

국내 주파수 공동사용 활성화를 위한 정책 도입방안 연구

Study on the Introduction of Spectrum Policy to Revitalize the Domestic Spectrum Sharing

최 주 평 · 이 원 철*

Joo-Pyoung Choi · Won-Cheol Lee*

요 약

본 논문은 미국의 도심형 주파수 공동사용 서비스인 CBRS(Citizens Broadband Radio Service)에 대한 최근의 법제도 개정 추진현황 및 영국의 주파수 공동사용 프레임워크(framework for spectrum sharing)를 기반으로 진행되고 있는 3.8~4.2 GHz 대역에 대한 주파수 공동사용 도입방안에 대해 소개하였다. 이를 통해 다계층 사용자 구조를 갖는 주파수 공동사용 서비스 체계에서의 무선국 면허 부여 방식, 지역적 주파수 할당 방식, 적용가능 서비스 종류에 대한 최근의 논의사항을 살펴보았으며, 향후 국내에서의 주파수 공동사용 도입 시, 관련 산업 활성화를 위해 고려해야 될 것으로 판단되는 공동사용 후보채널 선정방안을 제안하였다. 이와 함께 주파수 공동사용을 위한 무선국 면허제도 도입방안을 비롯하여, 인센티브 경매 도입방안, 주파수 공동사용 적용가능 서비스에 대해 제안하였다.

Abstract

Herein, we survey the current state of the recent legal revision of the Citizens Broadband Radio Service, a type of city spectrum-sharing service used in the United States of America, and the introduction of spectrum sharing in the frequency ranging from 3.8~4.2 GHz, based on the United Kingdom framework for spectrum sharing. Specifically, the subjects of topical interest, including the radio station licensing of the spectrum-sharing service system face-to-face multitier user structure, regional frequency allocation, and applicable service types, are discussed. Furthermore, factors to be considered while selecting candidate channels for joint use are suggested, emphasizing their importance for introducing spectrum sharing in Korea and revitalizing the related industrial sectors. In addition, methods of introducing a radio station license system for spectrum sharing, techniques of introducing incentive auctions, and the types of services where spectrum sharing is applicable are discussed.

Key words: Spectrum Sharing, CBRS, Census Tract, PEA(Partial Economic Area), Secondary Market, Incentive Auction

I. 서 론

현재의 전파관리 패러다임은 과거 정부 중심의 명령과

통제 기반 주파수 관리 방식에서 현재의 주파수 분배 및 할당을 통한 시장 중심의 관리 체계를 거쳐 모바일 트래픽 급증에 대응하여 한정된 주파수 자원의 효율적 이용

「이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2016R1D1A1B01007836).」

승실대학교 지능인지통신연구소(Institute of Cognitive Radio Communication, Soongsil University)

*승실대학교 전자정보공학부(School of Electronic Engineering, Soongsil University)

· Manuscript received January 23, 2018 ; Revised February 3, 2018 ; Accepted March 2, 2018. (ID No. 20180123-013)

· Corresponding Author: Won-Cheol Lee (e-mail: wlee@ssu.ac.kr)

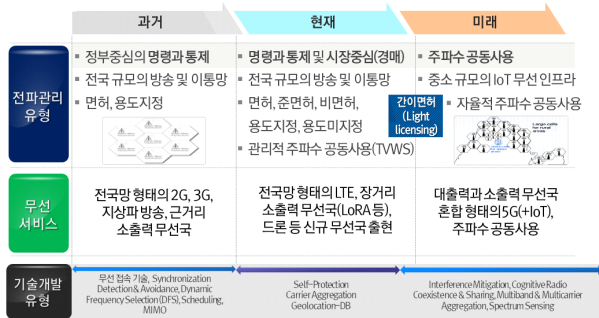


그림 1. 전파관리 패러다임의 변화
Fig. 1. Change of radio management paradigm.

을 도모하기 위한 주파수 공동사용 기반의 무선국 관리 체계로 전환되고 있다.

기존 또는 신규 무선국의 서비스 도입을 위해 주로 적용되고 있는 주파수 회수 및 재배치 방식에 있어서는 미국의 경우, 검토기간의 장기화로 인한 시설교체 및 손실 보상 비용의 빠른 증가세로 급변하는 신규 ICT 서비스 도입 흐름에 적절히 대응하지 못하고 있는 것으로 판단되고 있다. 미국 대통령직속 과학기술 자문기구인 PCAST (President's Council of Advisors on Science and Technology)에 따르면 95 MHz 대역폭 크기 회수를 위해 최소 10년의 기간 및 180억 달러 정도의 비용이 소요될 것으로도 예측한 바 있다^[1].

주파수 대역 이용 측면에 있어서도 3 GHz 주파수 대역 이하에서는 민간 이동통신과 비면허 용도, 항공 및 우주와 무선표정 등 공공용도로 주로 사용되고 있음을 감안할 때 단기간 내에 공공 주파수의 회수 및 재배치를 추진함에 있어 이해 당사자 간의 갈등 및 이전 비용의 문제 등으로 어려움이 존재하고 있는 실정이다. 또한 민간 주파수 용도에 있어서도 주파수 할당 경매에 있어 천문학적 비용이 지출되고 있으며, 궁극적으로는 시장 지배적 거대 기업에 의해 관련 주파수가 독점적으로 점유됨으로 인해 독립적인 주파수 이용을 원하는 중소기업체의 진입장벽은 매우 높다고 할 수 있다.

전파관리의 패러다임 변화, 5G, IoT 등 4차 산업혁명 시대로의 전환에 따른 신규 융복합 서비스의 확대, 주파수 회수 및 재배치의 어려움, 주파수 할당에 있어서의 천문학적 비용 증가에 대한 대처방안으로 주요 선진국들은

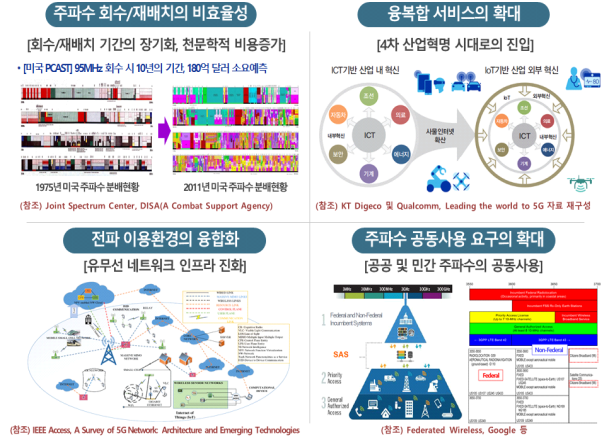


그림 2. 주파수 이용 환경의 변화
Fig. 2. Change of frequency usage environments.

오래전부터 주파수 공동사용에 대한 정책 및 기술도입을 점차적으로 확대하고 있는 추세이다.

본 논문은 향후 국내 주파수 공동사용 도입의 기반조성 마련을 위한 사전 조사 및 분석연구 차원에서 미국의 CBRs(Citizens Broadband Radio Service) 추진현황을 중심으로 주요 선진국에서 진행되고 있는 주파수 공동사용에 대한 법제도 및 기술정책 추진현황에 대해 소개하였다. 또한 향후 국내 주파수 공동사용 정책 도입 및 서비스 개발 등을 추진함에 있어 사전 검토가 필요할 것으로 예측되는 주파수 공동사용 후보대역 선정방안 및 지역적 무선국 면허제도 도입방안, 인센티브 경매제도 도입방안에 대해 제안하였다.

본 논문의 II 장에서는 주파수 공동사용 방식 분류의 명확성 부여를 위해 최근 영국 Ofcom(Office of Communications)에서 발표한 주파수 공동사용 분류체계 및 본 연구에서 제안하는 수정된 주파수 공동사용 분류체계를 소개하였다. III 장에서는 국내를 비롯하여 최근까지 진행된 주요국의 주파수 공동사용 전파규칙 개정현황 및 신규도입 추진현황을 각각 소개하였다. IV 장에서는 향후 주파수 공동사용 제도 도입을 고려할 경우 산업 활성화 도모를 위해 본 연구에서 제안하는 공동사용 후보대역에 대한 선정방안, 지역적 무선국 면허제도 및 인센티브 경매 도입방안을 소개하였다. 마지막으로 본 논문의 V 장에서는 결론을 맺고자 한다.

