

3.5 GHz대역 주파수 공동사용 정책 및 기술추진 동향

최주평, 이원철
승실대학교

요약

현대 사회는 스마트폰 사용량의 급증으로 인한 모바일 트래픽의 폭발적인 증가와 IoT(Internet of Things)를 비롯한 융복합 무선 서비스의 확대 등으로 국가적으로 한정적 자원인 주파수의 효율적 사용을 위한 대책 마련이 시급한 실정이다. 이에 미국 및 유럽을 중심으로 다양한 용도의 무선기기들이 한정적 주파수 대역을 효율적으로 이용하기 위한 방안으로 주파수 공동사용에 대한 정책도입 및 연구개발이 지속적으로 추진되고 있다[1]-[8]. 본 고에서는 수요 대비 공급 부족 현상이 점차 심각해 지고 있는 한정적 주파수 자원의 효율적 이용을 위한 대안으로 급부상하고 있는 주파수 공동사용 기술에 대한 국내외 관련 정책 및 기술추진 현황에 대해 소개하고자 한다.

특히 본 고에서는 2010년 국가광대역계획(NBP, National Broadband Plan) 발표를 시작으로 전 세계적으로 주파수 공동사용 추진에 있어 가장 적극적인 행보를 보여주고 있는 미국에서의 3.5GHz 대역 주파수 공동사용을 위한 전파규칙인 CFR(Code of Federal Regulation) Part 96의 주요 내용을 자세히 소개하고자 한다[1][2].

본 고의 II장에서는 국내외에서 진행되고 있는 대표적인 주파수 공동사용 정책추진 현황에 대해 소개하였으며, III장에서는 올해 4월 최종 전파규칙이 발표된 미국의 SAS(Spectrum Access System) 기반 주파수 공동사용 전파규칙에 대해 소개하였다. 또한 IV장에서는 SAS 기반의 주파수 공동사용 기법 및 기준에 개발되고 있는 다양한 동적 스펙트럼 접속 기법들을 미국 내 주요 도심지역에 적용하기 위한 대규모 테스트베드 프로그램인 'Model City' 프로그램 소개 및 결론을 통하여 주파수 공동사용 도입의 당위성을 설명하고자 한다.

I. 서론

국내외적으로 고속의 무선통신 기능이 탑재된 스마트폰 및 태

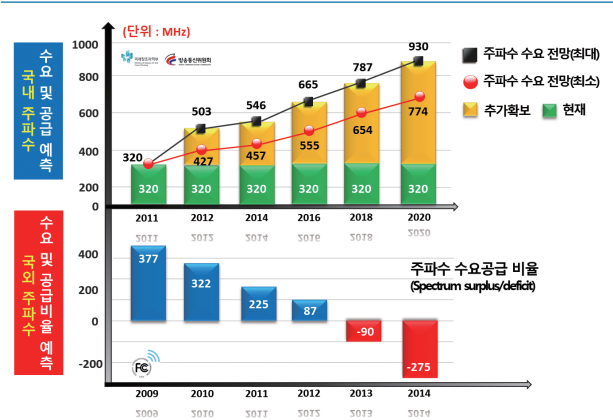


그림 1. 주파수 수요와 공급의 불일치 확대

블릿 PC를 비롯하여 다양한 종류의 융복합 고용량 모바일 서비스 이용이 빠르게 확대되고 있으며, 이로 인한 모바일 트래픽 사용량의 급증으로 주파수 수요와 공급의 불일치가 점차적으로 증가하고 있는 실정이다.

최근 미래창조과학부 발표한 국내 총 무선 데이터 트래픽 총계에 따르면, 2015년 7월 국내에서 사용된 총 무선 트래픽 사용량은 163,080TB (TeraByte)에 이르며, 2012년 7월부터 매월 평균 93,686TB 정도의 트래픽 사용량이 증가하고 있음을 발표 한바 있다[9].

빠르게 증가하고 있는 모바일 트래픽 사용량으로 인해 선진국을 중심으로 기존 주파수의 회수와 재배치를 통한 주파수 재할당 정책을 진행하고 있지만, 검토과정의 장기화, 이익 당사자 간의 갈등확대, 막대한 시설 교체 비용으로 빠르게 변화하고 있는 무선통신 서비스 요구 흐름에 적절히 대응하지 못하고 있는 실정이다.

미국 대통령직속 과학기술 자문기구인 PCAST (President's Council of Advisors on Science and Technology)에 따르면, 95MHz 대역폭에 해당하는 주파수 회수를 위해서는 최소 10년의 기간 및 180억 달러 정도의 비용이 소요될 것으로 전망한 바 있다[10]. 이러한 주파수 회수 및 재배치에 대한 문제점 해결을 비롯하여 주파수의 이용 효율성 증대와 미래 국가경제 성장동

력 확보를 위한 주도적 방안으로 주요 선진국들은 오래 전부터 민관협동으로 주파수 공동사용에 대한 정책추진 및 기술 개발을 지속적으로 진행하고 있다.

주파수 공동사용은 필요 주파수를 경제적으로 빠른 시간 내에 확보가 가능하고, 갑작스러운 주파수 수요에 대해 신속하고 유연하게 대처가 가능하며, 기존 공공 시스템에 대한 일부 수정을 통하여 주파수 공동사용이 가능하므로 기존 주파수 회수 및 재배치와 비교할 때 매우 경제적이고 효율적인 제도로 평가되고 있다.

