주파수 공동사용 정책 및 주파수 이용권 분석

Analysis of Spectrum Sharing Policy and Spectrum Usage Rights

김창주 · 강영흥* · 계경문** · 김영수*** · 박덕규**** ·
박석지***** · 배정기***** · 윤현보*****

Chang-Joo Kim · Young-Heung Kang* · Kyung-Moon Kye** · Young Soo Kim*** ·
Duk-Kyu Park**** · Seokji Park***** · Jung-kee Bae***** · Hyun-Bo Yoon*****

요 약

본 논문에서는 전파기술의 발달에 따른 전파 정책의 변화를 분석한다. 특히 주파수 공동사용 기술 및 정책의 분석을 통하여 관련 전파법에 누락되어 있는 주파수 공동사용에 대한 정의를 제정하고, 면허권에 따른 주파수 공동사용을 분석한다. 또한, 대가 할당에 의한 배타적 주파수 이용권만을 규정한 전파법의 주파수 이용권의 범위를 주파수 할당, 지정, 사용승인으로 확대하고, 전파법 체계를 개정할 것을 제안한다.

Abstract

In this paper, we analyze the paradigm shift of radio policy with the development of radio technology. In particular, we propose the definition of spectrum sharing, which is now omitted in the Korean radio law, and analyze the category of spectrum sharing depending on the licensing regime. Also we propose to extend the spectrum usage right, which defines only exclusive usage rights by spectrum auction in the Korean radio law, to all the stations which use radio spectrum and to restructure the Korean radio law.

Key words : Spectrum Sharing Policy, Spectrum Usage Rights

I. 서 론

전파자원은 국가의 소중한 무형자산으로서, 무선 통신의 발전과 함께 자원의 가치가 더욱 커지고 있다. 과거에는 석유, 철강, 가스 및 석탄 등이 국가의 중요한 자원이었으나, 21세기의 정보화 사회에서는

전파자원도 그에 못지않게 소중한 자산으로 인식되고 있다. 특히 전파자원은 국가의 경제발전은 물론 안보나 공공 안전, 재난 구조, 그리고 새로운 과학기술의 탐구 등 그 응용 분야가 매우 다양하여 미국, 영국 등 선진국에서는 이를 체계적이고, 효율적으로 이용하기 위하여 자국의 전파 정책 방향을 설정하

「본 연구는 방송통신위원회 “주파수 이용효율 확대를 위한 공유대역 발굴 및 활용방안 연구(2012-020)” 과제로 수행되었음.」

한국전자통신연구원(Spectrum Engineering Lab., ETRI)

*군산대학교 정보통신공학부(Department of Information Communication Engineering, Kunsan National University)

**한국의외국어대학교 법학전문대학원(Law School, Hankuk University of Foreign Studies)

***경희대학교 전자전파공학과(Department of Electronic and Radio Engineering, Kyung Hee University)

****목원대학교 정보통신공학부(Department of Information Communication Engineering, Mokwon University)

*****한국전자통신연구원 창의미래연구소(Creative Future Research Lab., ETRI)

***** (주)스펙트럼통신기술(Spectrum Co., Ltd.)

***** 동국대학교 전자공학과(Department of Electronics Engineering, Dongguk University)

· Manuscript received May 28, 2013 ; Revised June 12, 2013 ; Accepted June 19, 2013. (ID No. 20130528-01S)

· Corresponding Author : Chang-Joo Kim (e-mail : cjkim@etri.re.kr)

고, 이를 기반으로 관련 정책 및 기술 개발을 적극적으로 추진하고 있다^{[1]~[3]}.

최근 들어 스마트 사회의 도래와 함께 이동 통신을 중심으로 주파수 수요가 폭증함과 동시에 다양한 분야에서 주파수에 대한 요구가 급증하고 있으나, 주파수 자원은 한정되어 있어 수요 공급을 맞추기가 어려운 상황이다. 이는 미국의 Cisco Systems, Coda Research, Yankee Group에서 예측한 그림 1에서 보는 바와 같이 무선 트래픽은 2014년도에는 2009년에 비하여 약 20배에서 50배 정도 늘어날 것으로 예측되고 있으며^[4], 최근의 스마트폰, 스마트패드, 클라우드 컴퓨팅(cloud computing) 등의 등장을 본격적으로 고려할 경우, 이보다 크게 늘어날 것으로 예측된다. 또한, 이들 트래픽의 서비스 별 구성은 모바일 비디오가 전체의 66 %를 차지하고, 그 다음으로 모바일 웹/데이터 17 %, 모바일 P2P 8 %, 모바일 게임이 5 %, 모바일 VoIP 4 %로서, 비디오트래픽이 주류를 이룰 것으로 예측되고 있다^[4].

그러나 무선 트래픽은 상기 언급한 바와 같이 기하급수적으로 증가하는데 비하여, 전파의 이용률은 그림 2에서 나타난 바와 같이 전파의 이용률이 가장 많은 뉴욕시의 경우에도 UHF 주파수의 이용률이 약 15 % 이하로 보고되고 있다^[5].

특히 European Commission의 측정 결과는 미국보다 낮은 8 % 정도이다. 그림 3은 체코의 Bmo 지역에서 측정한 주파수 이용 현황이다^[6]. FM 라디오 방송이나 이동 통신주파수의 이용률은 매우 높으나, 나

그림 2. FCC의 주파수 이용량 측정 결과

Fig. 2. Measurements of spectrum occupancy by FCC.

그림 3. EU의 주파수 이용량 측정 결과

Fig. 3. Measurements of spectrum occupancy by European commission.

머지 무선통신기기의 이용률이 매우 낮은 것을 알 수 있다.