II. 주파수 공동사용 분류체계

최근 영국은 Ofcom의 요청에 의해 관련 산업체들로 부터의 중장기 주파수 정책 및 기술개발 추진방안에 대한 의견을 듣기 위해 ‘UK Spectrum Policy Forum’을 신설한 바 있다. ‘UK Spectrum Policy Forum’ 멤버로는 Airbus Defence and Space를 비롯하여 Avanti, BT, Department for Culture Media & Sport, Digital UK, Huawei, Inmarsat, Ofcom, Plum Consulting, QinetiQ, Qualcomm, Real Wireless, Sky, Telefonica, Three, Vodafone으로 구성되어 있으며, Plum consulting에 의해 진행된 연구를 통하여 유연한 스펙트럼 접속 방식(flexible spectrum access)에 대한 개념 및 적용가능 시나리오, 관련 이슈사항 등을 소개한 연구 보고서를 발간한 바 있다^[2]. 표 1은 본 연구 보고서에서 제시한 간섭제어 및 제한적 무선망 접속정도에 따른 주파수 공동사용 분류 형태를 나타내고 있다.

본 논문에서는 미국의 CBRS와 TVWS(TV White Space) 기반의 주파수 공동사용 방식을 추가로 고려하여 표 2와 같이 기존에 영국에서 제시한 주파수 공동사용 방식 분류체계를 수정, 보완하였다.

표 2에서 CBRS(GAA)는 미국의 주파수 공동사용 방식

표 1. 간섭 및 접속제한 정도에 따른 주파수 공동사용 방식 분류체계

Table 1. Classification system of spectrum sharing depending on the degree of interference and access.

구분	비제한적 접속가능	제한적 접속가능
적극적 간섭제어 비고려	Commons	Classical sharing
적극적 간섭제어 고려	Light licensing, DSA	LSA

표 2. 수정된 간섭 및 접속제한 정도에 따른 주파수 공동사용 방식 분류체계

Table 2. Modified classification system of spectrum sharing depending on the degree of interference and access.

구분	비제한적 접속가능	제한적 접속가능
적극적 간섭제어 비고려	Commons	Classical sharing
적극적 간섭제어 고려	Light licensing, DSA, TVWS, CBRS(GAA)	LSA, CBRS(PAL)

인 CBRS의 3계층(3-tier) 구조 중 최하위 계층인 ‘General Authorized Access’ 계층에 해당하며, 이는 비면허 기반으로 운영되는 주파수 공동사용 사용자를 의미한다. GAA 사용자는 1계층에 해당하는 ‘Incumbent’ 사용자와 2차 면허권을 갖는 PAL(Priority Access License) 사용자로 부터의 간섭영향을 어느 정도 수용할 수 있어야 하며, 상위 이용자 계층인 1계층 및 2계층 무선국 사용자에게는 간섭의 영향을 미치면 안 되도록 규정되어 있다. CBRS(PAL)은 2차 주파수 이용 면허권을 갖는 주파수 공동사용 사용자를 의미한다.

표 2에서 제시된 개별적인 주파수 공동사용 방식에 대한 분류 기준은 다음과 같다. ‘Common’은 일정 수준의 간섭보호 규칙만 준수하면 이용할 수 있는 Wi-Fi와 유사한 무선 서비스 용도에 해당된다고 할 수 있다. ‘Classical sharing’ 방식은 지역적 공동사용이 가능한 공공 무선국 용도(위성 지구국, M/W 국간 중계기 등)와의 주파수 공동사용 방식이라 할 수 있으며, 지역적 주파수 공동사용을 위해 주요 선진국들을 중심으로 우선적으로 고려되고 있는 주파수 공동사용 방식이라 할 수 있다. ‘Light licensing(간이면허)’ 및 TVWS(TV White Space), CBRS(GAA), DSA(Dynamic Spectrum Access) 방식은 스펙트럼 관리 DB(Data Base)라는 주파수 관리 시스템과의 연계를 통하여 기존 1차 사용자에게 대한 간섭보호가 가능함을 담보로 이용될 수 있는 주파수 공동사용 방식이라 할 수 있다. LSA(Licensed Shared Access) 및 CBRS(PAL)의 경우에는 일정 수준의 안정적인 주파수 이용을 영유하기 위해 2차 면허개념의 주파수 공동사용 이용권이 부여된 방식이라 할 수 있다. 그림 3은 현행 배타적 무선국 이용방식을 비롯하여 CBRS 기반 다계층 주파수 공동사용에 이르기까지 다양한 무선국 이용방식에 대한 사용자 계층구조 및 주요 특징을 나타내고 있다.

III. 주요국의 주파수 공동사용 법제도 추진현황

본 논문의 III장에서는 현재까지 진행된 미국 및 영국을 비롯하여 국내에서의 주파수 공동사용에 대한 법제도 추진현황을 소개하려고 한다. 그림 4는 TVWS를 비롯하여 최근까지 미국과 영국, 유럽연합에서 진행된 주파수 공동사용 관련 정책추진 현황에 대해 나타내고 있다. 그

림 4에서 미국의 경우에는 2016년 CBRS에 대한 전파규칙이 완료된 상태이나 현재 공동사용 대역에서의 5G 서비스 도입을 염두하고 있는 이통사 중심의 전파규칙 개정요구 청원에 의해 CBRS에 대한 법제도 개정방안이 추진되고 있음을 파악할 수 있다^{[3][4]}. 영국 및 유럽의 경우에는 기존의 LSA 기반 주파수 공동사용 방식에 대한 추진은 보류된 상태이나 최근 영국에서는 3.8~4.2 GHz 대역에서 ‘Framework of Spectrum Sharing’ 전파정책을 기초

로 신규 지역적 주파수 공동사용 서비스 도입 추진을 고려하고 있음이 파악되고 있다^[5].

국내에서는 2014년 전파진흥기본계획을 통하여 향후 추가 주파수 확보를 위한 주파수 공동사용 기술 확보의 필요성을 제시한 바 있으며, 당해 2월에는 주파수 공동사용의 개념정립 및 기술개발을 위한 기본적인 법적 근거 마련을 위해 전파법 일부개정법률(안)이 발표되었다^[6]. 현재는 전파법 제6조의3에 이에 대한 근거 규정을 제시하고 있다^[7].

3-1 미국의 CBRS 전파규칙 개정 추진현황

최근 미국에서는 향후 5G 서비스 품질 요구조건을 만족하기 위해서는 추가 주파수 공급이 필요하다는 현실을 고려할 때, 장기적인 관점에서 현재의 주파수 공동사용 서비스 시나리오의 설득력이 부족하다는 주장이 이통사를 중심으로 제기되고 있는 실정이다. 특히 CBRS 도입 논의 초기의 서비스 모델 고려사항인 실내 사설 LTE 스몰셀 구현 방식에 대해서는 5G를 위한 주파수 공동사용 방안으로 고려되어야 한다는 주장이 제기되고 있으며, T-Mobile은 이와 같은 상황을 관찰시키기 위해 FCC(Federal Communications Commission)에 현행 CBRS 면허규칙에 대한 개정을 요구한 바 있다^{[8][9]}. 세부 내용으로는 CBRS 내 PAL이 향후 5G의 가치를 증대시킬 수 있는 방향으로 전파규칙 개정이 추진되어야 하며, 3.5 GHz 대역 내 150 MHz 대역폭 전체에 대해 PAL로 지정하여 경매를 진행해야 한다고 주장하였다. 또한 PAL의 면허 유효기간은 10년 정도가 되어야 하며, 신청 서비스 수와 관계없이 모든 PAL에 대한 경매가 가능하도록 현행 CBRS 전파규칙이 개정되어야 함을 청원한 바 있다.

2017년 10월 3일에는 FCC에서 관련 산업체들의 요구사항을 일부 받아들여 현행 CBRS 관련 CFR Part 96에 대한 개정(안)을 제시한 바 있다. FCC는 2016년 CBRS 전파규칙 완료 이후, 전 세계적으로 5G와 같은 차세대 무선 네트워크 적용을 위한 대역으로 CBRS 주파수 대역에 해당하는 3.55~3.7 GHz 대역에 대한 관심이 높아지고 있으며, 5G에 대한 기술적 진화 및 투자에 대한 인센티브 보장과 함께 효율적인 스펙트럼 이용 보장 등을 위해 현행 CBRS 전파규칙에 대한 개정이 추진되어야 함을 명시하였다. 실제 국내에서도 국제적으로 IMT 대역(3GPP Band 42 및 Band

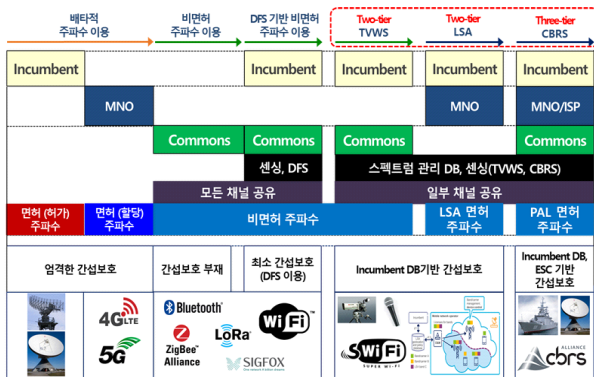






그림 3. 무선국 이용방식에 따른 사용자 계층구조 및 주요 특징

Fig. 3. Tier structure and key features depending on usage pattern of radio station.