II. 국내외 주파수 공동사용 추진현황

1. 미국의 주파수 공동사용 정책추진 현황

가. 정책 추진현황

주파수 공동사용에 있어 미국은 전 세계적으로 가장 적극적인 정책추진을 진행하고 있다. 2008년 TVWS(TV White Space) 서비스 도입을 위한 주파수 개방화 정책추진을 시작으로 2010년에는 국가광대역계획을 통하여 향후 10년 동안 500MHz 대역폭 크기의 신규 주파수 확보 지침을 발표한 바 있다[11]. 당해 11월에는 미국통신정보관리청인 NTIA(National Telecommunications and Information Administration)에서 향후 10년간 총 1.5GHz 대역폭 크기에 해당하는 추가 주파수 확보가 가능하다는 보고서를 발간한 바 있다[12].

2012년 7월에는 대통령 직속 과학기술자문 위원회인 PCAST가 오바마 대통령의 '무선 광대역 혁명의 추진'의지에 부합하여 주파수 사용의 기본은 독점이 아닌 공유라는 결론에 도달한 대통령 보고서를 제출한 바 있다[10]. 본 보고서는 기존 주파수 회수 및 재배치 방식의 문제점을 해결하기 위한 근본적인 방안으로 주파수 공동사용의 도입을 적극적으로 제안하였다.

2012년 9월에는 PCAST의 공고를 수용하는 첫 번째 단계로 미국연방통신위원회(FCC, Federal Communications Commission)에서 3,550~3,650MHz 내 100MHz 대역폭 크기를 주파수 공동사용을 위한 주파수 자원으로 활용하겠다는 공고를 발표한 바 있다.

이후 2014년 4월에는 3.5GHz 대역에서의 주파수 공동사용 실현을 위한 신규 연방규칙(CFR, Code of Federal Regulation)(안)인 CFR Part 96을 발표하였다[1]. 본 전파규칙은 지역별로 사용 중인 연방 주파수의 이용현황 및 가격, 주파수 공동사용 허용조건을 DB에 보관하며, 이를 기반으로 주파수 공동사용 주파수의 범위 및 서비스 지역, 채널 할당의 핵심역할을 수

표 1. PCAST 보고서 주요내용

구분	주요내용
목적	경제성장 원동력 제공을 위한 정부소유 주파수의 최대 잠재력 실현을 목적으로 연방 주파수에 대한 주파수 공동사용 기반 마련을 위한 정책방향을 제시
주파수 회수 및 재배치 문제점	NBP 달성을 위한 연방 주파수의 회수 및 재배치는 주파수 이전 기간의 장기화, 천문학적인 재배치 비용이 발생할 수 있음
해결방안	주파수 공동사용을 위한 DB 기반 주파수 관리 구조와 간섭회피 기술 활용 시 가용 주파수가 현재의 1,000배에 이를 것으로 추산 ※ DB 기반 주파수 공동사용 및 관리를 위한 신규 연방 주파수 접속 시스템인 SAS 설치, 수신기 관점에서의 간섭관리 방안, 소형 셀 네트워크 도입방안 등을 제안

행하는 SAS 구조를 소개하였다. SAS는 최상위의 공공 및 연방 사용자 접속계층인 'Incumbent Access(IA)'를 비롯하여 우선순위 접속 사용자에게 해당하는 'Priority Access(PA)', 최하위 접속계층 사용자인 'General Authorized Access(GAA)'로 구성된 총 3계층(3-tier)의 주파수 공동사용 무선접속 프레임워크로 구성되어 있다. 또한 SAS와 연계된 주파수 공동사용 기기 기반 서비스로서 새로운 개념의 CBRS(Citizens Broadband Radio Service)를 정의하였다.

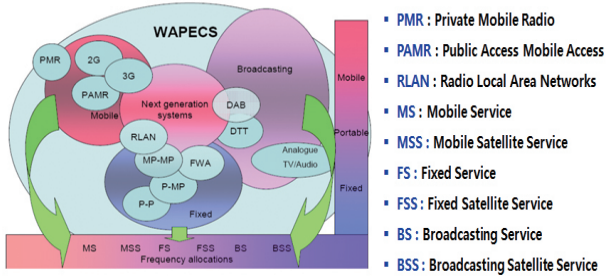
2014년 6월에는 NTIA와 FCC 공동으로 미국 내 주요 도시에서 주파수 공동사용 테스트베드 구축을 위한 'Model City' 프로그램을 발표하였다[13][14]. 본 테스트베드 프로그램은 3.5GHz(3,550~3,700MHz) 주파수 공동사용 지정 대역에서 지방자치단체 중심의 스마트 시티, 산업용 IoT 네트워크 구축 등 주파수 공동사용 기반의 공공분야 서비스 추진방안에 대해 소개하고 있다.

2. 유럽의 주파수 공동사용 정책추진 현황

가. 정책 추진현황

유럽연합은 복수의 주파수 대역을 공유하여 다양한 무선통신 서비스를 제공하고자 하는 WAPECS(Wireless Access Policy for Electronic Communications Services) 전파정책을 2007년에 추진하였으나 유럽 각국의 의견 불일치로 중단된 바 있다[15].

이후 2012년에서 2015년까지의 전 유럽에서 사용되는 주파수의 사용범위 조정을 통한 주파수 공동사용 기반의 추가 주파수 확보를 목표로 RSPP(Radio Spectrum Policy Program)을 발표하였다[16]. RSPP 프로그램은 크게 2가지 종류의 권고를 제안하였다. 첫 번째는 유럽각국의 주파수 규제기관들이 유럽공통의 비먼허 대역을 검토하고 확장하는 역할을 수행해야



- PMR : Private Mobile Radio
- PAMR : Public Access Mobile Access
- RLAN : Radio Local Area Networks
- MS : Mobile Service
- MSS : Mobile Satellite Service
- FS : Fixed Service
- FSS : Fixed Satellite Service
- BS : Broadcasting Service
- BSS : Broadcasting Satellite Service

그림 2. WAPECS 프로그램 개요

한다는 공통의 비면허 대역 검토방안을 제안하였으며, 두 번째는 주파수 공동사용이 가능한 기준 및 신규 이용자를 위해 인센티브 성격의 공유 이용권(shared right of use) 도입을 권고하였다. 하지만 RSPP 제안 시 유럽 각국의 주파수 규제기관들은 LTE(Long Term Evolution) 용도의 서비스를 위한 주파수 경매를 추진하는 상황이었으며, 경매에 따른 수익감소와 주파수 공동사용에 따른 인센티브 제도 도입 시 비용절감 효과에 대한 예측의 어려움으로 부정적 의견이 제시한 바 있다.

