

4차 산업혁명을 위한 전파관리

Radio Spectrum Management in the Fourth Industrial Revolution

김 창 주 · 최 형 도* · 윤 현 보**

Chang-Joo Kim · Hyung-Do Choi* · Hyun-Bo Yoon**

요 약

4차 산업혁명을 맞이하여 전파는 5G 이동통신, 자율주행 자동차, 드론, 그리고 IoT 등의 사회적 · 경제적 성장을 위한 촉진자로 떠오르고 있다. 이와 함께 주파수 자원에 대한 수요는 기하급수적으로 증가하는 반면에, 공급 가능한 자원은 한정되어 있다. 따라서 새롭게 탄생하는 전파 신산업을 적극 육성하여 국가 경쟁력을 확보할 수 있도록 새로운 산업에 신규 주파수를 분배하고, 수명이 다한 서비스는 주파수 재배치를 통하여 정리하여야 한다. 이를 위하여 주요국에서는 전문화된 전파관리 조직을 설치하고, 체계적이고 투명한 전파 관리를 통하여 전파의 경제적 또는 사회적 가치를 극대화시키고 있다. 본 논문에서는 주요 선진국의 전파 관리를 비교 분석하고, 이를 토대로 시사점을 도출한다.

Abstract

Owing to the advent of the 4th industrial revolution, radio resources are facilitating the economic and social growth of technologies such as 5G mobile communication, self-driving cars, drones, and internet of things. However, although the demand for radio spectrum is growing exponentially, the supply of the available spectrum is limited. Therefore, governments must allocate new spectrums to new radio industries to maintain international competitiveness and re-deploy the spectrum of old declining services. To achieve these goals, major countries should aim to maximize the value of spectrums through statutory regulator and transparent decision-making processes. In this study, we analyze the radio spectrum management techniques of major countries and determine implications based on this analysis.

Key words: Spectrum Policy, Radio Spectrum Management, Fourth Industrial Revolution

I. 서 론

전파법 제1조는 “전파의 효율적이고 안전한 이용 및 관리에 관한 사항을 정하여 전파이용과 전파에 관한 기술의 개발을 촉진함으로써 전파 관련 분야의 진흥과 공

공복리의 증진에 이바지함을 목적으로 한다.”고 규정하고 있다^[1]. 전파의 이용은 국제전기통신연합의 전파 규칙 (ITU-RR: International Telecommunication Union-Radio Regulations)에 있는 국제 분배표(International Table of Frequency Allocations)를 토대로 자국의 환경에 맞게 국내분배(natio-

「본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음 [2019-0-00102, 복합 전파환경에서의 국민건강 보호기반 구축].」

한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunication Research Institute) & 한동대학교(Handong Global University)

*한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunication Research Institute)

**동국대학교(Dongkuk University)

· Manuscript received February 3, 2021 ; Revised March 15, 2021 ; Accepted April 8, 2021. (ID No. 20210203-002S)

· Corresponding Author: Chang-Joo Kim (e-mail: cjkim@etri.re.kr/cjkim1221@handong.edu)

nal allocation)를 한다. 모든 국가는 그림 1에 나타난 바와 같이 주파수의 용도를 정하는 주파수 분배와 주파수의 이용자를 결정하는 할당(assignment)의 단계를 거친다. 공공분야, 즉 국방이나 항공, 해상, 그리고 재난 안전 등의 공공의 복리를 위하여 정부기관에서 사용할 것인지, 아니면 이동통신이나 위성통신, 그리고 소출력 무선 등 전파산업의 진흥을 위하여 사용할 것인지를 고려하여 주파수의 용도를 분배한다^[2]. 상업용 주파수는 사업자에게 개별 면허(individual license)를 주거나, 아니면 국민 모두가 사용할 수 있는 면허 불요 대역(general authorization 또는 unlicensed)으로 할당할 수 있다.

한편, ITU에서 발행한 “handbook on national spectrum management”에 따르면 전파관리 업무는 그림 2에 도시한 바와 같이 ① 주파수 이용 계획의 수립 및 규정(spectrum planning and regulations), ② 주파수 할당(spectrum assignment) 및 지역분배(allotment), ③ 표준 및 규격의 제정과 장비 인증(standards, specifications, and equipment authori-

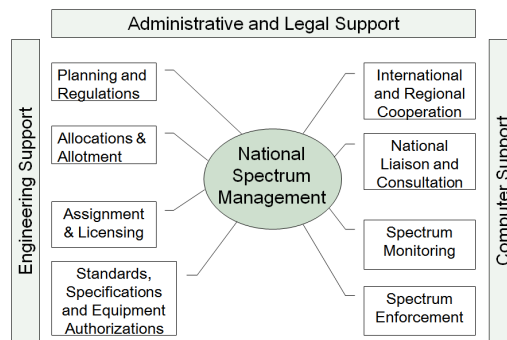


그림 2. ITU 스펙트럼 관리(자료출처: ITU)
Fig. 2. ITU spectrum management.

zation), ④ 국제 및 지역기구와의 주파수 협력(international and regional cooperation), ⑤ 주파수 이해당사자들과의 연락 및 협의(liaison and consultation), ⑥ 전파 감시(radio monitoring), ⑦ 스펙트럼 관리를 위한 법 집행(spectrum enforcement), 그리고 ⑧ 행정적 및 법적 지원을 포함하여 스펙트럼 공학과 전파 관리를 위한 데이터베이스(database)

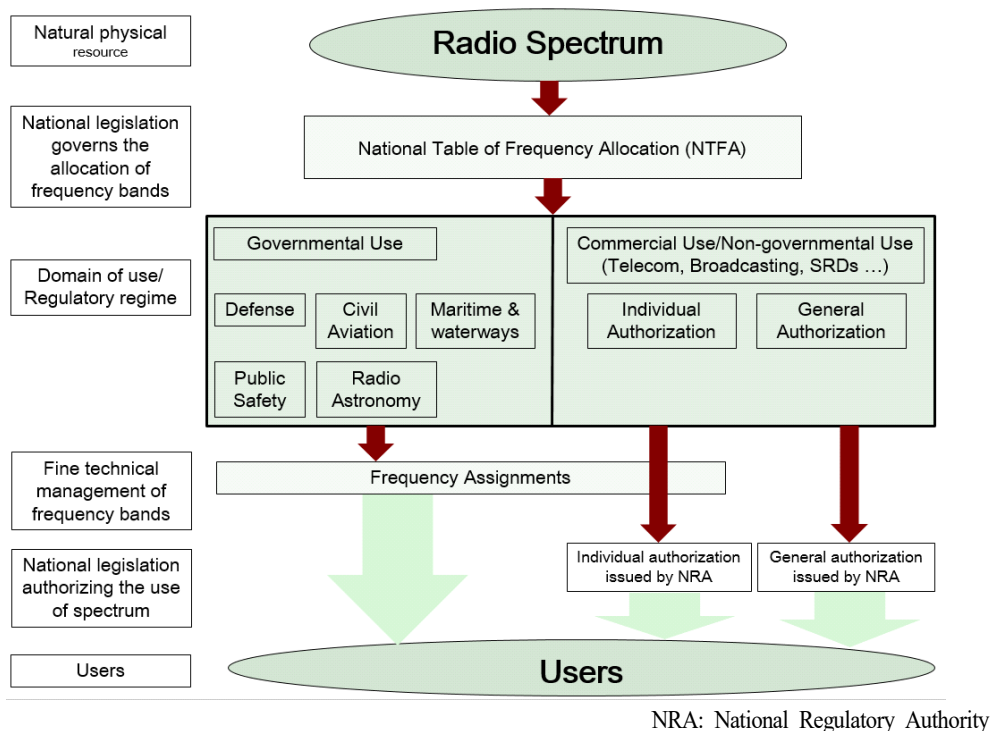


그림 1. 주파수 분배 및 할당(자료 출처: ECC Report 205)
Fig. 1. Spectrum allocation and assignment.