이와 같이 급증하는 무선 트래픽과 저조한 주파수 이용률에 대응하여 부족한 주파수 자원의 효율적인 이용을 위하여 세계 각국에서는 주파수 공동 사용에 대한 연구와 기술 개발을 활발하게 진행하고

그림 1. 모바일 트래픽 예측

Fig. 1. Prediction of mobile traffic.

있다. 그 결과, 미국의 FCC에서는 TV 대역의 유휴 대역인 TVWS(TV white space), 3.65~3.70 GHz, 그리고 5 GHz 대역 등의 공동사용과 관련하여 규정을 공표하였다^{[7]~[12]}.

국내의 경우에는 아직 본격적인 주파수 공동사용에 대한 정책이 발표되고 있지 않으나, 이미 스마트폰이 본격적으로 공급되면서 무선비디오 트래픽이 급증하고 있어 주파수 자원의 이용효율 증가를 위해서는 주파수 공동 사용(spectrum sharing) 기술을 활용하여 소중한 주파수 자원의 이용 효율을 향상시켜야 한다. 물론 주파수 이용효율을 향상시키기 위하여 기존에 정책적으로 고려되고 있는 회수 및 재배치방법도 좋은 방법이 될 수 있으나, 이 방법은 기존에 사용하던 장비를 새로운 대역으로 이전시키는데 많은 시간과 비용이 발생하고 있어 단기적으로 급증하는 무선트래픽을 해소하는 데는 한계가 있기 때문에 장기적 관점에서 추진하여야 한다. 따라서 단기적인 관점에서 볼 때 주파수 이용효율을 증대하는 방법으로서 주파수 공동사용을 적극 확대할 필요가 있다.

제Ⅱ장에서는 주파수 공동 사용 정책을 도입함에 있어 우선적으로 요구되는 주파수 공동사용에 관한 개념을 정의하고, 면허권에 따른 주파수 공동 사용을 분석한다. 제Ⅲ장에서는 주파수 공동사용에 따른 주파수 이용권에 대하여 기술하고, 제Ⅳ장에서는 전파법에 규정된 주파수 공동 사용 및 이용권, 그리고 주파수 할당 체계에 대하여 분석하고, 이러한 분석 결과를 토대로 정책을 제안한다.

Ⅱ. 주파수 공동사용 기술 및 정책

2-1 주파수 공동사용 개요

주파수 공동 사용 기술은 한정된 주파수 자원의 이용효율을 높이기 위하여 동일 주파수를 지역적, 시간적, 그리고 공간적으로 재사용하는 것을 의미한다. 그림 4(a)와 같이 주파수 재사용 지역의 거리를 충분히 이격하여 장치들 간에 간섭 없이 지역적으로 동일 주파수를 재활용할 수 있다. 또한, 그림 4(b)와 같이 PU(Primary User)가 사용하지 않는 시간에 SU(Secondary User)가 사용함으로써 시간적으로 주파수를 공동 사용할 수 있다. 한편, 위성과 지상 혹은 지

(a) 지역적 공동 사용
(a) Regional sharing

(b) 시간적 공동 사용
(b) Time sharing

(c) 공간적 공동 사용
(c) Spatial sharing

그림 4. 주파수 공동 사용 방법

Fig. 4. Spectrum sharing methods.

상과 지상 간에서 지향성 안테나 등을 이용해서 같은 지역 내에서 공간적으로 사용 영역을 구분해서 공동 사용한다^[1].

2-1-1 지역적 재사용

그림 5는 IEEE 802.22 WRAN(Wireless Regional Area Network)에서 TV 신호를 보호하면서 WRAN service를 제공하기 위한 개념도이다. 이 그림에서 나타낸 바와 같이 TV grade B service(field strength: 41 dBm)를 기준으로 Primary Service Area를 정한 다음, 이를 보호하기 위한 보호구역을 설정하였다. 보호구역의 설정 기준은 TV grade B service level, WRAN CPE

그림 5. WRAN에서 지역적 주파수 재사용 개념
Fig. 5. Concept of regional frequency reuse in W-RAN.

(Customer Premise Equipment)의 출력 및 안테나 빔 패턴을 고려하여 정한다. 예를 들어 DTV 송신 신호의 출력을 1 MW로 가정하고, grade B service F(50, 90) model을 적용하면 DTV service의 반경은 134.2 km가 된다. 여기에 DTV의 D/U ratio 23 dB, WRAN의 특성 (CPE 4 W 출력, 안테나 FBR(Front-Back Ratio 14 dB)를 반영하면 아래의 산식에 의하여 보호 거리는 16.1 km가 된다. 따라서 DTV 송신기를 기준으로 150.3 km 밖에서 해당 주파수를 재사용할 수 있다^[13].

2-1-2 시간적 재사용

그림 6은 5 GHz 대역의 기상 레이더와 DFS(Dynamic Frequency Selection) 기능을 가지는 WLAN이 시간적으로 동일 주파수를 재사용하는 예이다. 여기에서 2차 사용자인 WLAN AP(Access Point)는 최소한의 채널 체크 시간인 CAC(Channel Availability Check) time 시간 동안 채널이 비어 있는지를 체크하고, 비어 있는 경우 이 채널을 사용한다. 해당 채널을 사용하는 중에도 잠정적인 레이더 신호의 출현에 대비하여 in-service monitoring을 수행하여 레이더 신호가 나타나면 WLAN AP는 물론 AP와 접속하는 모든 장치도 해당 채널에 대한 사용을 중지하고, 다른 채널로 옮겨서 통신을 하여야 한다. 레이더 신호가 나타난 채널은 non-occupancy period를 경과한 후에 사용 여부를 체크할 수 있다^[12].