최근에는 2.3GHz 대역을 주파수 공동사용을 위한 최우선 후보 대역으로 고려한 바 있으며, 상용망 간의 주파수 공동사용 실현을 위한 LSA (Licensed Shared Access) 기반의 정책 및 표준을 발표하였다[3]~[8]. LSA는 1차 면허 사용자에게 대한 전파간섭 보호를 전제로 해당대역에서 LSA 사용 면허를 부여 받은 별도의 모바일 네트워크 사용자가 주파수 공동사용 기반의 특정 서비스 운용을 가능하게 하는 DB 기반의 주파수 공동사용 시스템을 의미한다.

3. 국내의 주파수 공동사용 정책추진 현황

국내에서는 2012년에 1차 모바일광개토편 계획 발표를 시작으로 2013년 12월에는 2차 모바일광개토편 2.0을 통하여 2020년까지 650MHz 이상의 대역폭 크기 확보 방안을 제시한 바 있다[17][18]. 또한 2014년 전파진흥기본계획을 통하여 향후 추가 주파수 확보를 위한 스펙트럼 엔지니어링 및 주파수 공동사용 기술 확보의 필요성을 제시한 바 있다. 이와는 별도로 미래창조과학부에서는 주파수 공동사용 연구반 운영을 통하여 국내 전파환경에 적합한 주파수 공동사용 정책 및 기술 도입방안에 대한 논의를 진행 중에 있다. 2014년 2월에는 주파수 공동사용의 개념정립 및 기술개발을 위한 법적 근거 마련을 위하여 전파법일부개정법률(안)이 발표된 바 있다[19]. 본 개정법률(안)은 주파수 공동사용의 개념정립 및 기술개발을 하도록 하는 한편, 주파수 공동사용의 범위와 조건 등에 관한 기준을 정할 수 있도록 국내 최초로 신규 법적 근거를 신설한 것이다. 법적 근거의 주요 내용은 다음의 <표 2>와 같다.

표 2. 국내 주파수 공동사용 관련 개정법률(안)

항목	주요내용
제2조 제1항에 제4호의5	- 주파수 공동사용이란 둘 이상의 주파수 이용자가 동일한 범위의 주파수를 상호 배제하지 아니하고 사용하는 것을 말한다.
제6조의3	① 미래창조과학부장관은 주파수 할당, 주파수 지정, 주파수 사용 승인을 받은 자에게 주파수의 전부 또는 일부를 주파수 공동사용에 제공하도록 할 수 있다. ② 미래창조과학부장관은 주파수 공동사용의 범위와 조건, 절차, 방법 등에 관한 기준을 정하여 고시한다. (공통사항) 방송사업을 위하여 이용하는 주파수에 대해서는 방송통신위원회와 협의하여야 한다.

올해 6월에는 ICT 신사업 활성화를 위한 용도 자유대역(K-ICT Free Band) 주파수 8GHz 대역폭에 대한 공급방안을 발표한 바 있으며, 향후 본 대역에서의 다양한 용도 미지정 서비스에 대한 주파수 공동사용 기술 적용 가능성이 기대되고 있다[20].

III. 미국 3.5 GHz 대역 주파수 공동사용 전파규칙

1. CFR Part 96 전파규칙

본 절에서는 올해 4월에 발표된 미국 내 3.5GHz 대역 주파수 공동사용을 위한 CFR Part 96의 주요 내용에 대해 소개하였다[2]. Part 96은 CBRS라는 신규 도심형의 주파수 공동사용 기반 서비스 운용에 대한 전파규칙이며, PCAST에서 제안한 3.5GHz(3,550~3,700MHz) 대역에서의 CBRS 운용을 위한 신규 기술규칙에 해당한다. 또한 앞서 소개한 대로 1순위 접속계층인 연방 시스템 접속 및 고정형 위성 우주(지상)국(FSS, Fixed Satellite Service earth stations)에 해당하는 'Incumbent Access'와 'Priority Access', 일반허가접속 계층인 'General Authorized Access'가 존재하는 상황에서 DB 기반의 SAS 연계를 통한 주파수 공동사용 운용규칙이 제시되어 있다.

3.5GHz 대역에서의 주파수 공동사용을 위한 SAS 체계는 기존 TVWS DB 운영 형태와 매우 유사하며, ESC(Environmental Sensing Capability)라는 연방 주사용자 신호 감지 시스템을 통한 수집 정보와 연계되어 더욱 진화된 형태의 확장형 스펙트럼 관리 시스템 형태로 구성되어 있다. 다음의 세부 절에서는 Part 96의 최종 규칙 중 주요 내용에 대해 소개하였다.

가. 일반규칙(Subpart A)

일반적으로 CBSD의 관리 및 운용은 단일 또는 복수의 허가된 SAS에 의해 관리됨을 명시하였으며, CBRS가 우선순위접속(PA) 과 일반허가접속(GAA) 서비스 계층에 포함됨을 나타내었다.