구축 및 전파관리시스템의 운영을 위한 컴퓨터 지원 (computer support) 등을 종합적으로 다루어야 한다^{[3]~[6]}.

따라서 미래 전파 산업의 발전 방향과 기술의 흐름을 정확하게 예측하고, 전파 산업의 진흥과 공공의 복리를 촉진할 수 있도록 주파수 이용계획을 수립해야 할 뿐만 아니라, 스펙트럼 공학을 토대로 기존의 서비스와 새로운 서비스가 상호 간섭을 주지 않고 공존(co-existence)할 수 있도록 주파수를 분배하고, 할당하여야 한다. 이와 같이 전파관리 업무를 효율적으로 수행하기 위해서는 전파에 관한 고도의 전문성과 경험이 있는 인력이 지속적으로 전파관리 업무를 수행해야 한다. 특히 주파수 이용계획의 수립과 분배 업무는 전파통신의 기술 개발과 기반시설 (infrastructure)의 구축, 그리고 서비스의 보급에 천문학적 인 예산과 시간이 소요되기 때문에 세계전파통신회의 (WRC: World Radiocommunication Conference)를 통하여 국제적으로 조화(harmonization)를 이룰 수 있도록 주파수 조정을 통하여 국내 전파환경에 맞도록 분배를 하여야 한다. 이를 위해서는 매우 전문적인 지식을 토대로 경험이 있는 전문가가 체계적인 절차를 통하여 이해당사자들의 의견을 투명하게 반영하여 주파수 이용계획을 수립하여야 한다.

4차 산업혁명을 맞이하여 산업의 전 분야에서 전파의 수요가 폭발적으로 늘어나고 있다. 한정된 전파자원의 이용 효율화를 통하여 전파의 경제적 가치는 물론 사회적 가치를 극대화시키는 전략을 수립하고, 이를 체계적으로 시행하여야 한다. 본 논문에서는 미국이나 영국 등 주요 선진국에서 4차 산업혁명의 시대를 맞이하여 전파관리를 어떻게 하고 있는지를 분석하고, 시사점을 도출하고자 한다.

서론에 이어 제 II장에서는 ICT 산업의 발전에 따라 4차 산업혁명의 탄생으로 새롭게 태어나는 전파서비스, 즉 전파 환경의 변화에 따른 전파관리를 다룬다. 제 III장에서는 주요국의 전파관리 현황을 분석하고, 이를 토대로 제 IV장에서 시사점을 도출한다. 끝으로 제 V장에서 결론을 맺는다.

II. 전파 환경의 변화에 따른 전파 관리

그림 3에 나타낸 바와 같이 4차 산업혁명의 핵심기술은 사이버-물리 시스템(CPS: cyber-physical systems)으로 물리공간의 정보를 실시간에 센싱(sensing)을 통하여 수집하고, 이를 사이버 공간에서 인공지능 기반의 정보처리를 수행하여 정확한 판단을 한 다음에 시스템을 구동(actua-

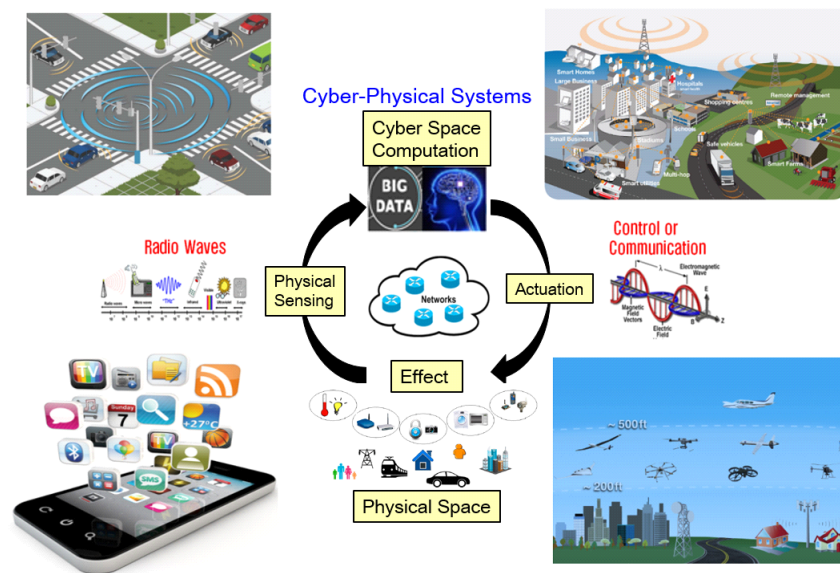


그림 3. 4차 산업혁명의 기술 개념

Fig. 3. Technology concept of the fourth industrial revolution.

tion)하거나, 다른 시스템이나 네트워크에 정보를 전달한다^[7]. 4차 산업혁명은 정보 통신 기술(ICT: information and communications technology)과 전통산업을 접목하여 전통 산업을 혁신적으로 변화시키거나 새로운 산업을 창출함으로써 산업의 생태계를 혁신적으로 변화시키는 것은 물론, 우리가 살아가는 삶의 방법이나 일하는 방법 등 우리 사회를 근본적으로 변화시킨다. 그림 3에서 보듯이 센싱 과정이나 다른 시스템에 정보를 전달하는 과정에서 전파가 필수 불가결하게 사용된다.

4차 산업혁명의 사례로는 그림 3에서 보듯이 자율주행 자동차를 비롯하여 드론(drone), IoT, 스마트 시티, 스마트 공장 등 다양한 분야에 폭넓게 활용되면서 전파의 수요가 급격하게 늘어나고 있다. 종래에는 전파가 국방, 항공, 위성, 이동통신, 방송, 그리고 Wi-Fi 등에 제한적으로 사용되어 전파의 수요와 공급의 균형을 맞추는 데 큰 어려움이 없었다. 그러나 4차 산업혁명의 도래와 함께 5G NR(new radio)이나 IEEE 802.11ax, 802.11ay 등과 같이 광대역(broadband)을 사용하는 새로운 기술이 계속 탄생하고, 국방 등 기존의 서비스도 광대역화가 이루어지면서

주파수의 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 이와 같이 주파수의 수요가 급격히 증가하는데 비하여 공급 가능한 전파자원은 한정되어 있다. 따라서 4차 산업혁명을 위한 전파관리를 체계적으로 관리하여 전파자원의 이용효율화를 추진하여야 한다.

