수 영역 간섭자 방한 TN&NTN이 동일시간 사용 상황에서 상향 및 하향링크 채널을 변경(reverse pairing)
→ 동일채널 이용 대비 NTN 하향링크 SINR 10 dB*, NTN 상향링크 SINR 5 dB** 수준으로 회복
- 통상적으로 TN 기지국에서 NTN 지구국에 대한 간섭영향이 높고, TN UE에서 NTN 지구국에 대한 간섭영향이 낮음



- 공간 영역 간섭자 방한 TN&NTN이 동일 주파수 및 시간, 동일영역 이용 상황에서 TN&NTN 공동사용 불가능 (protection zone)
→ NTN의 빔 footprint 조정 또는 TN이 주파수 대역을 이용해야 함

▶ 출처: 3GPP TR 38.821 v16.2.0, March 2023. ▶ 출처: Rohde & Schwarz, 5G NTN takes flight: Technical overview of 5G non-terrestrial networks, Rohde & Schwarz White Paper, July 2022. ▶ 출처: Rohde & Schwarz, 5G NTN takes flight: 5G non-terrestrial networks Evolving Towards 6G.

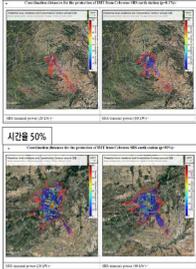
53

III. 지상 비지상망 공존 연구
2. 공존 연구 결과 사례

● WRC-23 대응 ITU-R WP5D의 양립성 연구 주요결과 (ESA)

구분	대역 (MHz)	시나리오	시간율 0.1%
공간 상향	IMT 6425-7125	간섭보완기준 (비지상용, 400MHz 수신역역)	-4 dB (U/N 기준) -204 dB(W/Hz)
		수신면역내역	27.5 dB
간섭 하향	7145-7190	전파전달 모델	P.452
		송신전력	20 kW 80 kW
		불요형사 간섭기준	60 dBc
		필요형사 기준 (UE)(W/Hz)	-53 -47
		최소 양각	10도
	면역내역	35m	
		면역내역 (dB)	66

- 영향성 범위, 보호여건
 (시간율 0.1%) 253 km(20 kW), 245 km(80 kW)
 (시간율 1%) 124 km(20 kW), 129 km(80 kW)
 (시간율 50%) 42km(20 kW), 65 km(80 kW)



III. 지상 비지상망 공존 연구
2. 공존 연구 결과 사례

● WRC-23 대응 ITU-R WP5D의 양립성 연구 주요결과 (기타 결과 #1)

대역 (MHz)	주요내용	양립성 연구 결과	참고문헌
(IMT) 6425-7125 (FSS) 6425-7075 (지구대 지구)	<ul style="list-style-type: none"> ● IMT BS, 간섭할 임의대로 양립 허용(ITU-R N.1201, Network loading factor 20% 및, ITDD activity) BS 75%/UE 25% ● FSS 우주국, 특간섭할 면적내역 22-38.4dB, 빔폭 155 등 ● U/N 기준 -10.5dB*, -6dB**, -2.33dB*** * (시간율) *20%, **0.03%, ***0.001% 		
(IMT) 6425-7125 (FSS) 6700-7075 (우주대 지구)	<ul style="list-style-type: none"> ● (IMT BS)(UE)국, 간섭할 MIMO 16x8(UE)로 상위, 8x8(UE)로 상위, 4x4(UE) 및, km²당 지구국 수 각각 10/30/30개 ● 100MHz BW, TDD ● (FSS 지구국, 특간섭할 지구국 직경 1.8-5.4m, 수신면적내역 40.6-50.4dB, 1MHz BW, 최소 양각 5도, U/N 기준 -10.5dB*, -1.3dB** * (시간율) *20%, **0.005% ● (전파모델) P.452, P.2001 		<ul style="list-style-type: none"> ● (MIMO)로 간섭기준 초과 ● (전파) 모두 간섭기준 초과 ● (UE) 장기기준에서는 간섭 없음