PA 면허권자와 GAA 사용자는 1순위 보호대상인 주사용자 접속(IA)에게 간섭의 영향을 미치면 안되며, 주사용자로부터의 간섭영향은 어느정도는 받아들일 수 있어야 한다. 이와 유사하게 GAA 사용자는 PA 면허권자에게 간섭의 영향을 미치면 안되며, PA 면허권자로부터 발생될 수 있는 간섭의 영향을 받아들일 수 있어야 함을 명시하였다.

가.1. 정의(섹션 96.3)

본 섹션에서는 Part 96 전파규칙에서 고려된 용어 및 기기종류, 3계층 접속 등에 대한 정의를 하였으며, 주요 항목별 정의 내용은 다음의 <표 3>과 같다.

표 3. Part 96 주요용어 정의

용어종류	정의
CBSD	(Citizens Broadband Radio Service Device) CBRS 내 PA 또는 GAA 기반으로 동작하는 고정국 또는 고정국들로 구성된 네트워크 · CBSD 동작 요구사항은 단일 기기를 기준으로 적용되며, 이와 연계된 종단기기는 CBSD로 고려되지 않음
범주 A CBSD	(Category A CBSD) 모든 CBSD에 적용될 수 있는 일반적인 요구사항을 만족하는 저출력 CBSD
범주 B CBSD	(Category B CBSD) 모든 CBSD에 적용될 수 있는 일반적인 요구사항을 만족하는 고출력 CBSD
종단기기	(End User Device) 허가된 CBSD에 의해 허가 및 제어될 수 있는 기기 · 종단기기는 여타 종단기기 또는 CBSD에게 서비스를 제공할 수 없음
환경센싱 능력(ESC)	(Environmental Sensing Capability) 주사용자로부터 발생하는 신호 감지, SAS에 해당 정보를 전달
배타구역	(Exclusion Zone) CBSD가 동작할 수 없는 지리적 운영 영역 · SAS에 의해 시행, 유지되며, 상황에 따라 보호구역으로 전환될 수 있음
고정국	(Fixed Station) 고정된 위치에서 송수신하는 CBSD 또는 종단기기 · 고정국 위치 변경 시 해당 고정 CBSD는 전원차단이 필요 · 신규 위치에서의 송신을 위해서는 SAS에 재등록 과정을 거쳐야 함
지리적 위치제공 기능	(Geo-Location Capability) CBSD가 자신의 지리적 위치 좌표를 등록할 수 있는 기능 · SAS가 가용 주파수 및 최대 전송전력 제한치를 결정하는데 이용

일반허가 접속사용자 (GAA)	(General Authorized Access) 일반허가접속 기반으로 동작하는 단일 또는 복수의 허가 받은 CBSD
주사용자	(Incumbent User) 주사용자 기반의 허가 고정 위성 지상 우주국 및 기존의 (grandfathered) 무선 광대역 면허권자 규칙을 준수하고 주사용자 기반의 동작이 허가된 연방 운용기기, 시스템
면허구역	(License Area) PA 이용 면허가 부여된 지리적 운영 영역 · 개별 면허구역은 단일 인구조사 표준 트랙으로 구성될 수 있음
이동국	(Mobile Station) 이동 중 또는 불특정 위치에서 멈춰있는 동안 이용될 수 있는 기기
휴대국	(Portable Station) 사용자 신체를 중심으로 20cm 이내에 이용될 수 있도록 설계된 기기
우선순위 접속면허	(Priority Access License) 우선순위 접속 기반으로 동작할 수 있는 면허
우선순위 접속 면허권자 (PAL)	(Priority Access Licensee) 단일 또는 복수의 우선순위 접속면허 소유자 · 사전에 정의된 시간 및 지역, 제한된 주파수 범위 내에서 GAA 사용자 및 여타 PA 면허권자로부터 보호를 받을 수 있는 권한이 부여됨
보호구역	(Protection Zone) 승인된 SAS 및 ESC로부터의 허가를 통하여 동작할 수 있는 CBSD의 지리적 운영영역
서비스 구역	(Service Area) 동일한 PA 면허권에 의해 운용될 수 있는 단일 또는 복수의 연속적인 면허구역
스펙트럼 접속시스템 (SAS)	(Spectrum Access System) CBRS 운용을 위한 스펙트럼의 허가 및 관리를 수행하는 시스템
SAS 관리자	(SAS Administrator) SAS를 운용하도록 위원회에 의해 허가 받은 기관

PA 면허권자와 GAA 사용자는 공중 또는 비공중 통신업자에 의해 서비스 운용이 허용되며, 허가 받은 CBRS 사용자는 적용 운용규칙 및 서비스와 연계된 위원회 규칙에 부합될 경우, 어떠한 종류의 통신 서비스라도 제공이 가능하다.

가.2. 주파수 및 할당(섹션 96.11 및 96.13)

CBRS는 3,550~3,700MHz 대역에서 서비스가 운용될 수 있도록 허가되며, GAA 및 PA 사용자 또한 동일 주파수 범위에서 운용될 수 있다.

PA 면허는 기본적으로는 3,550~3,650MHz 대역 내 10MHz 단일 채널 이용이 가능하며, 특정 지역 및 시간대에서 동일 PA 면허권자에 대해 최대 7개까지의 접속 면허가 부여될 수 있다. 만약 해당 주파수가 PA 면허권자에 의해 이용되지 않을 경우에는 GAA 사용자에게 의해 이용되는 것이 가능하다.

3,650~3,700MHz 대역은 기존 무선 광대역 면허권자 및 GAA 사용자의 이용을 위해 보장될 수 있다.