특히 주파수 이용은 국제적인 조화(global harmonization)를 통하여 세계적으로 합의된 대역에서 국제 표준을 기반으로 서비스를 제공해야 한다. 이렇게 함으로써 인접 국가와의 전파간섭을 방지하면서 규모의 경제(economies of scale)가 가능하여 상용 서비스가 촉진된다. 5G 이동통신의 주파수 분배를 보면 그림 4에 나타난 바와 같이 세계 각국이 많은 토의와 조정을 통하여 sub-GHz 대역, 3.5 GHz 대역, 그리고 밀리미터파 대역을 분배하고 있다. 주파수 분배를 위한 이용계획의 수립, 즉 frequency planning은 실제 서비스가 이루어지는 시점보다 10년 이상의 오랜 기간에 걸쳐 미리 준비해야 한다. 따라서 전문가가 자국의 국내 분배 현황과 간섭 분석 등의 전문적인 자료를 토대로 WRC 등의 국제회의에 장기간에 걸쳐 참석해서 국가 간의 조정을 통해서 결정해야 한다.



그림 4. 5G 이동통신 주파수 분배 동향(자료 출처: Qualcomm)

Fig. 4. Spectrum allocation of 5G mobile communications.

이와 같이 새로운 서비스가 창출되기 위해서는 오랜 기간 동안 주파수의 이용 가능성, 간섭 분석, 그리고 국제적인 조정 등을 거쳐 WRC 회의에서 국제적인 합의가 이루어져야 한다. 5G 이동통신 외에도 무인 항공기(UAV: unmanned aerial vehicle)를 위한 주파수가 5.30~5.91 GHz로 분배되었고, 자율주행 자동차를 위하여 5.85~5.925 GHz 주파수가 분배되었다. 자율주행자동차의 경우에는 IEEE 802.11p와 차량·사물 셀룰러 통신(C-V2X: cellular vehicle-to-everything) 기술 간에 경쟁이 심화되고 있다. 이러한 경우 정부는 기술 중립성(technology-free neutrality) 정책을 채택해서 시장에 맡겨야 할 것인지, 아니면 국제 동향과 국내 산업 활성화를 위해서 보다 구체적인 분배 계획을 수립할지를 결정해야 한다. 이러한 결정은 고도의 전문성을 가진 전문가 조직(regulator)에서 국내외 기술 동향은 물론 주파수 분배동향을 파악한 후에 결정하는 것이 바람직하다.

이와 같이 새로운 서비스가 창출되기 위해서는 오랜 기간 동안 주파수의 이용 가능성, 간섭 분석, 그리고 국제적인 조정 등을 거쳐 WRC 회의에서 국제적인 합의가 이루어져야 한다. 5G 이동통신 외에도 무인 항공기(UAV:

unmanned aerial vehicle)를 위한 주파수가 5.30~5.91 GHz로 분배되었고, 자율주행 자동차를 위하여 5.85~5.925 GHz 주파수가 분배되었다. 자율주행자동차의 경우에는 IEEE 802.11p와 차량·사물 셀룰러 통신(C-V2X: cellular vehicle-to-everything) 기술 간에 경쟁이 심화되고 있다. 이러한 경우, 정부는 기술 중립성(technology-free neutrality) 정책을 채택해서 시장에 맡겨야 할 것인지, 아니면 국제 동향과 국내 산업 활성화를 위해서 보다 구체적인 분배 계획을 수립할지를 결정해야 한다. 이러한 결정은 고도의 전문성을 가진 전문가 조직(regulator)에서 국내외 기술 동향은 물론, 주파수 분배동향을 파악한 후에 결정하는 것이 바람직하다.

Ⅲ. 주요국의 전파 관리

3-1 미국의 전파 관리 조직

미국은 그림 5에 도시한 바와 같이 상무성(DoC: Department of Commerce) 산하에 있는 정보통신청(NTIA: National Telecommunications and Information Administration)과 국회

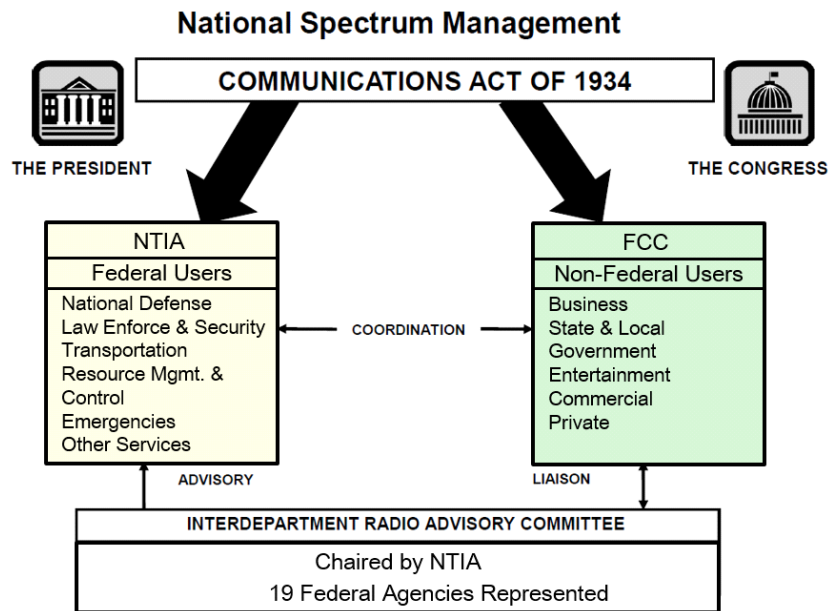


그림 5. 미국의 전파관리 조직 및 역할(자료 출처: NTIA)

Fig. 5. Spectrum management organization and role of the USA.

산하의 연방통신위원회(FCC: Federal Communications Commission)가 전파정책과 전파관리 업무를 분리하여 각각 담당하고 있다. 상무성의 NTIA는 국방이나 안보 등 연방 정부가 사용하는 전파를 관리하고, FCC는 연방정부가 사용하는 주파수를 제외한 모든 주파수를 관리한다. 다시 말하면 주정부와 지방정부가 사용하는 주파수와 사업용, 방송, 그리고 상업용으로 사용하는 전파를 관리한다^[8]. 전파관리를 투명하고 체계적으로 관리하기 위하여 FCC는 모든 규정을 제정할 때 초안을 NTIA에게 보내고, NTIA는 초안에 대한 의견을 제시하여 연방정부가 사용하는 주파수와 지방정부가 사용하는 주파수가 서로 간섭을 주지 않고 공존할 수 있도록 조정하는 점이다. 또한 NTIA는 연방 주파수 이용에 관하여 정부부처 간 주파수자문위원회(IRAC: Inter-Department Radio Advisory Committee)의 자문을 받는다. IRAC의 기본 임무는 미국 연방정부용 주파수의 할당과정에서 NTIA를 지원하고, 주파수 분배 및 관리를 위한 기술기준이나 절차를 개발하는 것을 지원한다. FCC는 IRAC회의에 liaison 자격으로 참여하여 FCC의 전파관리에 활용한다.