	TVWS		LSA		CBRS							
국가	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2014	2015	2016	2017	
	TVWS 도입가능성 발표 (1)	센싱 DB CCH 방식 제안	DB 민간에 일임	센싱 상용화가	1차 개방론 발표 (2)	DB 관리지 체계수	기술규격 세분화 (3)	Model City 테스트	고정형 TVBD 인입 채널 허용 (4)			
			WVAPECS 정책추진			국가관리 체계 승인 (5)	10개 사업자 승인 (6)	PCAST 보고서 NPRM (7)	3.5GHz 워크숍 Further Harmonization (8)	RISG Further Harmonization (9)	Second RISG (10)	CFR Part 96 재개정 논의
					ASA 개원소개			RSPP 논의시작				
					LSA 보편화 추진			ASA에서 LSA로 개편완료	RSPP Operation 승인 (11)			
					TVWS 도입 가능성 발표	센싱, DB 방식 제안	TVWS 후보서비스 제안	TVWS 파일럿 테스트	TVWS 관리지 체계수	LTE 장비로 인한 LSA 도입요구 TVWS에 적용		
					3.5GHz 도입 대통령 보고	TVWS 기본계획 수립	TVWS 기본계획 수립	1차 행정예고	2차 행정예고			
						실질 서비스 DB 구축	시범 서비스 DB 구축					서비스 도입공식 발표

* [주해] 17년 1월에 발표된 KICT 스펙트럼 공백에서 21년까지 주파수 공동사용 활성화를 위한 추진방안, 관련 규정 제정 방안 제의
 (1) TVWS, 3.5GHz 대역 이용계획 발표, (2) FCC 08-280, (3) FCC 10-174, (4) 조진부 승인, (5) FCC 12-36, (6) FCC 15-99, (7) 남경주/제주, (8) MBC, (9) 텔레비전, (10) NTA Ten-year 계획안, (11) FCC 14-48(1) CFR Part 96, (12) FCC 15-47(2) CFR Part 96, (13) FCC 16-55(3) CFR Part 96, (14) RSPG 13-538
 * ASA: Authorized Shared Access, RSPP: Radio Spectrum Policy Program, RSPG: Radio Spectrum Policy Group, NPRM: NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING, R&O: REPORT AND ORDER

그림 4. 국내외 주파수 공동사용 정책 추진현황

Fig. 4. Internal and external policy enforcement situation for spectrum sharing.

43(일부 대역))에 해당하는 3.4~3.7 GHz 대역을 5G 서비스를 위한 중간 대역에서의 이용대역으로 고려하고 있으며, 2018년 중반에 주파수 경매를 진행할 예정이다^[10].

본 CBRS 전파규칙 개정(안) 내용은 PAL에 대한 면허 유효기간 확대, 면허갱신 가능, 현행 센서스 트랙 기반의 지역적 PAL 면허영역에서 PEA(Partial Economic Area) 기반 면허영역으로의 확대, 2차 시장 확대를 고려한 PAL 면허 분할사용 가능, 기기등록에 있어 보안이 필요한 기업 정보 공개금지 관련 내용이 제시되었다. 이를 통해 2017년 10월 24일에는 최종 확정된 개정방안을 제시한 공고 및 코멘트 요청을 시행하였다^[4].

CBRS 전파규칙 개정을 위한 공식적인 코멘트 요청 내용은 총 6가지에 해당하며, 각각의 세부 내용은 다음과 같다.

3-1-1 PAL 면허기간의 확장, 면허 재갱신 가능 여부

현행 CBRS 전파규칙은 3년간의 PAL 면허 유효기간을 가지며, 면허기간 종료직전 자동적으로 면허 효력이 해지되어 신규면허 재신청 이외에는 자동적으로 면허 갱신이 불가능한 구조이다. 이에 이통사를 중심으로 면허갱신이 가능함과 동시에 PAL 면허 유효기간을 기존 3년에서 10년으로 확대해 줄 것을 요구하였으며, FCC는 이를 받아들여 PAL 면허기간을 기존 3년에서 10년으로 확대하고 면허기간 종료시점에는 PAL 면허가 자동적으로 종료되는 전파규칙 조항을 제거하는 것으로 결정하였다. 또한 면허 유효기간을 10년으로 한정하기 보다는 사용 환경에 따라 PAL 면허기간을 차별화(3년, 5년, 10년)하는 것을 고려하였으며, PAL 면허 유효기간을 10년으로 확대할 경우에는 기존 면허 무선국과 유사하게 PAL에 대한 성능평가요소(예로 ‘population coverage’ 및 ‘geographic coverage’에 해당)를 새롭게 도입해야 할 것으로 판단하였다. 여기서 ‘population coverage’는 모바일 네트워크에 접속하는데 있어 원활한 서비스 운용이 가능할 정도의 충분한 전파를 수신 받을 수 있는 지역 거주민 비율을 의미한다.

3-1-2 지역적 PAL 면허영역 크기 확장 여부

현행 CBRS 전파규칙은 단일 센서스 트랙 크기를 기반으로 개별 PAL 면허에 대한 지역적 면허 영역을 정의하였으나 관련 산업체들은 PEA 규모로 확장해 줄 것을 요

구하였다. 현행 센서스 트랙 기준을 적용할 경우에는 50만개 이상의 PAL이 생성될 것이며, 이를 SAS(Spectrum Access System) 관리자 및 PAL 면허권자가 관리하기에는 부담으로 작용할 수 있음을 주장하였다. 또한 다수의 PAL 면허영역이 존재하므로 인해 간섭위험이 증가할 수 있으며, 이로 인해 사업자의 투자욕이 감소될 수 있음을 주장하였다. 이에 대해 구글 등 서비스 공급자 등에서는 현행 센서스 트랙 기준의 PAL 관리가 가능하다는 의견을 주장하였으나, FCC는 투자촉진 및 혁신성장, 주파수의 효율적 이용을 증대하기 위해 PAL에 대한 지리적 면허영역 확장을 고려할 것이라고 결정하였다. 또한 카운티 지역 규모의 PAL 면허영역 크기 적용도 고려하고 있으며, 하

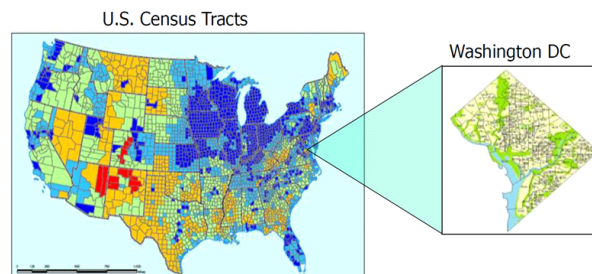


그림 5. 미국의 센서스 트랙 구성현황

Fig. 5. Configuration status of census track in the United States.

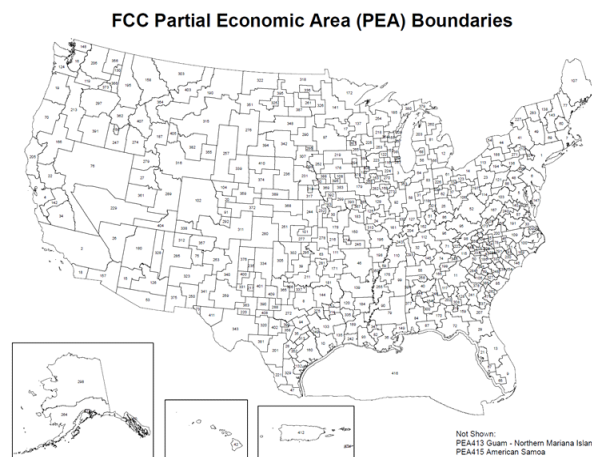


그림 6. 미국의 PEA(Partial Economic Area) 구성현황

Fig. 6. Configuration status of PEA(Partial Economic Area) in the United States.