III. 지상 비지상망 공존 연구
2. 공존 연구 결과 사례

● WRC-23 대응 ITU-R WP5D의 양립성 연구 주요결과 (기타 결과 #2)

대역 (MHz)	주요내용	양립성 연구 결과	참고문헌
(IMT) 6425-7125 (FSS) 6700-7075 (우주대 지구)	<ul style="list-style-type: none"> ● (IMT BS, 간섭할) 페이코로(UE)식, 부속식, 페이코로(UE)식, 셀내 스물들 고리, SEAMCAT 이용 ● (FSS 지구국, 특간섭할) GlobalStar NGSD0 위성 고리 ● (전파모델, IMT BS(또는 UE) ↔ 지구국) P.465 + P.2108 + P.2109(상내 스물들 고리 세) ● (우주국 ↔ 지구국) P.465 		
시나리오		<ul style="list-style-type: none"> ● 페이코로 IMT BS ● 페이코로 또는 스물들 IMT BS ● 스물들 IMT BS (상향) 	

IV. 결론 및 시사점



제 5 장 결론 및 시사점

본 연구는 국외 주요국의 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석을 시작으로 주파수 공동사용에 대한 운용 플랫폼, 기술에 대한 조사·분석, 주요 대역에서 도입된 바 있는 주파수 공동사용 대역에 대한 추진현황을 조사하였다. 또한 주파수 공동사용의 제도적 기반 구축을 목적으로 국립전파연구원의 역할 강화 방안을 비롯하여, 주파수 공동사용 이용을 고려한 허가체계 구축(안)에 대해 제시하였다.

마지막으로 추가 연구를 통해 국립전파연구원에서 참조 가능한 주파수 공동사용과 관련한 중장기 연구개발 추진을 위해 최근의 주파수 공동사용 트렌드에 부합하는 연구추진 사례를 제시하였으며, 관련 전문가들이 참여한 자문위원회를 거쳐 이에 대한 향후 추진방안을 검증받은 바 있다. 또한 전문가 세미나를 통해 최근 이슈가 되고 있는 위성통신 중심의 비지상망에 대한 표준개발 및 정책 추진현황, 위성과 지상망 간의 공존 연구 사례 등을 제시한 바 있다.

주요국의 주파수 공동사용 법·제도 조사·분석에서는 미국(FCC, NTIA), 영국(Ofcom), 일본(총무성), 유럽연합에서 진행중이거나, 추진 예정인 주파수 공동사용과 관련한 제도 도입 현황을 조사하였으며, 특히 하위 중대역(Lower Mid-Band) 3GHz 이하, 상위 중대역(Upper Mid-Band) 3~24GHz 범위, 24GHz 대역 이상의 밀리미터파 대역(mmWave) 각각에 대한 주파수 공동사용 제도 도입현황에 대한 조사·분석을 수행하였다. 이와 함께 미국의 저궤도 위성 서비스 간의 주파수 공동사용 제도도입 현황에 대한 조사 내용도 소개하였다.

주파수 공동사용 방식에 대한 조사·분석에서는 미국, 영국, 일본의 주파수 공동사용 방식(기술적 방식, 조정기반 방식 등) 제도도입 현황에 대해 조사 하였으며, CBRS 등 DB와 센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼, 미국 3.45~3.55GHz 대역, 영국 공유접속면허 대역 등의 조정기반 주파수 공동사용 플랫폼 적용 현황을 중심으로 최근의 내용을 소개하였다.