전파관리 전문기관인 FCC는 미국의 경제성장을 촉진시키고, 일자리 창출 등을 도모하기 위하여 2010년도에 국가브로드밴드계획(NBP: National Broadband Plan)을 수립하였고^[9], 2018년도에는 4차 산업혁명의 핵심기술인 5G 이동통신기술의 국제경쟁력을 확보하기 위하여 “The 5G FAST Plan”을 수립하였다. “The 5G FAST Plan”은 5G 주파수 이용계획을 포함하여 5G infrastructure 구축을 촉진시키기 위하여 사설 소형 셀(private small cell) 구축을 용이하게 할 수 있는 규정을 제정하였으며, 나아가 5G 백홀(backhaul) 망을 구축하는 데 필요한 규정을 제정하였다. FCC는 5G 고대역(high-band)인 밀리미터파 대역의 주파수 대역에서 5 GHz 대역폭을 경매하도록 하였고, 5G 중대역(mid-band)인 2.5 GHz 대역과 3.5 GHz 대역, 그리고 3.7~4.2 GHz 대역에서 844 MHz 대역폭을 이용할 수 있도록 하였다. 또한 5G 이동통신의 저대역(low-band)인 600 MHz 대역, 800 MHz 대역, 그리고 900 MHz 대역에서도 5G 이동통신의 서비스 영역을 확장할 수 있도록 준비하고 있다^[10].

한편, 3.5 GHz 대역에서 5G 이동통신의 주파수를 확보

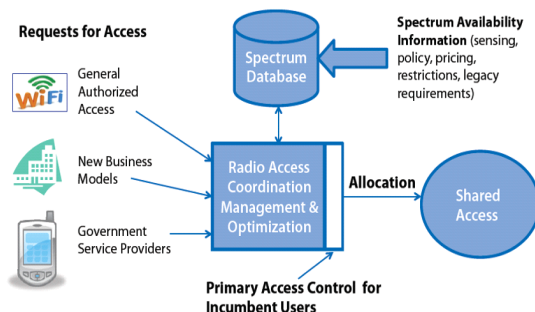


그림 6. 미국의 CBRS 서비스(자료출처: PCAST)

Fig. 6. CBRS service in the USA.

하기 위하여 기존의 국방 장비와의 주파수 공동사용을 위하여 민간 광대역 무선서비스(CBRS: citizens broadband radio service) 개념을 창출하여 혁신적인 방법으로 주파수를 공급하였다. 그림 6에 나타난 바와 같이 CBRS는 주파수의 이용자를 3-tier로 구분하여 기존 이용자인 우선사용자(PU: primary user)가 사용하지 않는 지역 또는 시간에 PAL(priority access license) user가 사용하고, PU와 PAL user가 사용하지 않는 지역이나 시간에 GAA (general authorized access) user가 주파수를 공동으로 사용하는 새로운 개념이다. 이를 위하여 스펙트럼 센싱(spectrum sensing) 장치인 ESC(environmental spectrum sensing) 장비와 스펙트럼의 이용정보를 데이터베이스로 구축한 SAS (spectrum access system)를 개발하여 운영하고 있다^{[11],[12]}.

이와 같이 미국의 FCC는 전파관리에 대한 전문성을 토대로 이해당사자들과 협의하여 미국의 국가 경쟁력을 확보하기 위하여 미국의 전파 이용 환경에 적합한 주파수 정책을 과감하게 펼치고 있다.

3-2 미국의 전파관리 규칙의 제정 프로세스

그림 7에 나타난 바와 같이 FCC는 전파 관련 규칙을 제정할 때 NOI(notice of inquiry), NPRM(notice of proposed rule-making) 또는 FNPRM(further notice of proposed rule-making)은 반드시 공보로 게시하고, 이해 당사자를 포함하여 국민의 의견을 받는다. FCC는 제안된 의견을 검토한 후에 당초의 법안을 계속 진행할 것인지, 아니면 수정을 할 것인지에 대하여 결정을 한 후에 R&O(report and order)를 발행한다. 이후 R&O에 대하여 청원을 하게

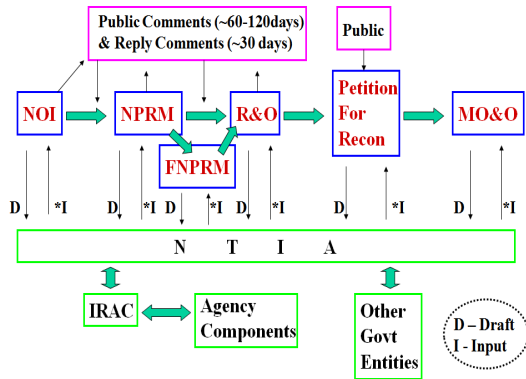


그림 7. FCC의 전파관리 규칙 제정 및 NTIA 협의 절차
(자료출처: NTIA)

Fig. 7. FCC rule-making process and consultation with NTIA.

되면 청원에 대한 반영이나 수정 등의 결과를 MO&O (memorandum opinion and order)로 발행한다. 이와 같이 하나의 규칙이 제정되는 과정에서 이해당사자가 충분히 의견을 개진할 수 있는 체계를 구비함은 물론 모든 과정을 web-site에 공개하여 투명성과 공정성을 보장하고 있다^[13].

이상 기술한 바와 같이 미국은 전문화된 전파관리 조직을 통하여 투명하고 공평한 전파관리 규칙을 제정함으로써 오늘날 통신정보 관련 산업이 미국경제의 20 %를 차지할 정도로 성장하였고, 이를 토대로 세계 통신 산업을 이끌어가고 있다.

3-3 영국의 전파 정책 및 관리 조직

영국(Unted Kingdom)은 DCMS(Department for Digital, Culture, Media and Sport)와 Ofcom(Office of Communications)이 스펙트럼 정책과 관리의 역할을 나누어 수행한다. 그림 8에 도시한 바와 같이 정부 조직인 DCMS는 영국의 전파정책과 이용전략을 수립하고, 전파관리 전문조직인 Ofcom은 전문성을 토대로 영국의 스펙트럼을 관리한다. 4차 산업혁명의 도래와 함께 상업용 주파수의 수요가 늘어남에 따라 영국에서도 정부가 사용하는 주파수를 상업용으로 전환하거나 공동 사용하는 방안을 모색하기 위하여 UKSSC(UK Spectrum Strategy Committee)와 CMU(Central Management Unit)를 설립하여 운영하고 있다. UKSSC는

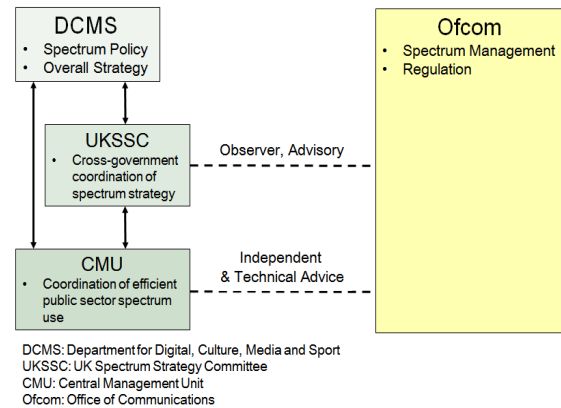


그림 8. 영국의 주파수 정책 및 관리 체계(자료출처: CMU)

Fig. 8. Spectrum policy and management in the UK.