표 1은 DFS 요구사항으로 off-channel CAC 기능이 있는 시스템(EN 301 893 V1.5.1)과 off-channel CAC 기능이 없는 시스템(EN 301 893 V1.4.1)의 차이점을 설명한다^[12]. Off-channel CAC 기능이 있으면 사용하고 있는 채널에 레이더 신호가 나타나는 경우, 바로 다른 채널로 옮길 수 있는 장점이 있는 반면에, 이 기능이 없으면 순차적으로 CAC를 만족하는 채널을 새로 찾아서 사용하여야 하므로 끊임없는 통신이 불가능한 단점이 있다.

그림 6. Radar와 DFS WLAN의 공존 절차
Fig. 6. Coexistence procedure between radar and DFS WLAN.

표 1. 레이더와 DFS-WLAN 간의 공존 파라메타

Table 1. Coexistence parameters between radar and DFS-WLAN.

Parameter	EN 301 893 V1.4.1	EN 301 893 V1.5.1
Minimum Channel Availability Check Time (CAC Time)	60s	60s outside 5600-5650 MHz 10 minutes for 5600-5650 MHz sub-band
Off-channel channel availability check time	Off-channel CAC not implemented in this standard	-Up to 4 hours outside 5600-5650 MHz -Up to 24 hours for 5600-5650 MHz sub-band
Channel Move Time	10s (maximum) 260 ms (maximum)	10s (maximum) 1s (maximum)
Interference Detection Threshold	200 mW 이상: -64 dBm Transmit Power 200 mW 미만: -62 dBm	DFS Detection Threshold(dBm)=-62+10·EIRP(dBm/MHz) + G(dB)
Non-occupancy period	30 minutes (minimum)	30 minutes (minimum)

2-1-3 공간적 재사용

공간적 공동사용은 위성시스템과 지상시스템 간의 공동사용 또는 그림 4(c)에 나타난 바와 같이 M/W 통신시스템과 지상시스템 간 공동 사용 등의 예가 있다. 지역적으로 같은 공간이지만, 지향성 안테나를 사용하여 두 서비스 간에 간섭이 발생하지 않는 범위 내에서 공동 사용한다. 그림 7은 위성과 IMT-2000 시스템 간에 주파수를 공동으로 사용하는 예를 보여준다. IMT-2000 시스템이 위성시스템에 간섭을 주지 않기 위하여 위성안테나가 있는 방향에 있는 섹터를 사용하지 않음으로써 두 시스템이 공존한다.

2-2 주파수 공동사용과 Spectrum Access Model

주파수 자원을 공동 사용하기 위해서는 그림 8에 도시한 바와 같은 spectrum access model을 사용한다

그림 7. 위성시스템과 지상시스템의 공존 예제

Fig. 7. Coexistence between satellite and terrestrial system.

그림 8. 스펙트럼 접근 모델

Fig. 8. Spectrum access model.

[14]. 해당 대역에서 우선 순위가 가장 높은 PU가 존재하고, PU가 사용하지 않는 시간이나 장소에서 SU가 해당 채널을 사용한다. 한편, PU와 SU가 모두 사용하지 않는 경우에 면허없이 사용하는 장치(unlicensed equipment)가 사용할 수 있다. 그림 8은 일반적인 모델이고, 배타적으로 이용하여야 하는 항공기나 주요 안전시설에서 사용하는 대역은 1차 사용자만이 존재한다. 그러나 2차 공동사용 면허를 주거나 면허 없이 2차 공동 사용하는 경우에는 두 계층이 존재하고, 1차 사용자와 2차 사용자가 있으면서 개방형을 허용하는 경우에는 3가지 계층의 사용자가 존재한다. 이 때 2차 사용자는 1차 사용자에게 간섭을 주지 말아야 하고, 개방형 이용자는 1차 및 2차 사용자에게 간섭을 주지 말아야 한다.

2-3 면허권에 따른 공동사용 분류

주파수 이용권은 표 2에 정리한 바와 같이 면허를 받고 개별적으로 사용하는 individual authorization, 면허 없이 누구나 사용하는 general authorization, 그리고 다수의 사용자가 면허없이 사용하지만, 간섭을

표 2. 면허권에 따른 주파수 이용

Table 2. Spectrum use by licensing regime.

면허	주파수 이용권	이용권 형태	예제
		배타적 (Exclusive)	이동통신, TRS
면허 필요 (Licensed, Individual Authorization)	1차 이용권	1차 공동사용 면허 (Shared Primary Access, Co-Primary)	WAPECS TV 방송국 PLMR(미국, Ch.14-20) Exclusion Zone
	2차 이용권	2차 공동사용 면허 (Shared Secondary Access)	ASA (Authorized Shared Access)
Light Licensing	FCFS	1차 공동사용 간이면허	Maritime VHF, Amateur
	FCFS	2차 공동사용 간이면허	3.65 GHz WiMAX(16h) & Wi-Fi(11y) GPR, WPR, IEEE WRAN
면허 불요 (Unlicensed, License-Exempt, General Authorization)	개방형 이용권	면허불요 2차 공동사용 (Horizontal Shared Secondary Access)	Unlicensed TVBD DFS Wi-Fi UWB
		면허불요 1차 공동사용 (Horizontal Shared Access)	FACS, MICS, RFID

그림 9. 배타적 존 설정에 의한 공동 사용
Fig. 9. Spectrum sharing by exclusion zone.

줄이기 위한 light licensing으로 분류된다^[1].

2-3-1 1차 공동사용 면허

1차 공동사용 면허는 지역이나 공간적 공동 사용을 전제로 복수의 이용자에게 1차 주파수 이용권을 주는 것이다. 그림 9는 exclusion zone을 사용하여 지역을 나누어 1차 사용권을 주는 예이다. 지상에서 사용하는 3.55 GHz 대역의 radar 신호 영역에 exclusion zone을 설정하여 레이더가 사용하고, 이 지역 밖에서는 다른 서비스를 허가한다^[15].