이브리드 방식의 PAL 면허영역 부여 방안 또한 검토하고 있음을 제시하였다. 여기서 하이브리드 방식 기반의 PAL 면허영역 부여방안은 도심에서는 PEA 적용, 전원지역 등 인구규모가 적은 지역에서는 센서스 트랙 PAL 면허영역 크기 적용 등 상황에 따라 면허영역 크기를 조합하는 방식을 의미한다.

3-1-3 PAL 경매규칙 개정, 방사전력 완화 관련 개정 여부

현행 CBRS 전파규칙은 단일 센서스 트랙 내 2개 또는 그 이상의 PAL 경매신청이 발생할 경우, 센서스 트랙 당 최대 7개의 PAL 면허신청에 대해 전부를 할당하지 않고 일부에 대해서만 PAL을 할당하는 방안을 정의하고 있다. 즉, PAL 면허 영역 내 2개 미만의 경매신청이 있을 경우에는 해당 PAL 면허 영역에 대해 경매를 시행하지 않음을 정의하였다. 이는 GAA 사용을 위한 주파수 영역으로 존재하게 된다. 예외적으로는 공공복지 측면을 고려하여 특정 전원지역에 한해 한 건의 경매신청 및 낮은 서비스 수요가 존재하더라도 PAL 주파수 경매가 가능하도록 규정하였다. T-Mobile 및 5G America, AT&T, Ericsson, Geo Links, GSMA, Nokia, USCC는 PAL 면허 영역에 대해 다수의 PAL 주파수 경매 신청이 접수될 경우에는 모든 PAL 면허가 사용 가능하도록 전파규칙을 개정해 줄 것을 요구하였다. 이에 대해 FCC는 현행 PAL 면허 수 제한과 관련한 현행 전파규칙을 개정할 것을 명시하였으며, 단일 PAL 경매신청이 있는 경우에도 해당 PAL에 대한 주파수 할당 방안을 추진하는 것으로 결정하였다.

방사전력 제한치 기준과 관련해서는 현행 방사전력 규정치에 대한 기준 완화를 고려하였으며, 표 3과 같이 2가지 방안에 대한 코멘트를 요청한 상태이다.

또한 표 3에서 제시한 대역외방사전력 제한치에 대해서는 추가로 간섭분석의 필요성을 제시하였다.

3-1-4 PAL 경매참여 및 PAL 분할 허용을 위한 2차 시장 규칙 재개정 여부

T-Mobile, Ericsson, Qualcomm, USCC, Verizon은 2차 시장의 활성화를 위해 PAL에 대한 분할 및 비집성(disaggregation)을 허용해 줄 것을 요청하였으며, 이를 통해 다양

표 3. CBRS 인접대역 방사전력 제한치 기준변경(안)

Table 3. Amendment of the CBRS OOB(Out of Band) emission power limit.

구분	대역외 방사전력 제한치(안)
1안	<ul style="list-style-type: none"> · ‘인접대역 시작점 +40 MHz 대역폭 크기’ 범위는 -13 dBm/MHz 방사전력 제한치 적용 · ‘인접대역 시작점 + 40 MHz 대역폭 크기’를 넘어서는 범위는 -25 dBm/MHz 방사전력 제한치 규정 적용 · 기존 -40 dBm/MHz에 대한 제한치 규정 변경은 없음
2안	<ul style="list-style-type: none"> · ‘인접대역 시작점 +20 MHz 대역폭 크기’ 범위는 -13 dBm/MHz 방사전력 제한치 규정 적용 · ‘인접대역 시작점 +20 MHz 대역폭 크기’를 넘어서는 범위에서 40 MHz 범위까지는 -25 dBm/MHz에 해당하는 방사전력 제한치 적용 · 40 MHz 범위를 넘어서는 부분에서 3,530 MHz 및 3,720 MHz까지는 -25 dBm/MHz 방사전력 제한치 적용 · 3,530 MHz 이하 및 3,720 MHz 이상 대역은 -40 dBm/MHz 방사전력 제한치를 적용

한 종류의 무선망 배치가 가능하도록 보장해 줄 것을 요구하였다. 이에 대해 FCC는 전파관리의 패러다임 변화 측면을 고려할 때, 2차 시장에서의 거래 활성화를 위한 PAL의 분할 및 비집성 허용방안을 제시하였으며, 이는 스펙트럼 이용 효율성을 증대시킬 수 있음과 동시에 목표로 하는 무선망 개발에 있어 효율적인 방식이 될 것으로 예측하였다.

3-1-5 대역폭 확대 관련 전파규칙 개정의 적합성 여부

T-Mobile은 현행 3.5 GHz CBRS 대역 전체에 대해 PAL 이용을 허용해 줄 것을 주장하였으며, PAL 이용에 있어서도 최대 70 MHz 대역폭 크기까지로 사용을 제한한 현행 규정에 대해 삭제해 줄 것을 요청하였다. 또한 CBSD (Citizens Broadband Service Device)의 등가등방성 복사전력(Effective Isotropically Radiated Power: EIRP) 제한치를 확대해 줄 것을 요구하였다. 하지만 본 청원 건에 대해 FCC는 현행 EIRP 기준을 기반으로 SAS 및 ESC(Environmental Sensing Capability)에 대한 투자와 개발이 진행되고 있음을 고려하여 거부 입장을 제시한 바 있다. 또한 대

역폭 확대에 의해 GAA 사용자 계층이 소멸될 수 있음을 우려하여 이에 대해서도 거부의를 제시하였다.

3-1-6 정보공개 의무규정을 완화하는 규칙 개정 여부

현행 CBRS 전파규칙은 SAS 관리자가 CBSD 등록정보에 대해 공개하도록 요구하고 있으며, 이에 대해 AT&T는 보안이 필요한 사업정보(망배치, 이용현황, 기술적 파라미터, 중요 인프라 정보 등)를 공적으로 공개하는 것에 대해 반대 청원을 제기하였다. 이에 대해 FCC는 SAS가 중요 무선망 정보 및 비밀유지가 필요한 민감 정보가 포함된 CBSD 등록정보에 대해서는 공적으로 공개하는 것을 금지하도록 하는 전파규칙 개정을 추진하기로 결정하였다.

CBRS 전파규칙 개정 추진현황과는 별도로 2017년 8월 FCC는 ‘mid-band’ 주파수 대역에 대한 효율적이며 유연한 이용방안 마련을 위한 NOI(Notice of Inquiry)를 발표한다^[11]. 미국은 기존 차세대 무선 광대역 서비스 도입과 관련한 연구 및 적용대역이 3.7 GHz 대역 이하 또는 24 GHz 대역 이상에서만 국한되어 있음으로 인해 ‘mid-band’ 주파수 대역에 대한 유연한 스펙트럼 접속방식을 고려하는 것 또한 중장기적 관점에서는 차세대 광대역 서비스 도입에 있어 중요한 주파수 대역이라고 판단하였다. 즉, ‘mid-band’ 주파수 대역은 전파경로손실 측면에서 24 GHz 이상 대역보다 낮음과 동시에 3.7 GHz 이하 대역 대비해서는 더 많은 대역폭 크기를 이용할 수 있으므로 차세대 광대역 서비스의 전송 커버리지 확장 및 통신용량 확보 차원에서 타 대역 대비 더욱 유리할 것으로 판단하였다.

현 시점에서 FCC가 유연한 스펙트럼 접속방식을 기반으로 하는 차세대 광대역 서비스 도입을 위해 우선적으로 고려하고 있는 ‘mid-band’ 주파수 대역은 3.7~4.2 GHz, 5.925~6.425 GHz, 6.425~7.125 GHz에 해당한다. 이 중 3.7~4.2 GHz 대역에 대해서는 주파수의 효율적 이용을 위한 한 가지 방안으로 현행 CBRS 운용방식에 대한 적용가능성을 고려하고 있으며, 주파수 경매방식에 있어서는 기존 600 MHz 대역 주파수 경매에서도 적용한 바 있는 인센티브 경매방식을 고려하고 있다.

3-2 영국의 주파수 공동사용 프레임워크 추진현황

2014년까지 LSA 기반의 주파수 공동사용 법제도 및

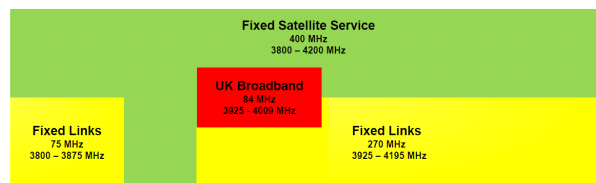


그림 7. 영국의 3.8~4.2 GHz 대역 주파수 이용현황

Fig. 7. Frequency allocation status of 3.8~4.2 GHz band in the UK.