영국 스펙트럼 이용전략을 수립하고 감독하는 최고의 조정 기구로 영국의 여러 정부 조직의 대표로 구성된다. Ofcom은 UKSSC의 공식 멤버는 아니지만 옵서버(observer)로 회의에 참석하여 자문을 한다. UKSSC는 MCMS와 DoD(Department of Defence)가 공동 의장으로 활동하며, 영국 정부와 Ofcom 사이의 주파수 정책을 조정한다. 2015년에 설립된 CMU는 UK 정부가 사용하는 주파수의 이용효율화는 물론 영국의 경제 성장을 지원하기 위하여 UK 정부가 사용하는 주파수를 Ofcom으로 이양(spectrum release) 또는 주파수 공동사용(spectrum sharing)이 가능한 지에 대하여 Ofcom의 기술적 지원을 받아 PSSRP(public sector spectrum release programme)를 완성하고, 이를 DCMS와 UKSSC에게 제공하고 있다^{[14]~[18]}.

한편, Ofcom은 2002년 “the Office of Communications Act 2002”에 의해 설립되었으며, 2003년 Communication Act 2003에 의해 민간 분야가 사용하는 주파수의 관리 권한을 부여받았다. 기존의 ① 방송표준위원회(Broadcasting Standards Commission), ② 독립 텔레비전 위원회(Independent Television Commission), ③ 통신청(Office of Telecommunications), ④ 라디오 위원회(Radio Authority), 그리고 ⑤ 라디오 통신국(Radio-Communications Agency) 등 다섯 개의 서로 다른 규제 기구들을 공식적으로 통합하여 설립된 독립 규제기관이다.

전통적으로 성문법보다는 관습법과 전통을 중요하게 여기는 영국이 여러 기관을 하나의 기구로 통합한 배경

은 방송과 통신은 물론 모든 산업 간의 경계가 없어지는 미래 산업의 특성을 반영한 결과라고 판단된다. 4차 산업 혁명의 시대를 맞이하여 상업용 주파수의 수요가 폭발적으로 늘어나는 것에 적극적으로 대처하기 위하여 UKSSC와 CMU 등을 추가로 설치하여 정부가 사용하는 주파수를 상업용으로 전환하는 방안을 Ofcom의 지원을 받아서 적극적으로 추진하고 있다.

3-4 영국의 전파관리 규칙의 제정 프로세스

영국은 미국이나 호주와 같이 규칙 제정 절차(rule-making process)에서 이해당사자의 공개적인 의견을 개진하는 절차 대신에 Cave Report^[19]와 같이 전문적인 자문회사(consulting company)나 대학 등 전문기관으로부터 자문을 받고, 이를 웹 사이트(web-site)에 공개한다. 웹 사이트에 공개한 제안서에 대하여 이해당사자를 포함한 일반 국민의 의견을 통상 10주에 걸쳐서 받는 형태로 운영하고 있다. Ofcom은 의견 수렴과정에서 나온 모든 내용을 웹 사이트에 모두 공개하고, 접수된 의견을 정리하고, 이를 토대로 의사결정을 한다. 따라서 전파 규칙의 제정 절차는 다르지만 이해당사자의 의견을 충분히 반영함으로써 투명성과 공정성을 보장하고 있다.

3-5 호주의 전파정책 및 관리 조직

호주는 2005년 7월에 호주 통신미디어청(ACMA:

Australian Communications and Media Authority)을 설립하고, 민간 분야의 전파관리를 전담하도록 하고 있다. 정부 조직인 DoCA(Department of Communications and Arts)에서 전파정책을 수립하고 있으나, 정부 부처가 사용하는 주파수는 해당 부처에서 스스로 관리한다. 특히 가장 많은 스펙트럼을 사용하고 있는 군은 자체적으로 DSO(Defence Spectrum Office)를 설립하여 군과 다른 기관 간의 주파수 사용을 조정하고 있다^[20]. 이와 같이 호주의 전파정책은 미래의 전파이용에 관하여 정부는 물론 ACMA와 조정할 수 있는 절차나 제도가 없었다. 이러한 점을 보완하기 위하여 2018년도에 “Commonwealth Held Spectrum Review^[21]”를 발간하여 ① 정부가 사용하는 주파수의 이용효율화를 위하여 범 정부차원의 스펙트럼 자문위원회를 설립하고, ② 정부가 보유한 주파수 현황과 이의 가치를 평가하는 보고서를 2년마다 발표하여 주파수 이용의 투명성을 향상시키고, ③ 주파수의 공동사용이나 거래를 통해서 국가의 이익을 창출하는 방향으로 추진하는 것이다. 상기 ①항에 따라 호주는 30개 이상의 정부기관이 참여하는 정부 스펙트럼 조정 위원회(GSSC: Government Spectrum Steering Committee)를 설립하고, 정부가 보유하고 있는 주파수의 이용현황을 공개하고 있다^[20].

3-6 호주의 전파관리 규칙의 제정 프로세스

그림 9는 공공의 이익을 극대화하기 위한 호주 ACMA

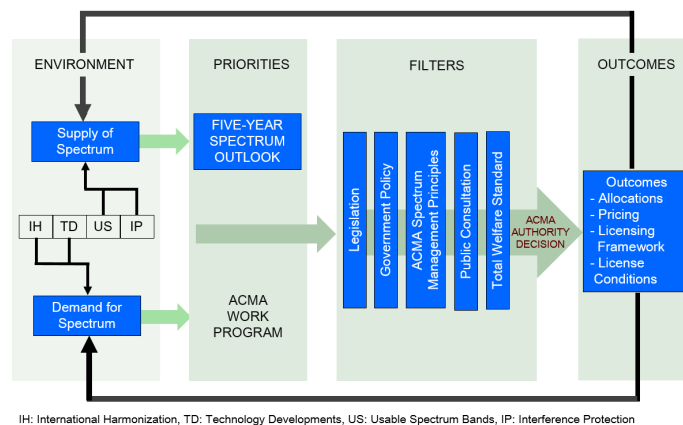


그림 9. ACMA의 스펙트럼 관리를 위한 결정 프레임워크(자료 출처: ACMA)

Fig. 9. Decision-making framework for ACMA's spectrum management.