2. 주사용자 보호(Subpart B)

본 절에서는 part 96 내 연방 주사용자 보호를 위해 요구되는 주요 전파규칙을 소개하였다. 먼저 CBSD와 종단기기 사용자는 3,550~3,700MHz 대역 및 3,550MHz 대역 이하에서 동작하는 연방 주사용자에게 간섭의 영향을 미치지 않도록, 해당 연방 주사용자로부터의 간섭영향을 수용할 수 있어야 한다고 명시하였다. 또한 SAS가 승인된 ESC로부터 전달된 연방 주파수 이용 정보를 기반으로 CBSD의 사용을 허가할 수 있다고 하였으며, 이 때 범주 A CBSD의 경우 해안선을 따라 존재하는 배타적 구역이 유지되어야 함을 명시하였다. 이 때 배타적 구역은 연방 시스템의 이용여부에 따라 CBSD의 이용을 위한 보호구역으로 전환될 수도 있음을 명시하였다.

범주 B CBSD의 경우에도 승인된 ESC에 의해 SAS에 제공된 연방 시스템의 신호 존재 정보에 따라 허가여부가 결정될 수 있으며, SAS는 ESC에 의해 전달된 연방 시스템의 수신신호 정보를 기반으로 60초 이내에 해당 서비스 구역에서 운용되는 CBSD의 동작정지 또는 여타 유휴 주파수로의 재할당 여부를 판단해야 한다고 명시하였다.

가. 3,550~3,650MHz 및 3,700~4,200MHz 대역에서 운용되는 고정형 위성 서비스 지상국 보호(섹션 96.17)

CBSD는 3,600~3,650MHz 및 3,700~4,200MHz 대역에서 동작하는 고정 위성 서비스 지상국을 보호해야 하며, 해당 고정 위성 서비스 지상국의 보호 기준은 SAA를 통하여 부여된다고 명시하였다. 또한 고정 위성 서비스 지상국의 위치 및 안테나 정보 등은 신뢰성 있는 간섭보호를 위해 SAS에 전달된다.

3. 우선순위접속(Subpart C)

가. 우선순위접속 면허권자(섹션 96.25)

PA 면허권자는 Part 96에서 요구하는 기술적 규칙(technical rule) 및 간섭보호 요구사항에 따라 CBSD를 운영해야 하며, 다음의 <표 4>와 같은 주요 파라미터를 갖는다.

표 4. 우선순위접속 면허권자 주요 파라미터

파라미터	정의
면허영역	개별 PA 면허는 기본적으로 단일 면허구역으로 구성됨 · (연속적인 면허구역 이용가능) SAS는 지리적으로 연속적인 PA 면허구역을 할당 할 수 있음. · 연속적인 면허구역 할당은 동일한 PA 면허권자에 의해 운용되는 동일 채널 이용일 경우에만 가능 · 연방 주사용자의 보호가 필요할 경우 SAS는 PA 면허권자에게 다른 채널을 할당 할 수 있음

채널	개별 PAL는 SAS에 의해 10MHz 크기의 대역폭이 할당됨 · PAL은 SAS에 특정 채널이나 주파수 범위를 요구할 수 있음
연속적인 채널	SAS는 PAL에게 동일 면허구역 내 연속적인 채널을 할당할 수 있음 · 연방 주사용자의 보호가 필요할 경우 SAS는 개별 PA 면허권자에게 다른 채널을 부여할 수 있음
면허기간	PAL는 3년의 면허기간을 가지며, 기간 종료 후 갱신되지 않음 · 기간 종료 후 재 신청 필요
기타사항	· 미사용 PAS 채널은 GAA 사용자 이용을 위해 재할당될 수 있음 · PAL은 특정 시간 및 면허구역에서 총 4개까지의 채널을 집성하여 사용할 수 있음

4. 일반허가접속(Subpart D)

GAA를 위해 이용될 수 있는 CBSD는 기본적으로 SAS에 등록 및 SAS로부터의 요구사항을 준수해야 한다. 또한 PA 면허권자에 의해 사용되지 않는 주파수 이용이 가능하며, SAS에 의해 해당 운용방안이 결정될 수 있다.

GAA 사용자를 위해 할당된 주파수는 공동사용 기반으로 사

표 5. CBSD의 주요 기술적 요구사항

종류	정의
지리위치 보고능력	모든 CBSD는 지리적 좌표를 결정할 수 있는 기능을 갖추어야 함 · (좌표 정확도) 수평좌표 ±50m 및 해발고도 ±3m의 좌표 정확성을 가져야 함 · CBSD 좌표정보는 해당 기기의 전원 인가 시 첫 번째 동작 시점에서 SAS에 전달되어야 함 · CBSD 위치변화로 좌표 정확도 기준이 초과될 경우 60초 이내에 변경된 위치좌표를 SAS에 보고해야 함
SAS 등록	CBSD는 초기 서비스 전송 전 SAS에 등록 및 허가를 받아야 함 · (SAS 등록정보) CBSD는 SAS에 등록 시 해당 기기의 지리적 위치, 안테나 높이, CBSD 범주(A 또는 B), 요청 허가상태(PA 또는 GAA), FCC ID, 사용자 접속정보, 공중 인터페이스 기술, 생산자 번호, 센싱 기능(지원 시)에 대한 정보를 전달해야 함 · 상기 정보내용 변경 시 CBSD는 60초 이내에 업데이트를 수행해야 함 · CBSD는 SAS 요구 시 전송을 중단하거나 운용 주파수 범위를 60초 이내에 변경해야 함
신호레벨 보고	CBSD는 점유 주파수 및 인접 주파수에서의 수신신호 강도, 패킷에러비율, 기타 간섭과 연관된 표준지표 값에 대해 SAS에 보고해야 함 · 해당 CBSD와 연계된 종단기기에 대한 상기 정보 또한 SAS에 보고해야 함
기타	CBSD 및 종단기기에 의한 항공(통신) 운용은 금지됨

용되며, 동종 GAA 사용자로부터 발생 가능한 간섭에 대해서는 보호받지 못한다. 단 PAL에 대한 간섭보호는 필요하며, PAL로부터 발생 가능한 간섭의 영향을 수용해야 한다.