표준개발을 적극적으로 추진했던 영국의 경우에는 2015년 6월 및 2016년 4월에 발표된 주파수 공동사용 프레임워크(Framework for Spectrum Sharing)에 대한 코멘트 요청 및 추진계획 발표를 통하여 주파수 공동사용 프레임워크 이용방안과 처리구조 등에 대해 제시한 바 있다^{[12],[13]}. 또한 주파수 공동사용을 위한 첫 번째 공식 후보대역으로 3.8~4.2 GHz 대역을 선정하고 이에 대한 코멘트 요청(Call for Input)을 진행한 바 있다^[5]. 본 주파수 대역에서의 기존 서비스 용도는 면허기반의 65개소 고정형 링크 서비스를 비롯하여 28개소 고정형 위성 지구국, UK 광대역 서비스에 해당하며, 그림 7은 본 대역에서의 1차 사용자 현황을 보여주고 있다.

향후 3.8~4.2 GHz 주파수 공동사용 후보대역에 적용할 주파수 공동사용 방식은 기존 TVWS 서비스를 비롯하여 미국의 CBRS와 유사한 다계층 사용자 구조의 주파수 공동사용 방식(tiered authorization approach) 등 다양한 공동사용 적용방안을 고려하고 있다. 또한 주파수 공동사용 적용에 있어 가장 중요한 판단요소로 국제적 주파수 조화의 가능 여부를 제시한 바 있다.

본 주파수 공동사용 후보대역에서 다계층 사용자 구조(3-tier)를 고려한 주파수 공동사용 방식을 선택할 경우, 무선국 접속방식으로는 기회적 주파수 접속방식(opportunistic spectrum access)과 지역적 무선국 면허방식(geographic licenses)을 고려하며, 이에 대한 정의는 표 4와 같다.

궁극적으로는 기회적 주파수 접속방식과 지역적 무선국 면허방식의 조합을 통한 다계층 사용자 기반의 주파수 공동사용 방식을 고려한다고 볼 수 있으며, 다계층 사용자 구성은 다음과 같이 정의하였다.

· (Tier 1: Existing License Classes) 배타적 이용기반 1

표 4. 영국의 주파수 공동사용 무선국 접속방식(안).
Table 4. Amendment of radio station access for spectrum sharing in UK.

접속방식	개요
Geographic licenses	동일 주파수 채널(또는 주파수 대역)을 타 지역에서 동시 사용을 가능하게 하는 방안을 고려
Opportunistic spectrum access	기존 TVWS DB와 유사한 방식 적용을 고려

차 사용자, 타 계층 서비스 접속불가, 고정형 링크, 고정형 위성 지구국, UK 광대역 서비스에 해당

- (Tier 2: New Geographic License Layer) 지역적 면허 사용자, 면허 부여 후, Tier 1 사용자와의 무선망 코디네이션 필요
- (Tier 3: New Opportunistic Access Layer) ‘Rule- based’ 기회적 접속 메커니즘 적용 무선국, Tier 1과 Tier 2 사용자에 대한 간섭보호 필수

그림 8은 영국의 3.8~4.2 GHz 대역에서 3-tier 구조의 주파수 공동사용 플랫폼을 적용할 경우를 가정한 사용자 계층별 서비스 이용범위를 나타내고 있다. 그림 8의 왼쪽

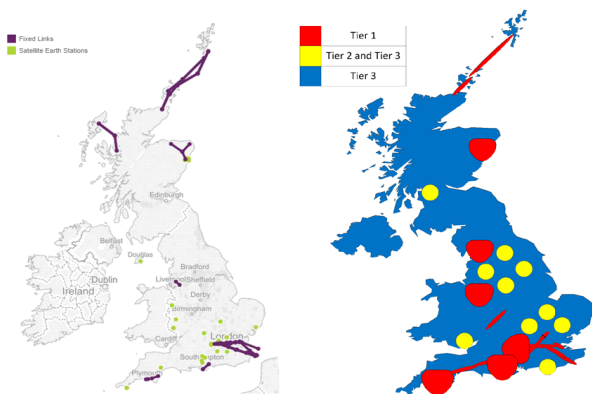


그림 8. 3.8~4.2 GHz 대역 내 다계층 주파수 공동사용 이용 시, 사용자 계층별 지역적 서비스 이용영역
Fig. 8. Regional service area of the multi-tier spectrum sharing users in 3.8~4.2 GHz band.

그림에서의 개별 직선들은 현재 3.8~4.2 GHz 대역 내 이용되고 있는 고정형 링크 및 위성지구국을 나타내고 있다. 그림 8의 오른쪽 그림은 Tier 1 사용자에게 해당하는 고정형 링크와 위성지구국이 이용되는 상황을 고려했을 때, Tier 2와 Tier 3 사용자의 사용가능 영역을 나타내고 있다. 즉, 오른쪽 그림 상에서 적색 표기는 Tier 1 사용자에게 대한 간섭보호영역이라 할 수 있으며, 노랑색 영역은 Tier 2와 Tier 3 이용영역, 파랑색은 Tier 3 이용영역을 나타내고 있다.

3-3 주파수 공동사용 사업모델 제안사례

본 논문의 3-3절에서는 지금까지 서술한 주요국의 주파수 공동사용 법제도 추진현황을 기반으로 산업 활성화를 도모하기 위해 ‘CBRS alliance’에서 제안한 사업모델을 소개하려고 한다. ‘CBRS alliance’는 CBRS 기반의 주파수 공동사용 서비스 추진에 있어 고려할 만한 총 4가지 종류의 사업모델을 소개한 바 있다^{[4][15]}. 첫 번째는 통신용량 증대를 위한 비면허 대역에서의 CBRS 이용방안이며, 이는 기존의 LTE-LAA(LTE-Licensed Assisted Access)와 같이 Wi-Fi 진영과의 갈등 유발 요소가 없음과 동시에 LTE-LAA 대비 주파수 공동사용을 위한 기술 및 운영 측면에서의 복잡성이 낮음으로 인해 통신망 품질향상 측면에서 더욱 장점이 있을 것으로 예측하였다.

두 번째로 제안한 사업모델은 케이블 사업자의 우회망 용도를 고려한 MVNO(Mobile Virtual Network Operator) 모델이며, 이는 기존 유선망 이외에 LTE 네트워크 이용을 원하는 케이블 사업자에게 적합한 사업모델이라고 할 수 있다. 본 사업모델은 기존 홈 네트워크 환경에 구축되어 있는 Wi-Fi에 비해 획득 가능한 사용자 경험품질에 대한 예측이 가능하며, 기존 이동통신 무선망을 이용하는 케이블 사업자 입장에서는 서비스 제공에 있어 CBRS 기반 무선망으로의 우회 시, 획기적인 비용절감 효과 확보가 가능할 것으로 판단되고 있다. 국내의 경우에는 무선망 이용환경 및 제반여건이 미국과는 많이 상이하므로 단기적 관점에서는 국내 도입에 있어 적합하지 않은 사업모델로 판단된다.

세 번째 제안 사업모델로는 ‘Neutral Host RAN’이 있다. 빌딩, 운동장, 대학 캠퍼스 등 중규모 수준의 특정 공

간 내 무선 인터넷 서비스 공급을 위해서는 개별 통신사마다 별도의 기지국 및 중계기 설치, 선로 공사 등 막대한 비용이 소모될 수 있다. 또한 사용자 입장에서 특정 장소에서 개별 통신사들의 무선망 인프라 구축 정도에 따라 획득 가능한 서비스 품질이 상이할 수 있으며, 이로 인해 낮은 서비스 품질에 대한 해당 통신사 및 장소 관리자로 부터 불만이 발생할 수 있다. 특히 대형 쇼핑몰, 호텔 및 리조트 등 다수의 사람이 방문하는 곳일수록 무선 서비스 품질 저하 시, 장소 관리자 입장에서 서비스 품질 저하에 따른 고객 불만이 방문객 감소로 이어진다면, 궁극적으로는 매출에도 영향을 끼칠 수 있는 요인으로 작용할 수 있다. 이에 대한 보완책으로 'Neutral Host' 사업 모델은 공동의 무선망 기지국 운용을 통해 통신사 시설 구축 비용 절감, 서비스 품질 저하 개선 등의 효과를 얻을 수 있으므로 실내 무선 인터넷 서비스 공급에 있어서는 적합한 사업모델로 판단되고 있다.