의 전파관리 프레임워크이다^[22]. 주요 내용은 주파수 분배와 경매 등의 전파관리를 투명하고 체계적인 절차를 통하여 수립함으로써 주파수 이용효율을 높이면서 간섭 관리가 가능하도록 추진하는 것이다. 국제적인 전파이용(IH: international harmonization)과 기술동향(TD: technical trends)을 토대로 주파수 수요를 예측하고, 이용 가능한 스펙트럼 대역(US: usable spectrum bands)과 새로운 서비스로 인한 기존 장비와의 전파 간섭 분석 및 보호(IP: interference protection) 등을 토대로 공급 가능 대역을 산출하여 향후 5년 동안 추진할 FYSO(five year spectrum outlook)의 초안을 작성한다. 이를 관련된 법이나 정부의 전파정책 및 ACMA의 전파관리의 원칙에 부합되는지를 체크하고, 이해당사자들의 의견을 공개적으로 받는다. 호주의 복지기준에 부합되는지를 판단하여 최종적으로 주파수 분배와 경매기준을 정한다. 전파환경은 지속적으로 변하기 때문에 이러한 업무를 매년 갱신(update)함으로써 체계적이고 투명하게 전파관리를 하고 있다^{[23],[24]}. 이와 같이 호주의 전파관리는 매우 체계적이고, 투명하게 추진될 뿐만 아니라, 매년 변화하는 전파환경을 반영하여 적기에 갱신함으로써 공공의 이익에 부합하는 전파관리를 하고 있음을 알 수 있다.

3-7 프랑스의 전파정책 및 관리

프랑스는 루이 14세의 “짐이 곧 국가다(“l’etat c’est moi”, “The state is me”)라는 절대왕정 체제 이후 권력을 여러 행정기관에 분산시키는 정책을 추진하였다. 이러한 영향으로 통신과 방송주파수의 관리도 별도의 기관에서 관리하게 되었다. 프랑스의 전파정책은 정부 부처인 *ministry l’economie, du redressement productif et du numerique*에서 수립한다. 그러나 전파관리는 7개의 정부기관이 사용하는 정부 주파수는 해당 부처에서 관리하고, 통신용 주파수는 ARCEP(*autorité de régulation des communications électroniques et des postes*)에서, 그리고 방송용 주파수는 CSA(*conseil supérieur de l’audiovisuel*)가 관리한다^[5]. 그림 10에서 보듯이 프랑스의 주파수 분배나 재배치는 국립주파수관리청인 ANFR(*agence nationale des fréquences*)이 CSA와 ARCEP와 협의하여 주파수 분배(안)을 작성하고, 이를 국무총리의 승인을 거쳐 확정한다. 7

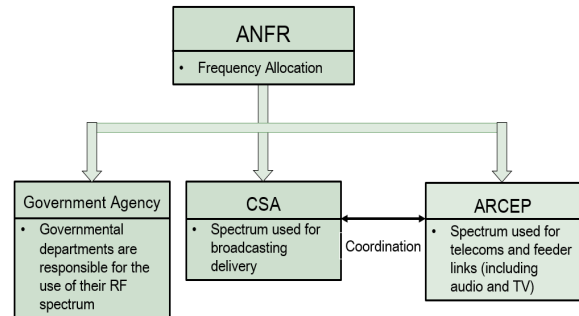


그림 10. 프랑스의 전파관리 체계

Fig. 10. Radio spectrum management structure in France.

개의 정부기관은 공공의 이익을 위해서 보유한 주파수를 사용하되, 필요한 경우 상업용 또는 사업용 등으로 변경하여 ARCEP가 관리하도록 하고 있다. 1996년 통신규제법의 제정으로 설립된 ANFR은 프랑스 국내의 주파수 관리, 분배, 감시 및 국제 업무를 담당하고 있다.

이와 같이 프랑스가 미국이나 영국과 같이 하나의 전문적인 전파관리조직이 아닌 2개의 전파관리 전문조직, 즉 방송주파수와 통신주파수를 관리하는 기관을 별도로 두고도 전파관리를 잘 하는 이유는 프랑스의 독자적인 전파 정책 및 관리를 하지 않고, 유럽의 전파 정책 및 관리를 선도하면서 유럽 우편전기통신주관청회의(CEPT: European Conference of Postal and Tele-coms Administrations)의 전파 정책 및 관리를 그대로 수용하기 때문이다. 프랑스는 기본적으로 ITU-R이나 CEPT에 매우 적극적으로 참여하여 ITU-R이나 CEPT의 전파 정책 및 관리를 선도하는 국가이다. 따라서 프랑스 국내의 통신 주파수와 방송주파수 관리기관이 나뉘어 있어도 ANFR을 중심으로 전파관리를 매우 유연하게 수행한다. 특히 주파수 분배 및 이용계획의 수립에서 CSA와 ARCEP은 상호 협의하여 처리하고, 협의 결과를 프랑스 정부에 독립적인 ANFR에 반영한다.

한편, CEPT는 1959년도에 발족한 유럽의 우편 및 전기통신 주관청 회의이다. 현재 48개의 유럽 국가가 참여하여 유럽 국가 간의 우편 및 전기통신 분야의 협력을 증진하고, 각국의 정책을 조정하여 그림 11에 도시한 바와 같이 하나의 통일된 공통제안서를 채택하고, 이를 CPG (Conference Preparatory Group)를 통하여 ITU에 제출한다. CEPT에서 전기통신을 담당하고 있는 조직은 ECC(elect-

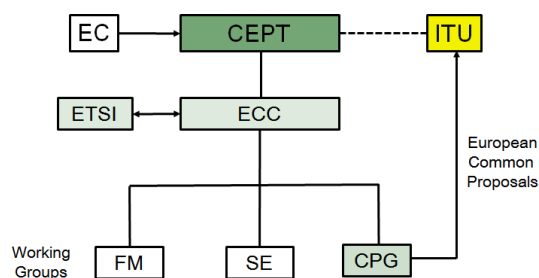


그림 11. 유럽의 전파관리 기구

Fig. 11. Radio spectrum management organization in Europe.

※ EC: European Commission (also European Union, EU); ECC: Electronic Communications Committee; ETSI: European Telecommunications Standards Institute; FM: Frequency Management; SE: Spectrum Engineering, CPG: Conference Preparatory Group.

ronic Communications Committee)이다. CEPT에서 발행하는 ECC 보고서는 EC(European Commission)가 의사 결정을 하는데 사용된다. CEPT는 1982년도에 유럽 공통의 이동통신기술을 제정하기 위하여 GSM(group special mobile)을 결성하고, 이를 표준화하기 위하여 1988년도에 표준화 전담기구인 유럽전기통신표준협회(ETSI: European Telecommunications Standards Institute)를 설립하고, 모든 전기통신 표준 업무를 ETSI에 이관하였다. 이후 ETSI는 3GPP(third generation partnership project)를 결성하여 GSM 기술을 더욱 발전시키고, 이를 토대로 WCDMA(wideband code division multiple access) 기술을 개발하여 전 세계가 사용하는 계기가 되었다. 이와 같이 유럽은 유럽 공통의 전파정책 및 관리를 통하여 오늘날 세계적으로 널리 사용되는 LTE(long term evolution)는 물론 5G 이동통신의 주도권을 잡는 계기를 마련하였다. 특히 전파통신 분야는 국제적인 조화를 통하여 상호 간섭이 없는 전파환경을 조성하는 것은 물론 기기의 상호 운용(inter-operability)을 확보하는 것이 중요하다.