5. 기술적 규칙(Subpart E)

1. CBSD 일반적 요구사항(섹션 96.39)

〈표 5〉는 모든 CBSD에 적용될 수 있는 주요 기술적 요구사항을 보여주고 있다.

가. 일반적 무선접속 요구사항(섹션 96.41)

본 섹션에서는 CBSD와 해당 CBSD와 연결된 종단기기 운용에 대한 요구사항을 나타내고 있다.

먼저 CBRs에 대한 변조방식은 디지털 변조를 이용하도록 요구하고 있으며, 방사전력에 대한 제한치는 다음의 〈표 6〉과 같이 나타내었다.

표 6. CBSD 및 종단기기의 최대 방사전력 제한치

기기종류	서비스 영역	최대 전달출력전력 (dBm/10MHz)	최대 방사전력 (EIRP)	최대전달 전력스펙트럼 밀도 (dBm/MHz)
종단기기	모든지역	-	23	-
범주 A CBSD	모든지역	24	30	14
범주 B CBSD	시골이 아닌 지역	24	40	14
범주 B CBSD	시골지역	30	47	20

CBSD는 전송전력제어 및 SAS 요구 시 수행 가능한 최대 전송가능 방사전력과 연계 종단기기에 대한 전력제어가 가능한 기술적 기능이 지원 되어야 한다. 또한 종단기기도 이와 연계된 CBSD의 요구에 의해 최대 방사전력을 제어할 수 있는 기능이 탑재되어야 한다.

수신신호강도 제한의 경우, PA 및 GAA 사용자가 동일채널 PA 면허권자의 서비스 영역 경계 상에서 누적된 수신신호강도를 기반으로 CBSD 전송전력 크기가 관리된다. 이를 기반으로 평균 전송전력은 10MHz 크기의 참조 대역폭 및 측정 안테나가 지상고 1.5m 높이일 때를 기준으로 -80dBm을 초과하면 안 된다. 또한 SAS에 의해 CBSD에 할당된 채널 및 주파수의 인접채널 방사전력 제한치는 -13dBm/MHz를 초과하면 안됨을 명시하였다.

나. 범주 A 범주 B CBSD, 종단기기의 부가적인 요구사항
범주 A CBSD가 6m 이상의 안테나 높이를 가질 경우에는 실

외 환경에서 동작이 불가능 하며, 6m를 초과할 경우 범주 B CBSD 동작 요구사항을 준수해야 한다. 즉, 범주 B CBSD는 실외 환경에서만 동작 및 서비스가 가능하다.

범주 B CBSD가 SAS에 등록될 경우에는 본 전파규칙의 섹션 96.39에서 요구하는 모든 정보 이외에도 안테나 이득 및 빔폭, 방위각, 안테나 높이도 기기 등록을 위해 SAS에 전달되어야 한다.

종단기기의 경우, CBSD에 의해 수신된 허가 신호에 대한 수신 및 복조가 가능해야 하며, 이 때 종단기기 동작을 위한 주파수 정보 및 전송전력 제한치가 같이 포함된다. 종단기기는 연속적인 동작이 불가능하며, 해당 종단기기와 연계된 CBSD로부터의 요구사항인 동작전력 크기 및 주파수 변경과 같은 정보를 10초 이내에 적용 가능해야 한다.

6. 스펙트럼접속시스템(Subpart F)

CBSD에 대한 대부분의 운용 및 제어를 위해 필수적 요소인 SAS는 기본적으로 CBSD 서비스 위치에서의 허용가능 채널 또는 주파수 범위, 최대 허용가능 전송전력 레벨에 대한 결정 및 관련 정보를 제공하는 역할을 주도적으로 수행하게 된다. 또한 CBSD에 대한 식별 및 위치정보에 대한 등록, 허가를 비롯하여 배타적 구역 및 보호구역에 대한 정보를 유지해야 한다.

CBSD 운용을 위해서는 무엇보다도 연방 및 비 연방 주사용자에 대한 간섭보호가 우선이며, 이를 위해 SAS는 연방 주사용자의 전송 정보 수집을 위해 ESC와의 정보교환을 수행한다. SAS는 ESC로부터 전달된 연방 시스템 정보를 기반으로 CBSD에 의한 여타 주파수로의 이동 또는 전송을 제한할 수 있는 기능을 수행한다.

SAS의 수집 및 보유정보는 본 전파규칙의 섹션 96.55에서 제시한 정보 및 CBSD 등록정보와 함께 보호되어야 하는 고정형 위성 우주 지상국의 위치 및 배치정보, 연방 주사용자의 배타적 및 보호구역 정보도 포함되어야 한다.

주파수 할당 측면에서도 SAS는 CBSD에 의해 전달되는 정보를 기반으로 가용 채널 및 주파수 범위를 결정하는 역할을 수행하며, CBSD에 의해 제공되는 정보는 기기 위치정보를 비롯한 허가상태, 주변에 존재하는 CBSD에 대한 운용 파라미터 정보, ESC나 여타 SAS에 의해 전달되는 정보를 포함한다.