유럽에서는 주파수 이용효율을 높이고자 WAPES(Wireless Access Policy for Electronic Communication Service) 개념을 정의하고, 1차 사용자 간에 공동 대역을 설정하고, traffic에 따라 가변적으로 주파수를 사용하는 개념을 연구하고 있다.

2-3-2 2차 공동사용 면허

2차 공동사용 면허는 1차 사용자가 있으나, 지역이나 공간, 또는 시간적으로 이용률이 낮은 경우에 2차 이용권자를 정하는 것이다. 이는 미국의 Qualcomm사와 핀란드의 Nokia사가 공동으로 제안한 개념으로 EU에서는 적극 검토되고 있으나, 아직 채택되지는 않고 있다^[16].

그림 10에 나타난 바와 같이 기존의 통신사업자가 통신망을 구축한 지역에서는 기존 사업자의 망을 이용하되 기존 망이 설치되지 않은 영역에서 ASA 사업자는 다른 주파수(2차 주파수 이용권)로 망을 구축하여 가입자에게 서비스를 제공한다. 따라서

그림 10. ASA 개념
Fig. 10. Concept of ASA.

ASA 단말기는 기존 사업자의 망과 ASA 망을 접속하는 기능과 스펙트럼 센싱(spectrum sensing) 기능을 갖추어야 한다.

2-3-3 Light Licensing에서의 주파수 공동사용

Light licensing은 그림 11에 나타난 바와 같이 다수의 사용자가 해당 대역을 사용하되, 서비스에 따라 해당 채널의 사용에 대한 등록이나 신호를 통해서 간섭을 조정하거나 출력이 낮은 경우에는 unlicensed 장치처럼 사용하기도 한다^[17]. 그림 11에 나타난 바와 같이 아마추어 무선(amateur radio)나 해상에서의 VHF 통신, 그리고 GPR(Ground Penetrating Radar)와 WPR(Wall Penetrating Radar)가 이에 해당된다.

한편, 미국에서 최근 활발히 표준화 및 연구를 수행한 IEEE802.22 WRAN 표준도 여기에 해당된다. 이 표준은 TV 주파수 대역의 전파특성이 매우 우수함에 반하여, 이 채널 중에서 사용하지 않고 있는 채널이 많아서, 이 주파수를 활용하여 사용되지 않는 TV 대역에서 무선 인터넷서비스를 제공하기 위한 표준이다. WRAN(Wireless Regional Area Network) 서비스 coverage는 5~40 km이고, WRAN system에서 목표로 하는 지역의 인구밀도는 1.25명/km² 정도의 시골 지역이다.

2-3-4 면허불요 주파수 공동사용

면허불요 주파수 공동 사용은 면허불요 1차 공동 사용과 면허불요 2차 공동사용으로 분류된다. 면허불요 1차 공동 사용은 기존의 spectrum commons 대역으로 60 GHz 대역의 FACS(Flexible Access Common

그림 11. 면허권에 따른 공동사용 분류

Fig. 11. Classification of spectrum sharing by licensing regime.

Spectrum)이나 MICS, 그리고 RFID 주파수가 이에 해당된다.

면허불요 2차 공동 사용은 1차 사용자가 있는 환경에서 2차 사용하는 것으로 spectrum overlay와 spectrum underlay가 이에 해당된다.

Spectrum overlay 기술은 PU가 사용하지 않는 지역이나 시간에 PU에 간섭을 주지 않고 사용하는 기술로 CR 기술이 대표적이다. 미국 상무성 산하의 NTIA(National Telecommunications and Information Administration)에서는 CR 기술을 “전파환경을 측정, 이로부터 무선기기의 동작 파라미터를 자동으로 조정함으로써 system operation을 변경하는 기술”로 정의하고 있다. 여기에서 system operation은 전송효율의 향상, 간섭경감, 이종 시스템 간의 interoperability 향상, secondary market access 등을 일컫는다. 이 중에서 주파수 자원의 효율적 이용에 관한 응용은 secondary market access이다. 이를 위해서는 앞서 언급한 바와 같이 1차 이용자가 사용하지 않는 주파수를 찾아서 비어 있는 시간에만 이 주파수를 이용하는 dynamic spectrum access 기술이 필요하다.

따라서 CR 통신 기기는 그림 12에 보인 바와 같

이 주변의 전파환경을 센싱하여 정부의 정책, 위치 정보, 채널의 상태 변화 등의 정보를 토대로 채널을 관리한다. 채널관리는 현재 사용하는 동작 채널(operating channel), 백업 채널(backup channel), 후보 채널(candidate channel), 그리고 사용 불가 채널 등으로 분류하여 사용 중에 재밍(jamming)이나 PU 등의 사용하는 경우에는 backup channel로 전환하여 끊임없는 통신을 한다. 그리고 spectrum sensing 만으로 hidden node problem의 해결이 어려운 경우에는 white space database를 구축하여 spectrum sensing과 DB를 모두 활용하는 방안도 있다.

한편, spectrum underlay 기술은 PU에 영향을 주지 않는 낮은 전력, 즉 -41 dBm/MHz 이하의 전력을 사용하는 기술로, UWB가 대표적인 기술이다. UWB 기술은 반송파 주파수의 20 % 이상의 대역폭을 사용하여 통신을 하거나 또는 500 MHz 이상의 대역폭을 사용하여 통신하는 방식으로 사무실이나 가정 등 반경 10 m 이내의 근거리에서 초고속 무선전송이 가능한 WPAN(Wireless Personal Area Network) 기술 중의 하나이다. 사무실이나 가정에서 무선으로 고화질·비 압축 멀티미디어 데이터 정보를 전송하게 함

그림 12. CR 기기의 동작 개념도
Fig. 12. Concept diagram of CR equipments.