IV. 주요국의 전파관리 분석 및 시사점

4.1 전파관리 분석

제 III장에서 검토한 바와 같이 미국이나 영국 등 주요국에서는 정부에서는 전파정책 및 전략을 수립하고, 전파 관리는 독립적인 전문조직을 통하여 관리하고 있다. 행정

부에 속하는 정부에서는 전파정책 및 스펙트럼 전략의 수립과 정부 기관이 사용하는 주파수를 관리하고, 민간 또는 공공기관이 사용하는 주파수는 전파관리 전문기관을 통하여 전문성과 투명성을 토대로 전파관리 업무를 전담하고 있다. 이와 함께 정부 부처 간에 주파수 분배 및 조정업무는 IRAC나 UKSSC 등과 같은 기구를 두어 조정하고 있다. 이와 같은 시스템을 통하여 조직이 외부의 영향을 받지 않고 공평하고, 투명하게 전파관리 업무를 수행한다. 대표적으로 미국은 FCC를 1934년도에 설립하고, 의회 소속으로 둬으로써 독립적인 전파관리를 체계적으로 수행하고 있다. 미국은 국방 자원이 많을 뿐만 아니라, 다양한 종류의 위성 이용 등 전파를 가장 활발하게 사용하고 있다. 이와 같이 전파 이용이 복잡한 여건에서도 FCC가 전문성을 토대로 3.5 GHz 대역의 3-tier 주파수 공동사용 개념을 도입하여 CBRS 서비스를 제공하고 있다. 특히 늘어나는 5G 주파수 수요에 대비하여 3.45~3.98 GHz 대역을 주파수 공동사용을 통하여 5G 이동통신에 활용하겠다는 야심찬 계획도 수립하고 있다. 이와 같은 새로운 개념의 전파 이용은 고도의 전문성을 토대로 미국의 전파 환경에 맞는 새로운 주파수 공동사용 개념을 창출한 결과로 판단된다. 최근에는 5.925~7.125 GHz 대역도 AFC(automated frequency coordination) 시스템을 도입하여 Wi-Fi나 5G NR 장비가 6 GHz 대역의 주파수를 공동 사용할 수 있도록 주파수 분배를 완료하였다²⁵⁾.

영국의 모든 전파정책 및 관리는 Ofcom이 기본 안을 작성하면 이를 토대로 정부가 정책에 반영하는 구조이다. Ofcom은 주파수 관련 국제회의에 참석하여 영국의 입장을 대변하고, 국제 이용 동향을 토대로 영국의 국내 이용 및 분배 계획의 수립 등을 종합적으로 작성하여 DCMS와 UKSSC에 제공한다.

유럽은 1959년도에 발족한 CEPT에서 유럽 국가 간의 우편 및 전기 통신 분야의 협력을 증진하고, 각국의 정책을 조정하여 하나의 통일된 공통제안서를 채택하고, 이를 CPG를 통하여 ITU에 제출한다. CEPT의 ECC에서 발행하는 ECC 보고서는 EC가 의사 결정을 하는 데 사용된다. CEPT가 1988년도에 표준화 전담기구인 ETSI를 설립하고, 3GPP를 결성하여 GSM 기술을 더욱 발전시키고, WCDMA 표준을 통하여 전 세계 이동통신 기술을 통일하

고, 여세를 몰아 LTE와 5G NR 표준의 주도권을 잡은 것을 잘 살펴볼 필요가 있다.

호주에서는 ACMA가 매년 전파이용계획을 수립하되, ① 전파이용 동향을 분석하고, ② 상반기에 주파수 분배, 할당, 회수 및 재배치 등에 대한 전파이용 계획(안)을 수립하여 공개하고, ③ 수립된 계획(안)을 공개적으로 검증하기 위하여 관련 법령과의 적합성을 비롯하여 이해당사의 의견을 청취한다. 뿐만 아니라 주파수 자원의 경제적 또는 사회적 가치를 극대화시키는데 대해서도 검증을 한 후에 주파수 이용계획을 확정하는 체계적이고 투명한 절차를 거치고 있다. 당해 연도에 확정된 전파이용 계획(안)에 대해서는 전파이용 동향을 반영하여 차기 연도의 계획 수립에 지속적으로 반영함으로써 변화하는 환경에 능동적으로 대처하고 있다.

이와 같이 유럽을 비롯하여 주요 선진국에서는 고도의 전문성을 가진 독립 전파관리 조직을 설립하여 전파의 이용이 급격하게 늘어나는 4차 산업혁명 시대에 맞는 전파관리를 하고 있는 것을 알 수 있다.

4.2 시사점

주파수 관리는 제 III장에서 언급한 바와 같이 고도의 전문적인 지식과 경험을 토대로 이루어진다. 표 1은 FCC와 Ofcom의 인력 구성을 나타내는 자료이다^[5]. 공학, 경제학, 그리고 법학을 전공한 전문가가 전문성을 토대로 지속적인 업무를 수행할 수 있도록 전문 인력을 보유하고 있음을 알 수 있다. 유럽을 비롯하여 미국, 영국, 호주

표 1. FCC와 Ofcom의 인력 구성^[5]

Table 1. Employees of both FCC and Ofcom.

Role/agency	FCC		Ofcom	
	Number	Percentage	Number	Percentage
Engineers	269	29 %	85	48 %
Economists	62	7 %	58	32 %
Lawyers	585	64 %	36	20 %
Total academics	916	100 %	179	100 %
Other roles	809		630	
Total number of employees	1,725		809	

등 주요 선진국에서는 별도의 독립된 전파관리조직의 신설을 통하여 고도의 전문성을 가진 전문가가 외부의 영향을 받지 않고 독립적으로 운영할 수 있도록 전파관리 전문조직을 두고, 전파를 관리하고 있다는 점을 고려할 필요가 있다. 따라서 오늘날과 같이 전파지형이 급변하는 상황에서 주파수 관리는 전문성이 있는 독립된 조직에서 체계적이면서도 종합적으로 전파의 가치를 극대화시키는 전파정책과 전략을 수립하여야 한다^{[26],[27]}.

V. 결 론

전파는 국가의 경제 발전이나 안보, 그리고 국민의 안전은 물론 우리의 일상생활에 있어서도 반드시 필요한 필수품으로 자리잡고 있다. 특히 4차 산업혁명시대를 맞이하여 전파가 산업의 혁신이나 사회 문제를 해결하는데 가장 중요한 역할을 할 뿐만 아니라, 전파 산업의 혁신적인 발전을 토대로 국가의 경쟁력 향상은 물론 사회 전반에 걸쳐 혁신을 견인하고 있다. 따라서 주요 선진국에서는 주파수 자원의 경제적 또는 사회적 가치를 극대화시키면서 전파 자원의 이용효율화를 위한 정책을 적극적으로 펼치고 있다.

특히 정부는 전파정책 및 이용전략을 수립하고, 전파 관리는 전파관리 전문기관을 별도로 두어 고도의 전문성을 가진 전문가들이 체계적이고 투명한 정책을 수립할 수 있도록 제도적으로 뒷받침하고 있다. 이와 같이 전문적인 전파관리기관을 별도로 설립·운영함으로써 고도의 전문성과 경험을 토대로 주파수 이용 계획의 수립은 물론 국제적인 분배 및 조정, 주파수 할당 및 면허, 전파법 및 전파법 시행령 등 관계 법령의 제정, 전파감시 및 장비 인증, 간섭 분석 및 해결 방안 등을 적기에 제시하여 주파수 자원의 효율적 이용은 물론 국가의 산업 경쟁력을 향상시켜야 한다.