주파수 공동사용의 제도적 기반 구축 연구에서는 현재의 국립전파연구원원의 역할 분석을 통해 국립전파연구원 업무 파악, 전파법에서의 위임받은 권한, 주파수 공동사용 관련 업무와의 연관성 분석 등을 수행하였으며, 이를 기반으로 국립전파연구원원의 역할 강화 방안 도출을 위해 주파수 공동사용 운영·관리 역량 제고를 위한 임무 확대 방안, 전파법상의 법정 계획 강화 방안, 전파 관련 정책 활성화를 위한 협의 강화 방안과 함께 경제성 관점의 분석을 통한 의사결정 지원 방안, 국립전파연구원 내에 주파수 공동사용 전담 조직 설치 방안, 테스트베드 설치, 운영·관리 지침서 등 세부 실행 규정 마련 방안 등을 제안하였다.

다계층 주파수 공동사용 허가제도 개선방안 연구에서는 주파수 공동사용 무선국 허가제도 개선을 위한 사용자 계층 정의, 기술적 기법, 주파수 대역 수요 조사 및 공동사용 주파수 대역의 지정 방안을 비롯하여 무선국 허가 방식에 의한 할당 방안, 가격 경쟁 방식에 의한 주파수 할당 및 중소기업 할당, 주파수 공동사용 허가 절차 등을 제한하였다.

주파수 공동사용 기술 연구개발 현황 조사·분석에서는 위치정보 DB/센싱 기반 주파수 공동사용 플랫폼 및 조정기반 주파수 공동사용 플랫폼에 대한 조사·분석을 수행하였으며, 특히 Pre-6G 시대에서의 주파수 공동사용을 위해 연구개발이 가능한 8개 종류의 기술개발 후보 주제를 도출하였다.

추가로 향후 국립전파연구원원의 중장기 주파수 공동사용 연구개발 추진을 고려한 On-device AI 기반 주파수 공동사용 기술(1차), 무선 GPT 기반의 주파수 공동사용 연구개발 주제에 대해 소개하였으며, 전문가 자문위원회의 검토를 통해 향후 연구개발 가능성을 검증받은 바 있다. 또한 별도의 전문가 세미나 개최를 통해 최근 이슈가 되고 있는 저궤도 위성통신 중심의 표준화 및 기술개발 현황, 정책 및 서비스 추진현황에 대해 소개하였다.

본 연구를 통해 도출된 내용들은 기술적으로는 향후 국내에서의 효율적 주파수 이용정책에 부합하는 중장기 6G 정책 및 기술개발 방향 수립, 주파수 관리 기술(주파수자원분석시스템 등) 고도화 등에 활용 가능할 것으로 판단되며, 지속적으로 증가하는 디지털 데이터 수요와 무선 연결성 확대 상황에 대한 정책적 대응을 통해 디지털 시대 혁신 도모가 가능한 유연한 주파수 이용체계 확보를 위한 제도 개선에 활용 가능할 것으로 판단된다.

본 연구 이후에도 향후 정부의 신규 주파수 대역 발굴 및 기존 주파수의 이용효율 제고를 위한 주파수 공동사용 제도개선을 위한 방향성 정립, 이를 구체화하기 위한 세부 업무 정의 등 고도화 연구가 추가로 진행되어야 할 필요성이 있을 것으로 예상된다. 즉, 중장기 주파수 공동사용 기본계획 및 이행방안 수립, 국립전파연구원 업무 체계 및 범위 구체화, 주요국의 주파수 거래 정책 현황 조사 및 국내 적용방안, 공동사용 참여 인센티브 제도 연구, 고해상 간섭분석 연구 등의 개별 연구가 본 연구에 대한 연계성 확보, 국내의 주파수 공동사용의 제도 개선 지속성 확보 차원에서라도 추후 지속적인 관련 연구가 추진되어야 할 것으로 판단된다.

주파수 이용 효율 개선을 위한 공동사용
제도개선 방안 연구 연구



국립전파연구원

National Radio Research Agency

(58323) 전남 나주시 빛가람로 767

발행일 : 2023. 11.

발행인 : 서성일

발행처 : 과학기술정보통신부 국립전파연구원

전화 : 061) 338-0000

인쇄 : 진흥인쇄랜드

Tel. 02) 812-3694

ISBN : 979-11-5820-234-7

< 비매품 >