마지막으로 제안된 사업모델로는 사실 LTE 서비스(Private-LTE service)를 제안하였다. 본 사업모델은 대형공장 및 사업장을 비롯하여 공항 및 항만 등 고품질의 자체 무선망 구축을 원하는 다양한 산업분야에 적용이 가능하며, 기존 Wi-Fi 무선망에 비해 끊김 없는 서비스 제공이 가능할 것으로 판단되고 있다.

IV. 국내 주파수 공동사용 정책 도입방안

4.1 주파수 공동사용 후보대역 가치평가 및 선정방안

표 5는 국내 주파수 공동사용 도입 시, 본 논문에서 제안하는 주파수 공동사용 사업적 가치 평가방안을 나타내고 있다.

주파수 공동사용 서비스의 사업적 가치 평가를 위한 항목 중 무선망 성능향상에 있어 가장 큰 영향을 끼칠 수 있는 부분은 공동사용에 적용되는 가용 대역폭 크기라고 할 수 있다. 본 논문에서는 현행 미국의 CBRS 채널 대역폭 크기와 동일한 10 MHz 크기를 최소 기준으로 지정하였다. 이는 블록 크기 단위의 주파수 공동사용 채널 할당 방식을 적용할 경우, 주파수 채널할당 경매 참여 사업자가 다수 존재할 경우를 대비하여 개별 주파수 채널 분배의 용이함을 위해 고려하였다.

표 5. 주파수 공동사용 사업적 가치 평가항목

Table 5. Business evaluation items of spectrum sharing service.

평가항목	사업적 가치 평가기준
가용 대역폭 및 서비스 지역	<ul style="list-style-type: none"> · (가용대역폭) 광대역폭 확보가능 여부, 상하향 링크 각각 100 MHz 이상 확보 시 최고점 부여 · (서비스지역) 주파수 공동사용 가능지역이 제한적인지 여부. 전국망 이용 가능 시 최고점 부여, 서비스 면적에 따라 배점가감
배타적 이용	<ul style="list-style-type: none"> · (배타적 이용가능 정도) 공동사용 주파수의 100% 배타적 이용 가능 시 최고점 부여 · 네트워크 혼잡지역 사용가능 정도, 네트워크 부하 최면 시 사용가능 정도에 따라 배점가감
공동사용 계약 및 공동사용 면허권	<ul style="list-style-type: none"> · (계약기간, 면허권) 10년 이상은 최고점 부여, 5년~10년, 5년 이하는 차등적으로 감점 부여 ※ 면허권은 'Priority License'에 해당
공동사용 채널 변화정도	<ul style="list-style-type: none"> · 1차 사용자 서비스 운영의 동적인 특성 변화 정도, 주파수 공동사용 면허 개수 등에 따른 평가점수 부여

서비스 지역 항목은 전국망 서비스 수준이 가능한 채널 할당이 가능할 경우를 최고의 사업적 가치를 획득할 수 있는 최상위 기준으로 설정하였다. 또한 배타적 이용 관련 평가항목은 공동사용 2차 면허권자에게 할당된 주파수 채널에 대해 완전한 배타적 이용이 가능할 경우를 최고의 사업적 가치 획득이 가능한 최상위 기준으로 지정하였다. 배타적 사용 정도에 대한 평가기준은 도심 네트워크 혼잡지역 및 최대 트래픽 이용 시간에서 주파수 공동사용의 이용가능 여부를 별도의 세부 기준으로 부여하였다.

공동사용 계약기간 측면에서의 사업적 가치 평가항목에 있어서는 안정적이며 중장기적인 무선망 운영을 위해 최소 10년 이상의 면허 유효기간이 부여되어야 한다는 본 논문의 주요국 조사결과를 고려하였으며, 이에 10년 이상 공동사용 채널 사용이 가능한 'Priority 면허권' 계약 체결이 이루어질 경우를 최상위 기준으로 설정하였다.

주파수 공동사용 가용채널 변화 정도에 대한 사업적 가치 평가항목은 1차 사용자의 동적인 특성 변화 정도와 주파수 공동사용을 위한 처리과정의 복잡도, 해당 서비스

지역에 할당된 주파수 공동사용 면허 수를 핵심요소로 고려하였다. 즉, 주파수 공동사용 대역의 최우선권자인 1차 사용자의 운영 유무가 시간 및 지역에 따라 동적으로 빈번하게 변화할 경우에는 ‘Priority 면허권자’는 지속적이며, 안정적인 무선망 운용을 유지하는 것이 불가능할 수 있다. 또한 동일 서비스 지역에서 다수의 ‘Priority 면허권자’가 존재할 경우, 다수의 사용자가 소수의 가용채널에 대한 접속 집중현상이 발생할 수 있으며, 이로 인해 채널품질 및 전체 네트워크 품질 저하가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 주파수 공동사용 대역의 사업적 가치와 관련 시장의 활성화, 글로벌 주파수 조화측면을 고려했을 때, 이에 부합할 수 있는 공동사용 후보대역으로 IMT 후보대역을 고려하였다^{[16][17]}. 즉, 자금력 확보와 투자여력이 있는 거대 이통사 및 제조사 등이 관심을 가질 수 있는 IMT 후보대역 또는 3GPP 지정대역(3GPP band)이 주파수 공동사용 서비스 산업 활성화라는 최종 목표를 달성하기 위한 최적의 주파수 대역이라고 판단하였다. 기존 국내외 TVWS 서비스 사례에서도 알 수 있듯이 글로벌 주파수 조화, 공동사용 주파수 이용의 편의성, 관련 시장의 관심도, 산업 생태계 조성 가능성 여부 등을 고려하지 않은 공동사용 주파수 후보대역을 선정할 경우, 주파수의 효율적 이용 및 관련 산업 생태계의 활성화를 통한 국가 경쟁력 향상 등 주파수 공동사용을 통해 얻고자 하는 목적을 달성할 수 없다는 우려가 존재하기 때문이다. 또한 5G 서비스를 목전에 두고 있으며, 제조에서 서비스 분야까지 이동통신 관련 산업 생태계가 공고히 구축되어 있는 현실을 감안할 때, IMT 후보대역이 주파수 공동사용 관련 기기 개발 및 인프라 구축의 용이성, 사업자 관심도 측면에서 주파수 공동사용을 위한 후보대역으로 가장 적합할 것으로 판단하였다.

이에 본 논문에서는 국내 주파수 공동사용 적용을 위한 후보채널로서 3GPP 지정대역 중 3GPP band 43의 오른쪽 인접 대역인 3,700~3,800 MHz 구간과 현재 3GPP band 후보대역으로 지정되어 있는 상태는 아니지만, 추후 선정될 것으로 예측되는 3,800 MHz 이후 대역을 주파수 공동사용을 위한 최적의 후보대역으로 제시하였다. 특히 미국과 영국의 경우, 각각 3.7~4.2 GHz 및 3.8~4.2 GHz 대역을 차기 다계층 사용자 기반의 주파수 공동사용을 위한

후보대역으로 고려하고 있다는 점을 감안할 때, 국제 주파수 조화 측면까지 고려하면 단기적으로는 3.7~4.2 GHz 대역이 국내 주파수 공동사용 도입을 위한 최적의 후보채널로 판단된다.

본 논문에서는 주파수 공동사용 후보채널 선정을 위한 제 2안으로 기존에 존재하고 있는 용도미지정 대역(262~264 MHz, 24~26.5 GHz, 57~66 GHz 등)을 제안하였다^[18]. 단, 용도미지정 대역에 있어서는 현재 관련 제조사 및 사업자가 거의 전무한 실정이며, 국내 산업구조 현실 상 중소기업 중심으로 대규모의 신규 사업을 추진하기에는 매우 어려울 것으로 판단된다. 또한 국제 주파수 조화 측면에서도 부합하지 않음으로 인해 국내 산업 활성화 측면에서는 정부 및 거대 사업자의 적극적인 지원 및 신규 서비스 창출 의지가 부족할 경우, 한계에 부딪칠 수 있을 것으로 예측된다.

4.2 지역적 무선국 면허제도 도입방안

미국의 현행 CBRS 전파규칙인 CFR Part 96(Code of Federal Regulation Part 96)의 경우에는 PAL 무선국을 할당하는데 있어 센서스 트랙 규모를 고려한 주파수 경매 및 면허부여 방식을 제시한 바 있다. 현재는 본 논문의 III장에서 언급하였듯이 기존 CFR Part 96에 대한 개정작업을 진행 중에 있으며, 개정내용 중 기존 센서스 트랙에서 PEA 수준의 지역적 서비스 영역 크기 규모로 PAL 면허를 부여하려는 움직임이 나타나고 있다. PEA는 미국 600 MHz 대역에서의 인센티브 경매를 위해 본격적으로 도입되었으며, 주파수 경매 시 지역경제 규모에 따른 적절한 수의 주파수 블록(블록 당 10 MHz 채널 대역폭에 해당)을 할당하는데 이용되었다.