본 논문에서는 4차 산업혁명이 도래함에 따라 급격히 늘어나는 전파관리를 효율적으로 수행하기 위한 방안으로 전파이용환경의 변화를 분석하고, 이를 토대로 주요 선진국에서의 전파관리를 분석하였다. 분석 결과, 고도의 전문성을 갖춘 독립 전파관리 조직을 두고, 체계적으로 전파관리를 수행하고 있다는 시사점을 도출하였다. 앞으

로 전파의 이용이 더욱 늘어나는 시점에서 전파관리 전문기관이 전문성과 투명성을 토대로 전파관리 업무를 전담하는 방안을 검토할 시점으로 판단된다.

References

- [1] Ministry of Science and ICT, "Radio waves act," 2020. Available: <https://www.law.go.kr/법령/전파법>
- [2] ECC, "ECC report 205: Licensed shared access(LSA)," European Electronic Communications Committee, Copenhagen, Feb. 2014.
- [3] *National Spectrum Management*, Recommendation ITU-R SM.1047-2, Sep. 2012.
- [4] ITU, *Handbook on National Spectrum Management*, Geneva, ITU, 2015.
- [5] H. Mazar, *Radio Spectrum Management: Policies, Regulations and Techniques*, 1st ed. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons. 2016.
- [6] *Guidance on the Regulatory Framework for National Spectrum Management*, ITU-R SM.2093-2, Jun. 2015.
- [7] E. R. Griffor, C. Greer, D. A. Wollman, and M. J. Burns, "Framework for cyber-physical systems: Volume 2, Working group reports," National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, NIST Special Publication 1500-202, Jun. 2017.
- [8] C. M. Gutierrez, "Spectrum policy for the 21st century: The president's spectrum policy initiative: A public safety sharing demonstration," U.S. Department of Commerce, Washington, DC, May. 2007.
- [9] FCC, "National broadband plan," Federal Communications Commission, Washington, DC, Mar. 2010.
- [10] FCC, "The FCC's 5G FAST plan," Federal Communications Commission, Washington, DC, Sep. 2018.
- [11] FCC, "Promoting investment in the 3,550~3,700 MHz band," Federal Communications Commission, Washington, DC, Oct. 2017.
- [12] PCAST, "Realizing the full potential of government-held spectrum to spur economic growth," President's Council of Advisors on Science and Technology, Washington, DC, Jul. 2012.
- [13] K. B. Nebbia, "The interdepartment radio advisory committee: IRAC representatives effectively coordinate federal spectrum but lack seniority to advise on contentious policy issues," U.S. Government Accountability Office, Washington DC, GAO-04-1028, Sep. 2002.
- [14] DCMS, "The UK spectrum strategy: Delivering the best value from spectrum for the UK," Department for Culture, Media & Sport, London, Mar. 2014.
- [15] DCMS and HM Treasury, "Terms of reference for central management of public sector spectrum," Department for Digital, Culture, Media & Sport, London, Aug. 2015.
- [16] Ofcom, "Review of public sector spectrum release(PSSR): Recommendations to government on the setting of a revised PSSR target," Ofcom, London, Mar. 2016.
- [17] UKGI, "Enabling UK growth: Public sector spectrum release programme annual report," UK Government Investments, London, Apr. 2016.
- [18] UKGI, "Public sector spectrum release programme: 2nd Annual Report by UKGI Spectrum Central Management Unit," UK Government Investments, London, Aug. 2017.
- [19] M. Cave, "Review of radio spectrum management: An independent review for department of trade and industry and HM treasury," Department of Trade and Industry and HM Treasury, London, Mar. 2002.
- [20] DoCA, "Australian government held spectrum report," Department of Communications and the Arts, Canberra, Apr. 2019.
- [21] DoCA, "Commonwealth held spectrum: Review," Department of Communications and the Arts, Canberra, Feb. 2018.
- [22] ACMA, "Principles for spectrum management," Australian Communications and Media Authority, Melbourne, Mar. 2009.
- [23] ACMA, "Five-year spectrum outlook 2017-21," Australian

Communications and Media Authority, Melbourne, Oct. 2017.

- [24] ACMA, "Draft five-year spectrum outlook 2018~2022: Submission in response to ACMA's draft spectrum management work programme," Australian Communications and Media Authority, Melbourne, Nov. 2020.
- [25] FCC, "FCC fact sheet: Unlicensed use of the 6 GHz band," Federal Communications Commission, Washington, DC, Apr. 2020.
- [26] FCC, "Best practices for national spectrum

management." Available: <https://www.fcc.gov/general/best-practices-national-spectrum-management>

- [27] The European Parliament and the Council of the European Union, "Directive 2002/21/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on a common regulatory framework for electronic communications networks and services (framework directive)," *Official Journal of the European Communities*, vol. L108, pp. 33-50, Apr. 2002.

김 창 주 [ETRI/연구전문위원 & 한동대학교/초빙교수]
<https://orcid.org/0000-0002-3689-8137>



1980년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)
 1988년 2월: 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사)
 1993년 2월: 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학박사)
 1979년 12월~1983년 3월: ADD 연구원

1983년 3월~2018년 12월: ETRI 책임연구원
 1994년 3월~1998년 12월: ETRI 전파신호처리연구실장
 1999년 1월~2001년 4월: ETRI 이동통신모뎀연구부장
 2003년 2월~2010년 12월: ETRI 전파기술연구부장
 2018년 12월~현재: ETRI 연구전문위원
 2019년 3월~현재: 한동대학교 전산전자공학부 초빙교수
 [주 관심분야] 이동통신, 무선통신, 인지무선, EMC 등

최 형 도 [ETRI/책임연구원]
<https://orcid.org/0000-0003-2652-7524>



1986년 2월: 고려대학교 재료공학과 (공학사)
 1989년 2월: 고려대학교 재료공학과 (공학석사)
 1996년 8월: 고려대학교 재료공학과 (공학박사)
 2004년 6월~2005년 12월: 한국전자진흥협회 부설 EMC 기술지원센터장

2008년 7월~2009년 7월: SDSU 전기·컴퓨터공학과 방문교수
 2000년 10월~2013년 12월: 한국전자통신연구원 전파환경연구실장
 2014년 1월~2016년 12월: 한국전자통신연구원 전파기술연구부장
 1997년 1월~현재: 한국전자통신연구원 전파위성연구본부 책임연구원
 [주 관심분야] 전자파 인체 노출 평가, 전자파 인체보호 정책, 전자파 저감 소재 및 부품, 전파기술 등

윤 현 보 [동국대학교/명예교수]

<https://orcid.org/0000-0002-1041-2119>



1979년~2007년: 동국대학교 교수
 2007년~현재: 동국대학교 전자공학과 명예교수
 1990년 8월~1995년 12월: 한국전자파학회 회장
 [주 관심분야] 전파기술 및 정책 등