으로써 가전 기기의 배치는 물론 자료 전송의 편리함을 제공해 주기 때문에 가전 회사를 중심으로 많은 연구가 진행되었다. 동시에 미래 정보화 사회에서 가전기기, 이동 통신 단말기, PC 및 주변기기를 응용한 새로운 서비스를 창출할 것으로 기대되기 때문에 주요 회사들이 표준화 등에서 자기의 기술을 반영하기 위하여 치열한 경쟁을 벌인 기술이다.

UWB 주파수는 그림 13에 보인 바와 같이 3.1~10.6 GHz를 사용하는데, 기존의 전파이용자와 양립하기 위하여 최대 -41 dBm/MHz의 전력 레벨과 대역 외의 주파수에서 요구되는 spectrum mask를 준수하여야 한다. 특히 5 GHz 대역은 UNII 대역으로 WLAN 등이 사용되기 때문에, UWB 장비와 공간적으로 공유가 불가능하여 나라에 따라서는 사용을 제한하고 있다. 또한, 3~5 GHz 대역의 경우 유럽, 일본 및 우리나라에서는 4세대 이동 통신이나 이미 이 대역을 기존에 사용하는 방송 중계 장비와의 간섭을 고려하여 DAA(Detection And Avoidance) 기능을 보유하도록 명시하고 있다.

III. 주파수 이용권(Spectrum Usage Right)

주파수 이용권이란 2006년 영국의 Ofcom이 도입한 정책으로, 지정된 위치나 지역에서 허가된 규격으로 송수신을 할 수 있는 권리를 말한다^{[17]~[19]}. 주파

그림 13. UWB 장치의 방사 마스크
Fig. 13. Spectrum mask of the UWB equipment.

수 이용권자는 규정된 송신 규격에 따라 신호를 송신할 권리와 허용된 간섭 레벨 이하로 수신할 권리를 갖는다. 송신 관점에서는 주파수 이용권자는 허가된 규격 내에서 시스템 특성에 대한 변경을 허용하나, 주변의 타 무선기기에 미치는 간섭이 정해진 기준 이하이어야 한다.

3-1 SUR 도입 배경

그림 14는 오늘날 대부분의 주파수 할당 시에 사용하고 있는 간섭 관리 방법으로 정부가 주파수를 할당할 때 명령과 통제(command and control) 방식으로 서비스 및 기술 기준을 엄격히 규정하여 인접 주파수 사용자에게 유해한 간섭을 주지 않도록 관리하고 있다.

그림 14. 현재의 간섭 관리

Fig. 14. Existing interference management.

명령과 통제 방식을 사용하는 경우, F1과 F2가 인접한 경우 인접 주파수 간에 미치는 간섭은 그림 15에 도시한 바와 같다. 그림에서 F1의 신호는 F2의 관점에서 보면 OOB(Out Of Band) 간섭 신호이다. 따라서 F1 신호의 세기와 두 수신기 간의 이격 거리, 그리고 F2 주파수를 사용하는 수신기의 필터 특성에 따라 수신되는 간섭의 양이 결정된다. 반대로 F1 주

그림 15. 간섭의 형태

Fig. 15. Interference type.

파수를 사용하는 시스템의 관점에서 보면 F2 신호가 간섭원이 된다. 한편, F1의 주파수를 지역적으로 떨

Revised 700 MHz Band Plan for Commercial Services

Block	Frequencies (MHz)	Bandwidth	Pairing	Area Type	Licenses
A	698-704, 728-734	12 MHz	2 x 6 MHz	EA	176
B	704-710, 734-740	12 MHz	2 x 6 MHz	CMA	734
C	710-716, 740-746	12 MHz	2 x 6 MHz	CMA	734
D	716-722	6 MHz	unpaired	EAG	6
E	722-728	6 MHz	unpaired	EA	176
C	746-757, 776-787	22 MHz	2 x 11 MHz	REAG	12
A	757-758, 787-788	2 MHz	2 x 1 MHz	MEA	52
D	758-763, 788-793	10 MHz	2 x 5 MHz	Nationwide	1 *
B	775-776, 805-806	2 MHz	2 x 1 MHz	MEA	52

* Subject to conditions respecting a public/private partnership.

The blocks shaded above in gray (Lower 700 MHz Band C and D Blocks and Upper 700 MHz Band A and B Blocks) were auctioned prior to Auction 73.

그림 16. 미국의 700 MHz 밴드 플랜

Fig. 16. 700 MHz band plan of the United States of America.

어진 거리에서 재사용하게 되면 동일 채널 간섭원이 될 수 있다. 따라서 이러한 점을 미리 산출하여 간섭이 발생하지 않도록 주파수 이격이나 지역적 이격 거리를 두어 간섭을 관리한다¹⁸⁾.

그러나 서비스나 기술을 사업자가 스스로 시장 환경에 맞게 결정하는 시장기반의 전파정책을 도입 하면서 기존의 명령과 통제 방식으로 간섭을 관리할 수 없게 되었다. 그림 16은 미국의 700 MHz 대역 C band 경매(AU Docket No. 07-157, 40)에 대한 사례로 FCC는 C band를 경매하면서 서비스나 기술 등에 대하여 주파수 이용권자가 스스로 결정하도록 규정하고 있다²⁰⁾. 따라서 기술이나 서비스를 정부가 결정하지 않고 주파수 이용권자가 스스로 결정하기 때문에, 종래의 간섭 관리 방법으로는 간섭 관리가 어렵게 된다.