영국의 경우에도 차기 주파수 공동사용 후보대역으로 선정한 3.8~4.2 GHz 대역에 대해 미국과 유사한 지역적 무선국 면허방식을 고려하고 있는 것으로 파악되고 있다. 이와 같이 주요 선진국에서는 무선국 면허허가에 있어 할당 대상 주파수의 대역 및 서비스 종류, 관련 시장규모를 고려한 지역적 무선국 면허허가 방식 도입이 확대되는 추세이며, 주파수의 효율적 이용 도모와 산업 활성화, 공공복지 확대를 동시에 도모할 수 있는 주파수 관리 정책으로 판단하고, 지역적 주파수 할당 제도를 점차 확대

해 가고 있는 추세이다.

국내의 경우에는 이동통신 서비스의 경우, 전국망 개념의 이동통신 주파수가 할당되어 있으며, 마이크로웨이브 국간 중계기, 위성 지구국과 같은 고정형 무선국 서비스는 특정 지역에 한해 운영되고 있어, 향후 주파수 공동사용에 따른 지역적 면허부여 체계로의 법제도 개정이 필요할 것으로 판단된다. 즉, 이동통신 주파수의 경우에는 모바일 트래픽 사용량이 서울 및 수도권 등에 집중되어 있으며, 전원지역 등 도심 외각에서는 트래픽 사용량이 서울 및 수도권 지역, 도심 대비 매우 낮은 실정이므로 미국의 PAL, 유럽의 LSA 면허권과 같은 2차 면허 개념의 지역적 주파수 공동사용 무선국 면허 도입이 가능할 것으로 판단된다.

4.3 인센티브 경매제도 도입방안

인센티브 경매방식은 기존의 주파수 이용권을 갖고 있는 무선국 이용자가 해당 주파수를 자발적으로 반납하면 경매 대금의 일부를 돌려주는 제도라고 간단히 정의할 수 있다. 미국의 경우, FCC가 600 MHz 대역 주파수 경매에 적용한 바 있으며, 600 MHz 대역에서의 방송 주파수를 이동통신용으로 전환하기 위해 도입하였다. 600 MHz 대역에서의 인센티브 경매는 ① 지상파 방송사들이 이동통신용으로 반납할 수 있는 최대한의 주파수를 산정하는 역경매(reverse auction)를 진행한 후, ② 해당 주파수에 대해 통신사들을 대상으로 경매(forward auction)를 추진하는 방식으로 진행되었다.

그림 9는 미국에서 진행된 600 MHz 인센티브 경매에 대한 처리절차를 나타내고 있다^[19]. 또한 그림 10은 2017년 중반에 종료된 인센티브 경매 결과를 나타내고 있다^[20].

국내에서 향후 지역적 무선국 면허부여 방식이 도입될



그림 9. 미국 600 MHz 대역 인센티브 경매 처리과정
Fig. 9. Incentive auction process of the United States 600 MHz frequency band.

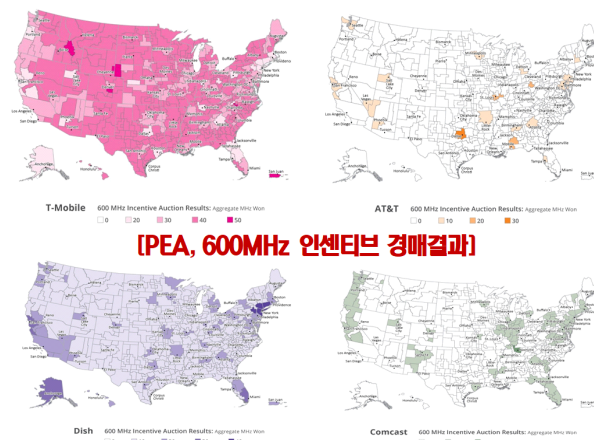


그림 10. 미국 600 MHz 대역 인센티브 경매결과.

Fig. 10. Incentive auction results of the United States 600 MHz frequency band.

것이라고 가정하였을 경우에는 모바일 트래픽 사용량이 상대적으로 적거나, 이용이 매우 미비한 무선국이 존재하는 지역에 대해서는 해당지역의 이용 주파수 반납을 통한 신규 지역적 주파수 재할당 방식을 고려해 볼 수 있을 것으로 판단된다. 또한 경매대가 금액 수준에 대해서도 경매지역별로 차별화 할 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 상대적으로 트래픽 수요가 높을 것으로 예상되는 도심 등 인구밀집 지역에서는 높은 수준의 경매 대가를 책정하고, 인구규모나 트래픽 사용량이 적은 농어촌 지역에 대해서는 매우 낮은 수준의 경매 대가를 책정하여 공공복지 차원에서의 무선망 인프라를 제공할 수 있는 병행방안도 고려해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

4.4 주파수 공동사용 적용가능 서비스 제안

본 논문에서는 국내 주파수 공동사용 기반의 서비스 후보 모델로 중소기업 수준에서도 적용이 가능할 것으로 판단되는 중간 수준의 서비스 품질 만족이 가능한 IoT 서비스를 제안하고자 한다. 현재의 IoT 서비스는 대표적으로 3GPP에서 기술표준이 완료되어 상용화를 눈앞에 둔 면허대역 NB-IoT(Narrow Band-IoT)와 비면허 대역 기반의 LoRa와 Sigfox 등이 시장규모를 빠르게 확대하고 있는 추세이다.

면허대역 이용 IoT의 경우에는 일반적으로 천문학적

비용이 요구되는 주파수 경매과정을 거쳐 획득한 배타적 이동통신 주파수를 이용함으로써 주파수의 독립적 이용이 가능하며, 3GPP의 표준기술 적용으로 서비스 품질 및 보안에 대한 강인함이 비면허 대역 IoT 서비스 대비 매우 우수할 것으로 예측된다. 하지만 이통사를 통한 서비스 제공 및 주파수 할당 경매비용, 인프라 구축에 따른 투자 비용 등을 고려할 때, 서비스 이용에 따른 비용이 비면허 대역 기반 IoT에 비해 상대적으로 높을 것으로 판단된다.

비면허 대역 IoT 서비스는 누구나 사용 가능한 비면허 대역을 이용함으로써 관련 IoT 기기 구매 및 일부 설치비용 등을 제외하고는 추가비용이 소요되지 않을 것으로 예측된다. 또한 한 번 설치 이후에는 기존 이통사 서비스와 같은 지속적인 사용비용 지출이 없을 것으로 예측되므로 면허대역 IoT 대비 비용소모가 매우 낮을 것으로 판단된다. 하지만 기존의 무선랜과 같은 비면허 대역 이용 무선기기의 특성 상, 다수 사용자가 서비스를 이용하는 상황이 발생할 경우, 트래픽 폭증 및 간섭현상의 증가로 인해 혼잡 서비스 이용지역에 대해서는 서비스 품질이 매우 낮아질 것으로 예측된다.

본 논문은 기존의 면허와 비면허 대역 이용 IoT 서비스에 대한 단점 보완이 가능하며, 중간 수준의 서비스 품질 획득이 가능할 것으로 예측되는 주파수 공동사용 기반 IoT 서비스를 제안하였다. 그림 11은 전송거리 및 데이터 전송률 범위를 기준으로 본 논문에서 제안하는 주파수 공동사용 기반 IoT 서비스와 기존 IoT 서비스에 대한 성능수준 예측 정도를 나타내고 있다.

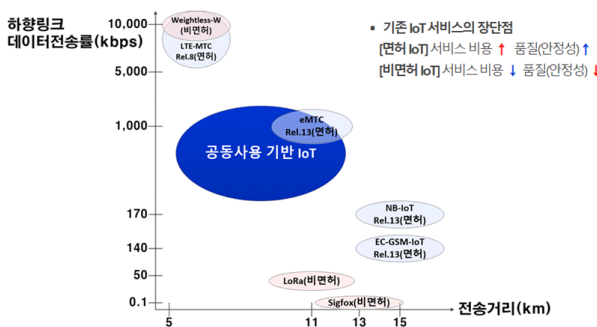


그림 11. 주파수 공동사용 기반 IoT의 품질수준 예측
Fig. 11. QoS(Quality of Service) estimation of IoT based on spectrum sharing.