7. 환경센싱능력(Subpart G)

CBSD의 적합한 운용을 위해서는 SAS와 더불어 전파환경 감지 능력을 갖는 ESC 시스템 구축이 필요하다. ESC는 스펙트럼 센싱과 같은 기능 구현을 통하여 운용되며, CBRs와 연방 주사용자와의 공존을 위해서는 반드시 필요한 구성 요소이다. ESC는 연방통신위원회의 승인 이후 운용이 가능하며, 연방통신위

원회에 의해 운용 및 폐지, 수정, 조건부 승인이 부여될 수 있다. ESC의 주요 요구사항은 다음과 같다.

ESC는 기본적으로 3,550~3,700MHz 대역 및 인접 주파수를 이용하는 연방 시스템 발생 신호를 정확하게 감지해야 하며, 수집된 연방 주사용자 신호감지 정보를 단일 또는 복수의 승인된 SAS에 전달해야 한다. 이 때 ESC가 효과적으로 운용하는데 있어 필요하지 않은 군 통신 또는 여타 보안에 민감할 수 있는 연방 DB 및 시스템에 접속하지 않음을 보장해야 한다. 부득이 상기 민감한 정보에 대한 수집 시에는 해당 정보를 저장 및 유지, 공개가 금지된다.

또한 ESC 기기가 연방 주사용자의 전송에 대한 정확한 감지를 위하여 배타적 구역 및 보호구역 인근에 구축되어야 함을 명시하였다.

IV. Model City 프로그램

미국의 'Model City' 프로그램은 2014년 4월에 FCC와 NTIA 공동 명의로 추진계획이 발표된 바 있으며, 현재까지 개발되어 온 다양한 주파수 공동사용 기술에 대한 실제 도심환경에서의 적용 가능성 타진을 위해 제안되었다[13][14]. 특히 미국 내 주요 도시에서의 주파수 공동사용 기술에 대한 다양하고 신속한 실험추진 및 이를 통한 정책개발에 주요 목적이 있다.

'Model City' 프로그램은 2012년 7월 PCAST의 미국 내 주요 도시에서의 주파수 공동사용 기술의 현실화를 위한 시범도시 추진 권고로부터 시작되었다고 볼 수 있다. 이를 기반으로 2014년 6월에는 NTIA와 FCC 공동으로 'Model City' 프로그램 추진계획을 발표하였으며, 올해 4월 'Model city' 구축 및 재원 조달, 활성화와 실행방안, 주파수 공동사용 평가 방법 등의 협의를 위한 산학연관의 공동 워크숍을 개최하였다[21]. 본 워크숍에서는 'Model City'의 개념 및 추진범위, 공공과 민간의 협력방안(PPP, Public/Private Partnership), 최신 주파수 공동사용 기술, 'Model City' 관리 방안(펀딩 등) 및 기술 등에 대한 논의를 이틀에 걸쳐 심층적으로 논의하였다.

주요 참석기관의 의견으로는 AT&T에서 기존 배타적 기반의 면허 스펙트럼을 대체할 만한 주파수 자원이 없다고 판단하고, 이러한 이유로 다양한 1차 사용자들에 대한 주파수 공동 사용 기술 테스트의 필요성을 언급한 바 있으며, Nokia Networks는 실효성 있는 채널전달 모델 확인 및 주파수 공동사용 실효성 확인 관점에서 'Model City' 프로그램이 많은 도움을 줄 것이라고 주장한 바 있다. 이 외에도 Wireless Innovation Forum 등에서 주파수 공동사용의 성공을 위해 요구되는 '혁신적' 기

End-to-End Architecture for 3.5 GHz

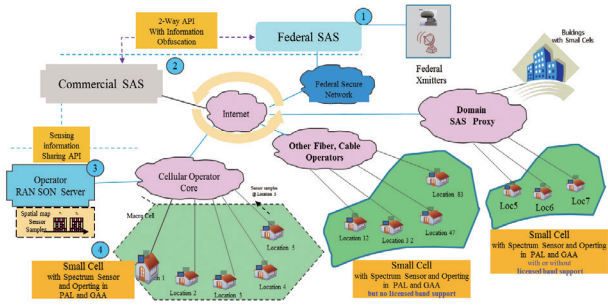


그림 3. 알카텔루슨트의 3.5GHz 대역 SAS 운용체계(안)

술을 제안한 바 있으며, 지자체 등에서 주파수 공동사용 기술이 적용될 수 있는 몇 가지의 응용 서비스 모델을 제안하였다. <그림 3>은 알카텔루슨트가 본 워크숍에서 제안한 3.5GHz 대역에서의 CBRS 운용 개요도를 보여주고 있다.

<그림 3>은 CBSD의 상업적 서비스 전개를 위한 SAS 연계형 면허 또는 비면허 주파수 대역을 이용하는 스몰셀 기반의 주파수 공동사용 처리 체계를 보여주고 있다.

V. 결론

본고에서는 미국 및 유럽을 비롯하여 국내에서 진행되고 있는 주파수 공동사용 정책 추진에 대한 주요 현황을 소개하였다. 특히 주파수 공동사용 기술 도입에 있어 가장 적극적인 행보를 보여주고 있는 미국의 3.5GHz 대역 주파수 공동사용을 위한 신규 연방규정인 Part 96에 대해 중점적으로 소개하였다.

주파수 공동사용은 산업경제 기여측면에서 다양한 신규 모바일 생태계와 고부가 시장개척이 가능하다고 보고된 바 있으며, 주파수 회수 및 재배치에 따른 경제적 비용절감, 획기적인 주파수 이전기간 축소가 가능하다고 예측된 바 있다. 경제적 효과에 대한 분석 결과로 Plume 컨설팅에서 발간한 GSMA 보고서에서는 400MHz 주파수 공동사용 시 2020년까지 약 8,000억 유로(한화 약 1,200조원) 상당의 경제적 창출효과를 예측하였으며, 주파수 공동사용의 활성화로 인해 2018년~2030년 동안 86억 유로의 국가적 수익을 전망한 바 있다[22].