3-2 Spectrum Liberalization 제도에서의 간섭 관리 방안

Spectrum liberalization 제도에서의 간섭 관리 방안은 EU에서 제안한 BEM(Block Edge Mask)와 Ofcom이 제안한 PFD(Power Flux Density) 방법이 있다. BEM 방식은 그림 17에 도시한 바와 같이 할당 받은 주파수의 edge에 방사 마스크(emission mask)를 적용하는 방식이다. 스펙트럼의 용도와 기술 자유화로 채널별 관리가 불가능하기 때문에 edge에서의 spectrum mask를 만족시켜야 한다는 취지이다. BEM은 블록 내의 허용치, 천이 레벨, 그리고 최저허용치를

Checking Pass/Fail at each Pixel

그림 18. PFD 개념도

Fig. 18. Concept diagram of PFD.

규정하고, 채널 대역폭 등은 규정하지 않는다. 따라서 아래의 그림 17과 같이 전력 레벨을 낮추거나 스펙트럼을 edge에서 떨어뜨려서 사용하는 방법을 통하여 BEM을 만족시켜야 한다.

Ofcom에서 제안한 PFD 방법은 간섭량을 커버리지 내에서 간섭 레벨의 밀도를 통계적 개념, 즉 간섭량이 $X \text{ dBW/m}^2/\text{MHz}$ 이상인 지점이 $Y\%$ 이하가 되도록 정의한다. 이 방법은 복잡한 계산과 측정 방법 설정이 필요하지만, 희생수신기 입장에서는 최대 간섭량을 정확히 예측할 수 있다.

이 방법을 통하여 간섭을 예측하기 위해서는 그림 18에 도시한 바와 같이 피간섭 지역을 작은 단위로 분할하여 각 지점에서 간섭량을 예측하고, 이를

그림 17. BEM 적용 예제

Fig. 17. Application examples of block edge mask.

전체 면적에 대하여 통계를 산출하여 서비스에 따라 정해진 품질을 만족하는지를 판단한다^[21].

이상 살펴본 바와 같이 spectrum liberalization은 한정된 주파수 자원의 이용효율 향상과 주파수 자원의 경제적 가치의 극대화를 위하여 서비스와 기술을 시장이 스스로 결정하도록 하는 것으로 많은 국가에서 이 제도를 채용하고 있다. 우리나라에서도 기술 중립성을 이미 이동 통신을 중심으로 도입하였고, 미래에는 서비스 중립성을 도입하여야 하므로 새롭게 대두되는 간섭 관리 방안에 대하여 적극 검토하여야 할 것이다.

IV. 전파법 분석 및 제안

본 장에서는 앞에서 정리한 주파수 공동사용 기술 및 정책 그리고 주파수 이용권 및 간섭 관리 방법을 토대로 하여 주파수 공동사용에 대한 새로운 해석을 시도하고, 아울러 주파수 이용권 개정에 대해서도 제안한다.

4.1 전파법 분석

전파법은 그림 19에 도시한 바와 같이 전파자원 확보, 배분, 그리고 이용으로 구분된다. 전파자원의

확보는 새로운 기술개발을 통하여 아직 사용되지 않는 주파수 자원을 개척하거나 주파수 이용률이 낮은 주파수에 대하여 회수 및 재배치를 통하여 수요가 많거나 국가적으로 필요한 업무에 분배한다. 주파수 배분은 확보된 주파수의 용도와 사용자를 결정하는 과정이다. 주파수 분배는 서비스의 용도를 결정하는 과정이고, 할당은 사용자를 정하는 과정이다. 한편, 전파의 이용은 사용자가 전파법, 시행령 및 전파규칙에 따라 운용하고 있는지를 규정하고 있다. 무선국은 공중으로 방사되기 때문에 자칫 규정을 지키지 않으면 타인에게 간섭을 주게 된다. 따라서 무선국의 개설에서부터 운용에 이르기까지 관련 규정에 따라 허가과 검사, 그리고 이용기준 준수에 대한 관리(radio monitoring)를 받아야 한다.

4.2 주파수 공동사용의 개념 제안

현행 전파법에 따르면 방송통신위원회는 전파자원의 공평하고 효율적인 이용을 촉진하기 위하여 필요하면 주파수의 공동사용을 시행하여야 하지만(전파법 제6조 제1항 제4호), 주파수 공동사용의 개념에 대한 정의가 없다. 따라서 주파수의 공동사용에 정의를 표 3과 같이 제안한다.

그림 19. 전파법 구성 체계

Fig. 19. Configuration of Korean radio law.

표 3. 전파법의 주파수 공동 사용

Table 3. Spectrum sharing in the Korean radio law.

전파법	현행	제안
제 6조 1항 4조	주파수의 공동사용	주파수의 공동사용이란 특정한 주파수를 다수의 사용자 또는 복수의 응용서비스에 주파수 이용권을 부여하는 것을 말한다.

4.3 주파수 할당 관련 전파법 체계 개정 제안

ITU에 따르면 주파수 할당은 특정 주파수를 무선국에 지정하는 것으로 정의된다. 전파법 전문가들은 주파수 분배에 의하여 용도가 정해진 주파수를 이용할 수 있는 권리를 특정인에게 설정하여 주는 설권 행위로서, 강학상 수익적 처분으로서의 특허에 해당한다고 보고 있다^[22]. 따라서 이러한 정의를 토대로 볼 때 주파수 할당은 주파수를 사업자에게 할당하거나 항공기나 공공 안전 등에 지정하거나 ISM 장비 또는 면허 불요 기기가 사용하는 경우, 그리고 주파수 사용 승인도 모두 이 범주에 속한다고 볼 수 있다. 국내 전파법의 경우 할당이나 지정, 그리고 사용 승인에 대한 용어는 있으나, 이들을 동일 수준에서 분류하고, 관련법을 정리할 필요가 있다.

4.4 주파수 이용권의 개정 제안

한편, 전파법 제14조 제1항에 따르면 주파수 이용권은 대가에 의한 주파수 할당을 받은 자는 해당 주파수를 배타적으로 이용할 수 있는 권리라고 서술되어 있다. 주파수 할당의 정의와 제 III장에서 다루는 주파수 이용권의 정의의 일부만을 포함하고 있다. 따라서 주파수를 할당 받은 모든 이용권자는 표 4와

표 4. 전파법의 주파수 이용권

Table 4. Spectrum usage right in the Korean radio law.