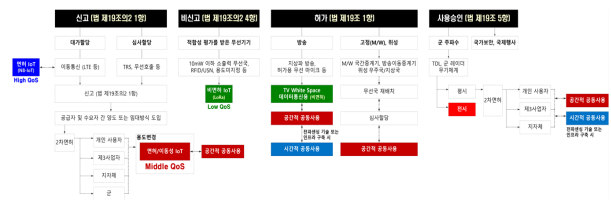


그림 12. 국내 무선국 허가절차에서의 주파수 공동사용 기반 IoT 서비스 적용방안

Fig. 12. Application method of IoT service based on spectrum sharing in the domestic radio station authorization procedures.

본 논문에서 제안한 중간 수준의 서비스 품질을 고려한 주파수 공동사용 기반 IoT 서비스는 현행 신고 및 비신고 대상 무선국, 허가대상 무선국, 사용승인 무선국 종류에 따라 독립적으로 또는 시간 및 공간적 주파수 공동사용 방식 기반으로 적용 가능할 것으로 판단된다. 또한 주파수 대역에 대한 양도 또는 임대 가능할 경우, 2차 면허개념의 신규 면허제도 도입 또한 가능할 것으로 판단된다. 그림 12는 국내의 현행 무선국 허가절차 과정을 고려할 경우, 본 논문에서 제안하는 주파수 공동사용 기반 IoT 서비스의 적용 가능 범위에 대해 나타내고 있다.

V. 결 론

본 논문은 주요 선진국에서 진행되고 있는 주파수 공동사용에 대한 최근의 정책 추진현황에 대해 면밀한 조사 및 분석 과정을 진행하였다. 또한 조사 및 분석 과정을 통하여 향후 국내 주파수 공동사용 정책도입 시, 산업 활성화 도모를 위한 주파수 공동사용 후보채널 선택 방안 및 지역적 무선국 허가방안, 주파수 경매방안, 적합 서비스 종류에 대해 제안하였다.

국내의 경우, 현행 전파법 상의 주파수 공동사용 관계 법령은 선언적 수준에서의 도입 가능성을 제시한 수준에 불과하며, 현재 진행되고 있는 국내 TVWS 서비스 활성화의 부진에서도 알 수 있듯이 경제적 관점에서의 사업자 관심 확대방안, 투자 가치 요인 발굴 등 주파수 공동사용 관련시장의 활성화를 도모할 수 있는 방안을 선제적으로 마련해야 할 것으로 판단된다. 이를 위해 본 논문에서는 국제 주파수 조화 및 상업적 주파수 후보대역(IMT

후보대역)에 부합하는 주파수 공동사용 후보대역의 선정이 무엇보다 중요할 것으로 판단하였으며, 주파수 할당 측면에 있어서도 지역적 면허할당 제도 및 인센티브 경매방식 도입과 같은 주파수 이용의 효율화를 확보할 수 있는 선진 경매방식의 도입을 순차적으로 고려해 볼 것을 제안하였다.

현재 국내외적으로 활발히 진행되고 있는 5G 관련 주파수 할당 및 표준기술 개발에 대한 전파규칙 등이 어느 정도 완비된 이후에는 주파수 공동사용 도입방안에 대한 논의가 본격적으로 이루어 질 것으로 예상된다. 즉, 5G에서 요구하는 성능목표 달성 및 Massive IoT, 드론 및 차량 통신, VR 등 다양한 서비스에 대한 원활한 운영을 위해서는 추가 주파수 할당을 비롯하여 부족한 서비스 품질을 보완할 수 있는 주파수 공동사용 방식의 도입은 필수적이라 할 수 있다. 이에 미국 및 유럽 등 주요 선진국들에 비해서는 다소 늦은 감은 있으나, 지금부터라도 국내 주파수 공동사용과 관련한 법제도의 구체화, 실효성 확보를 위한 전파규칙 개정, 표준 핵심기술 개발 등에 대한 중장기 추진 로드맵 개발이 빠른 시일 내에 추진되어야 할 것으로 판단된다.

References

- [1] President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST), "Realizing the full potential of government-held spectrum to spur economic growth," Jul. 2012.
- [2] T. Lavender, V. Jervis, and W. Webb, *Flexible Spectrum Access Methods Report for the UK Spectrum Policy Forum*, Oct. 2017.
- [3] Geolinks, *Promoting Investment in the 3,550 ~3,700 MHz Band*, FCC Fact Sheet, Oct. 2017. Available: <https://geolinks.com/promoting-investment-3550-3700-mhz-band/>
- [4] FCC 17-134, *Notice of Proposed Rulemaking and Order Terminating Petitions*, Oct. 2017.
- [5] Ofcom, *3.8 GHz to 4.2 GHz Band: Opportunities for Innovation*, Apr. 2016. Available: <https://www.ofcom.org.uk>
- [6] 미래창조과학방송통신위원회, 전파법 일부개정법률안(대안), 의안번호13292, 2014년 12월.
- [7] 전파법 제6조의 3(주파수 공동사용), 법률 제14839호, 2017년 7월.
- [8] D. Meyer, "3.5 GHz CBRS band progress set to bolster industry 5G plans," Apr. 2017. Available: <http://www.rcrwireless.com>.
- [9] G. Kim, "T-mobile wants CBRS rules fitting 5G," Jun. 2017. Available: <https://spectrumfutures.org>.
- [10] 미래창조과학부, 4차 산업혁명에 대응한 중장기 주파수 종합계획인 'K-ICT 스펙트럼 플랜' 확정, 미래창조과학부 보도자료, 2017년 1월.
- [11] FCC 17-104, *Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum between 3.7 and 24 GHz*(GN Docket No. 17-183), Aug. 2017.
- [12] Ofcom, *A Framework for Spectrum Sharing, Consultations and Statements*, Jul. 2015.
- [13] Ofcom, *A Framework for Spectrum Sharing, Statement*, Apr. 2016.
- [14] CBRS Alliance. Available: <https://www.cbسالiance.org>.
- [15] K. Mun, *CBRS White Paper: CBRS: New Shared Spectrum Enables Flexible Indoor and Outdoor Mobile Solutions and New Business Models*, Mar. 2017.
- [16] LTE Frequency Band, Available: http://niviuk.free.fr/lte_band.php.
- [17] GSA, *The Future of IMT in the 3,300~4,200 MHz Frequency Range*, GSA White Paper, Jun. 2017.
- [18] 과학기술정보통신부고시, 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기 고시 내용 중 제7조 UWB 및 용도미지정 무선기기, 2013년 1월.
- [19] D. Gomez-Barquero, M. W. Caldwell, "Broadcast television spectrum incentive auctions in the U.S.: Trends, challenges, and opportunities," *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 7, pp. 50-56, Jul. 2015.
- [20] Mosaik, Mosaik in Fierce Wireless: Mapping T-Mobile, Dish, Comcast and AT&T 600 MHz Wireless Spectrum Ownership. Available: <https://www.mosaik.com/news/mosaik-highlighted-in-fierce-wireless-mapping-t-mobile-dish-comcast-and-att-who-got-how-much-600-mhz-spectrum-and-where>.

최 주 평



2001년 2월: 숭실대학교 전자공학과 (공학 석사)
2010년 8월: 숭실대학교 정보통신공학과 (공학박사)
2013년 12월~현재: 숭실대학교 지능인지통신연구소 연구교수
2014년 3월~현재: TTA PG901 위원 및

WG9013 부의장

2013년 7월~2013년 11월: 한국전파진흥협회 선임연구원
2011년 3월~2013년 2월: CR/SDR 포럼 서비스 분과 간사
2010년 9월~2013년 2월: 숭실대학교 지능인지통신연구소 연구교수
2003년 3월~2006년 12월: 새터정보통신(주) 전기정보사업부 책임연구원
[주 관심분야] 주파수 공동사용, 주파수 정책, Cognitive Radio, TV White Space, 스펙트럼 모니터링 기술, 간섭분석

이 원 철



1986년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학사)
1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학 석사)
1994년 5월: 미국 Polytechnic Institute of New York University, Electrical Engineering (공학박사)

1995년 9월~현재: 숭실대학교 전자정보공학부 교수

2017년 1월~현재: 한국전자과학회 상임이사

2014년 3월~2016년: 미래부 주파수 공동사용 제도개선 연구반 위원

2014년 3월~현재: TTA PG901 부의장 및 WG9013 의장

2013년 1월~현재: 미래부 TV White Space 운영작업반 위원장

2013년 1월~현재: 한국통신학회 상임이사

2010년 1월~현재: 한국전자과학회 CR·SDR 연구회 위원장

[주 관심분야] Cognitive Radio, TV White Space, 주파수 공동사용, 간섭분석, 디지털 필터설계