본 고에서 소개하였듯이 주요 선진국들은 더욱 심화되고 있는 주파수 확보경쟁 및 주파수 자원의 천문학적인 경제적 가치를 인지하고 수 년 전부터 정부 중심의 적극적인 주파수 공동사용 정책 및 기술개발을 추진하고 있는 추세이다. 국내 또한 신규 주파수 확보경쟁이 가속화되고 있는 현실을 감안할 때, 주파수 공동사용의 국내 도입을 위한 산학연관 중심의 중장기적인

정책적, 기술적 실현방안 연구가 필요한 시점이라 판단된다.

참고 문헌

- [1] FCC 14-49, "Further Notice of Proposed Rulemaking," April 2014.
- [2] FCC 15-47, "Report and Order and Second Further Notice of Proposed Rulemaking," April 2015.
- [3] Qualcomm, "Authorized shared access: An evolutionary spectrum access for sustainable economic growth and consumer benefit," presentation at the WG FM-17, May 2011.
- [4] E. Faussurier, "Licensed Shared Access (LSA): regulatory aspects," September 2013.
- [5] CEPT ECC, "Licensed Shared Access(LSA)," ECC Report 205, February 2014.
- [6] ETSI, "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters(ERM); System Reference document(S-Rdoc); frequency band under Licensed Shared Access regime," ETSI TR 103 113 v1.1.1, July 2013.
- [7] W. Cardoso, "LSA-Technology architecture, standardization and regulatory update," May 2014.
- [8] M. Gundlach, "Overview of LSA activities in ETSI," EUCNC 2014, June 2014.
- [9] 미래창조과학부, "무선데이터 트래픽 통계(15.7월말 기준)," 2015년 8월.
- [10] PCAST, "Realizing the Full Potential of Government-held Spectrum to Spur Economic Growth," Report to the President, July 2012.
- [11] <https://www.fcc.gov/national-broadband-plan>
- [12] NTIA, "Second Interim Progress Report on the Ten-Year Plan and Timetable," NTIA Progress Report, October 2011.
- [13] Official FCC Blog, "Creating a "Model City to test spectrum sharing technologies," July 2014.
- [14] FCC, "MODEL CITY FOR DEMONSTRATING AND EVALUATING ADVANCED SHARING TECHNOLOGIES," NTIA & FCC Joint Public Notice, July 2014.
- [15] ECO, "WAPECS : FLEXIBILITY vs. HARMONISATION Towards increasing the flexibility of spectrum use in Europe," CEPT Workshop 2011, February 2011.
- [16] <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/radio-spectrum-policy-program-roadmap-wireless-europe>
- [17] 방송통신위원회, "모바일 광대역 플랜 추진을 위한 주파수 정책방향," The 22nd High-Speed Network Workshop 2012, 2012년 1월.
- [18] 미래창조과학부, "미래부, "모바일 광대역 플랜 2.0"확정," 미래창조과학부 보도자료, 2013년 12월.
- [19] 미래창조과학부방송통신위원장, "전파법 일부개정법률안(대안)," 의안번호 13292, 2014년 12월.
- [20] 미래창조과학부, "미래창조과학부, 정보통신기술(ICT) 산업 활성화를 위한 용도자유대역 주파수 8GHz폭 추가 공급," 미래창조과학부 보도자료, 2015년 6월.
- [21] <https://www.fcc.gov/events/fcc-and-ntia-announce-workshop-model-city-program>
- [22] Deloitte and GSMA, "The Impact of Licensed Shared Use of Spectrum," A Report for the GSM Association, January 2014.
- [23] FCC 12-148, NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING AND ORDER, December 12, 2012
- [24] United States Department of Commerce, "An Assessment of the Near-Term Viability of Accommodating Wireless Broadband Systems in the 1675-1710MHz, 1755-1780MHz, 3500-3650MHz, and 4200-4220MHz, 4380-4400MHz Bands," October 2010.
- [25] Ofcom, "The future role of spectrum sharing for mobile and wireless data services-Licensed sharing, Wi-Fi, and dynamic spectrum access," August 2013.

Acknowledgement

본 연구는 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
[No. 20131010501720]

약 력



이 원 철

1986년 서강대학교 전자공학과 공학사
 1988년 연세대학교 전자공학과 공학석사
 1994년 Polytechnic Institute of New York University 공학박사
 2009년~현재 송실대학교 산학협력단 단장
 2015년~현재 미래창조과학부 TVWS 기기 적합성평가 시험방법 및 TVWS DB 접속 프로토콜 국가표준 연구반 연구반장
 2015년~현재 미래창조과학부 주파수공동사용연구반 및 5GHz 비면허 주파수 연구반 연구반장
 1995년~현재 송실대학교 전자정보공학부 교수
 관심분야: Cognitive Radio, 주파수 공동사용, TVWS 시스템, 간섭분석, 이동통신시스템, 적응 빔형성 기법, 디지털 필터



최 주 평

1999년 안양대학교 정보통신공학과 공학사
 2001년 송실대학교 정보통신공학과 공학석사
 2010년 송실대학교 정보통신공학과 공학박사
 2003년~2006년 새턴정보통신(주) 전기정보사업부 책임연구원
 2013년 한국전파진흥협회 기술지원부 차장
 2014년~현재 미래창조과학부 주파수공동사용연구반 위원
 2010년~현재 송실대학교 인지무선통신연구소 연구교수
 관심분야: 주파수 공동사용, Cognitive Radio, TVWS DB, 간섭분석, 배열 안테나 신호처리 빔형성 기법