전파법	현행	제안
제14조 1항	제11조에 따라 주파수 할당을 받은 자는 해당 주파수를 배타적으로 이용할 수 있는 권리(이하 "주파수 이용권"이라 한다)를 가진다.	주파수 이용권이란 지정된 위치나 지역에서 허가된 규격으로 송수신을 할 수 있는 권리를 말한다. 다만, 제 11조에 따라 주파수 할당을 받은 자는 해당 주파수를 배타적으로 이용할 수 있는 권리를 가진다.

같은 주파수 이용권을 가져야 한다. 다만 할당 대가를 지불하고, 배타적 이용권을 가진 사용자는 이를 양도·임대할 수 있다.

V. 결 론

무선 트래픽이 급증하는 환경에서 한정된 주파수 자원의 이용효율을 극대화하기 위하여 주파수 자원을 공동 사용할 수 있는 기술 개발, 정책 수립, 그리고 새로운 응용서비스의 창출 등이 시급한 과제로 떠오르고 있다. 본 논문에서는 주파수 공동사용 기술을 분석하고, 필요한 정책을 제안하였다. 또한, 시장기반의 전파정책을 도입하면서 등장한 주파수 이용권의 정의를 확대하여 배타적 이용권을 갖는 주파수 할당은 물론, 지정, 공동사용, 그리고 사용승인에 이르기까지 적용되는 개념으로 확대하는 정책을 제안하였다. 주파수 공동사용 정책 및 주파수 이용권에 대한 연구를 통하여 본 논문에서는 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 주파수 공동사용과 주파수 이용권에 대한 정의를 도출하였다. 지금까지 전파법 제 6조 1항 4조에는 주파수 공동사용에 대한 용어만 존재할 뿐 그 정의가 없었는데, 본 연구를 통하여 주파수 공동사용에 대한 정의를 명확히 도출하였다.

둘째, 현재의 주파수 이용권의 정의가 “대가에 의하여 할당 받은 주파수에 대한 배타적 이용권”으로 정의되어 심사 할당이나 지정, 면허 불요, 사용 승인 등의 주파수 이용권에 대한 명시적 표현이 없었다. 본 연구를 통하여 주파수 이용권을 주파수를 사용하는 모든 무선국에 적용되는 포괄적 정의를 도출하였다.

셋째, 면허권에 따른 주파수 공동사용의 분석을 통하여 면허대역에서의 주파수 공동사용, Light licensing 제도 하에서의 공동사용, 그리고 면허불요대역에서의 주파수 공동사용을 분류하고, 각각의 공동사용의 예를 정리하였다. 면허대역에서의 주파수 공동사용은 1차 공동사용 면허와 2차 공동사용 면허로 구분하고, 이의 예를 분류하였다. 또한, light licensing 제도하에서의 공동사용을 1차와 2차로 구분하여 동등 이용권을 갖는 경우와 primary user가 있는 경우를 구분하였고, 면허불요대역에서의 주파수 공동사용도 FACS와 RFID와 같은 면허불요 1차 공동사용

과 DFS WLAN이나 UWB와 같은 면허불요 2차 공동 사용으로 분류하였다.

넷째, 주파수 할당 관련 전파법의 체계 정비를 제안하였다. 주파수 할당의 정의가 특정 주파수를 무선국에 지정하는 개념이므로 사업자 할당을 포함하여 지정, ISM 대역 및 면허 불요 대역, 그리고 주파수 사용승인이 모두 이 범주에 속하는 데에도 불구하고, 현재의 전파법은 이 중에서 사업자 할당만을 담고 있다.

끝으로 주파수 자원의 가치가 점점 커지는 미래 사회에 대비하여 주파수 자원을 더욱더 효율적으로 사용하는 기술 개발 및 정책 연구에 많은 투자와 연구가 이루어져, 주파수를 가장 효율적으로 이용하는 사회가 열리기를 기대한다.

References

- [1] 한국전자과학회, 주파수 이용효율 확대를 위한 공유대역 발굴 및 활용방안 연구, 2012년.
- [2] 김창주, "Spectrum Sharing 정책 및 기술", 한국전자과학회 전자파기술지, 23(3), pp. 3-13, 2012년 5월.
- [3] 김창주 등, "Smart Korea를 위한 smart radio 기술", 한국전자과학회 전자파기술지, 22(2), pp. 3-14, 2011년 3월호.
- [4] FCC, National Broadband Plan, 2010.
- [5] M. A. McHenry, "NSF spectrum occupancy measurements", *SSC Report*(2005), [http:// www.sharedspectrum.com](http://www.sharedspectrum.com)
- [6] S. Forge, R. Horvitz, and C. Blackman, "Perspectives on the value of shared spectrum access", *Final Report for the European Commission*, Feb. 2012.
- [7] FCC Notice of Proposed Rule Making, Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands, FCC 04-186, May 2004.
- [8] FCC, Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands, FCC 08-260, Nov. 2008.
- [9] FCC, Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands; Final Rule, Dec. 2010.
- [10] FCC, Wireless Operations in the 3650-3700 MHz Band, ET Docket No. 04-151, 2004.
- [11] FCC, Memorandum Opinion and Order FCC 06-96 http://fjallfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-06-96A1.pdf
- [12] Elliott Laboratories, "Dynamic frequency selection requirements: An overview of radar detection requirements for wireless devices operating in the 5 GHz band(with emphasis on the new FCC rules)", 2007.
- [13] S. Shellhammer, G. Chouinard, and M. Ghosh, "Spectrum sensing simulation model", *IEEE802.22-06/0028r10*, Aug. 2006.
- [14] PCAST, "Realizing the full potential of government-held spectrum to spur economic growth", Jul. 2012.
- [15] NTIA, "An assessment of the near-term viability of accommodating wireless broadband systems in the 1,675~1,710 MHz, 1,755~1,780 MHz, 3,500~3,650 MHz, and 4,200~4,220 MHz, 4,380~4,400 MHz Bands", 2010.
- [16] Qualcomm, Nokia, Authorized Shared Access, May 2011.
- [17] ECC, "Introducing greater flexibility in the current regulatory structure with a view to taking forward convergence and harmonization in the Ecc", *Ecc Report 137*, 2010.
- [18] Transfinite Systems, *Spectrum Usage Rights*, Feb. 2006.
- [19] Ofcom, *Spectrum Usage Rights*, Jun. 2006.
- [20] FCC, Auction of 700 MHz Band Licenses; AU Docket no. 07-157, 40, 2007.
- [21] Transfinite Systems, *Generic Radio Modelling Tool for Spectrum Trading*, Apr. 2006.
- [22] 계경문, "정보통신의 매개수단 및 자원으로서의 전파 -전파법 전면개정과 관련하여-", 정보와 법 연구, 제2호, pp. 170-171, Feb. 2000.

김 창 주

1976년~1980년: 한국항공대학교 전
자공학과 (공학사)
1986년~1988년: 한국과학기술원 전
기 및 전자공학과 (공학석사)
1989년~1993년: 한국과학기술원 전
기 및 전자공학과 (공학박사)
1979년 12월~1983년 3월: 국방과학

연구소 연구원

1983년 3월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

1994년~1998년: 한국전자통신연구원 전파신호처리연구
실장

1999년~2001년: 한국전자통신연구원 이동통신모뎀연구
부장

2003년~2010년: 한국전자통신연구원 전파기술연구부장

[주 관심분야] 이동통신, 전파기술, Cognitive Radio 기술
등

계 경 문

1985년 2월: 한국외국어대학교 법과
대학 (법학사)

1986년: 제28회 사법시험 합격

1989년~2007년: 법무법인 대종 구
성원 변호사

1998년 8월: 한국외국어대학교 대학
원 수료 (법학박사, 전파통신법)

1999년 9월~2007년 8월: 국민대학교 법과대학 교수(정보
통신법)

2006년 9월~2007년 8월: 한국과학기술원 초빙교수(ICU)

2007년 9월~현재: 한국외국어대학교 법학전문대학원 교
수(민사소송법, 정보통신법)

[주 관심분야] 전파법, RF, 민사소송법, 베트남법 등

강 영 흥

1980년 3월~1984년 2월: 한국항공
대학교 통신공학과 (공학사)

1984년 3월~1986년 2월: 한국항공
대학교 전자공학과 (공학석사)

1989년 3월~1993년 2월: 한국항공
대학교 전자공학과(공학박사)

1988년 3월~1990년 2월: 한국항공

대학교 통신공학과 조교

1995년 8월~1996년 8월: 일본 오사카대학 개원교수

2003년 8월~2005년 2월: 영국 York대학 방문교수

1990년 4월~현재: 군산대학교 정보통신공학과 교수

[주 관심분야] 위성통신, 이동통신, 정보통신 표준화, USN

김 영 수

1981년 2월: 연세대학교 전자공학
과 (공학사)

1983년 2월: 연세대학교 전자공학
과 (공학석사)

1988년 12월: Arizona State Univer-
sity 전기공학과 (공학박사)

1985년 5월~1986년 5월: Consultant,
Signal-System Technology Inc., U.S.A.

1986년 6월~1988년 12월: Research Associate, Arizona State
University

1989년 3월~1992년 8월: 한국전자통신연구원 전파기술
부 전파응용연구실 실장

2002년 1월~2003년 2월: Visiting Faculty, MPRG, Virginia
Tech., U.S.A.

1992년 9월~현재: 경희대학교 전자전파공학과 교수

[주 관심분야] 통신신호처리, RFID, SDR/CR, 스펙트럼 공학

박 덕 규

1984년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1992년 4월: 일본 게이오대학교 전기공학과 전기공학 (공학박사)
1992년~1995년: 일본 우정성 통신

총합연구소

1995년~현재: 목원대학교 정보통신공학과 교수

2002년: 일본 전자정보통신학회(IEICE) 우수논문상 수상

[주 관심분야] 무선통신, 주파수분배, 소출력, 스마트폰 앱 개발

배 정 기

1981년 3월: 공군사관학교 항공공학과 (공학사)

1988년 12월: 국방대학원 전산학과 (공학석사)

1989년 1월~1995년: 공군본부 통신감실 근무

2004년 1월~2008년 12월: 합동참모

본부 지휘통신참모부 전파관리과 근무

2009년 11월~2012년 11월: 삼성탈레스 경영전략팀 근무

2012년 12월~현재: (주)스펙트럼통신기술 기술 고문

[주 관심분야] 전파, 레이더, 전자전

박 석 지

1975년 2월: 고려대학교 금속공학과 (공학사)

1978년 9월: 고려대학교 산업공학과 (공학석사)

1984년 9월: 고려대학교 산업공학과 (공학박사)

1994년 8월~1995년 7월: 영국만체

스터대학 PREST 방문연구원

1984년 3월~현재: 한국전자통신연구원 기술경영연구소장, 기획관리본부장 역임

현재: 창의미래연구소 책임연구원

[주 관심분야] 전파정책, 전파산업, 정보통신기술정책, 정보통신정책

윤 현 보

1979년~2007년: 동국대학교 교수 및 부총장 역임

2007년~현재: 동국대학교 전자공학과 명예교수

한국전자과학회 1~3대 회장

[주 관심분야] 전파기술 및 정책