

IoT 서비스를 위한 스펙트럼 이용 기술 및 정책 동향

Spectrum Technology and Regulation Status for IoT Services

김태한(한국전자통신연구원)

차 례

1. 들어가는 말
2. 제4차 산업혁명과 스펙트럼의 역할
3. IoT를 위한 스펙트럼 이용 기술 동향
4. IoT를 위한 스펙트럼 이용 정책 동향
5. 맺는 말

■ keyword : | Spectrum Technology | Internet of Things | Spectrum Regulation

1. 들어가는 말

증기기관의 발명으로 시작된 제1차 산업혁명, 내연기관과 전기의 이용으로 시작된 제2차 산업혁명을 거쳐, 세계 경제는 디지털 정보화 중심의 제3차 산업혁명을 겪으면서 근본적인 구조가 변화되는 과정에 있으며, 이제까지 개발된 기술이 융합되면서 새로운 시너지와 기회를 창출하는 제4차 산업혁명을 곧 맞게 될 것으로 예상된다. 생산의 양적 증대를 가져온 제1차 산업혁명과 질적 증대를 가져온 제2차 산업혁명이 현실 세계(offline)에서 진행된 혁명이었다면, 정보통신 중심으로의 경제 구조 변화를 가져온 제3차 산업혁명은 가상 세계(online)에서 진행되고 있는 혁명이라고 할 수 있으며, 제4차 산업혁명은 이러한 현실세계와 가상세계의 융합을 통해 새로운 시장을 창출하는 혁명이라고 할 수 있다[1]. 제4차 산업혁명의 특징이 융합과 연결에 있으므로, 이를 가능하게 하는 핵심 기술도 사람과 사람, 사람과 사물, 더 나아가 사물과 사물을 보다 밀접하게 연결하는 기술이 될 것이다. 또한, 연결과 융합을 통해 새로운 가치를 창출하기 위해서는 연결되는 모든 것이 지능을 가져야 하므로, 새로운 지식을 학습하고 저장하여 주변의 사람, 사물과 나눌 수 있는 기술도 필수적으로 요구된다.

따라서, 제4차 산업혁명이 본격화되는 시대에는 사람 및 사물간을 연결하는 사물인터넷(IoT; Internet of Things)이 핵심적인 역할을 하면서 그 변화를 이끌어 갈 것으로 예상된다. 사람과 사람, 사람과 사물, 사물과 사물을 보다 밀접하게, 보다 빨리, 그리고 보다 지능적으

로 연결하면서 새로운 가치를 창출하는 IoT 서비스가 원활하게 제공되도록 하기 위해서는 이를 뒷받침해 줄 수 있는 기술 발전이 전제되어야 한다. 또한, 과거에 비해 역동적으로 변화하고 있는 현대 사회에서는 사람 및 사물의 이동성이 높아지고 있으므로, 무선(wireless)으로 사물간 연결성을 높이는데 필요한 스펙트럼(spectrum; 주파수 자원을 의미함) 이용 기술이 IoT의 중요한 기반이 된다. 이와 더불어, 희소한 스펙트럼 자원을 최대한 효율적으로 사용하되 상호 간섭을 최소화하기 위해서는 정부의 정책적인 조율이 필수적으로 요구된다.

본 고에서는 IoT 서비스를 가능하게 하는 스펙트럼 이용 기술 및 정책에 대해 알아보고자 한다. 먼저, 제4차 산업혁명과 스펙트럼의 역할을 정리한 후, IoT를 위해 면허 주파수 및 비면허 주파수를 활용하는 각각의 스펙트럼 이용 기술 동향을 정리한다. 또한, IoT에 스펙트럼을 이용하기 위한 정책과 관련한 각국의 동향을 알아본다.

2. 제4차 산업혁명과 스펙트럼의 역할

2.1 전자기 스펙트럼의 이용 추세

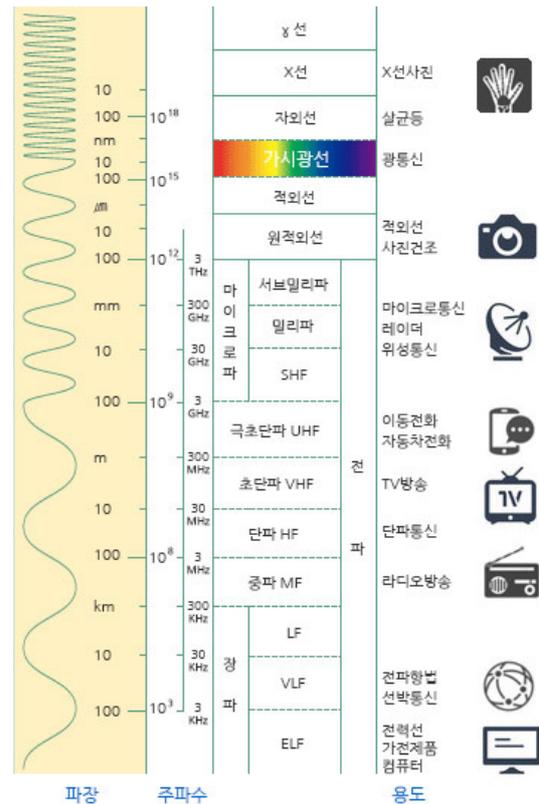
전자기파(electromagnetic wave) 또는 전자파는 전자기장(electric field)과 자기장(magnetic field)이 상호 유도, 형성되면서 공간에 퍼져나가는 에너지의 파동이다. 파동을 특정할 수 있는 주요 구성요소에는 진폭, 위상, 주파수가 있는데, 주파수가 같은 파동은 에너지가 서로 상쇄 또는 보강되어 원래의 형태를 잃어버리므로 전자기

파를 구분하는 가장 중요한 요소는 주파수가 된다. 주파수는 넓은 영역에 걸쳐 연속적으로 변화하므로 이를 스펙트럼이라고도 하며, 전자기파의 특성을 우리가 원하는 목적으로 최대한 활용하기 위해서는 스펙트럼을 자원으로 인식하여 이에 대한 활용 기술 및 관리 정책을 지속적으로 개발해야 한다. 우리나라 전파법에서는 전자기파의 넓은 스펙트럼 범위 중 국제전기통신연합(ITU)이 정한 범위의 주파수를 가진 것을 전파로 정의하고 있으며[2], ITU에서는 3,000GHz까지의 주파수를 갖는 전자기파를 전파(radio waves 또는 hertzian waves)로 정의한다[3].

전자기파는 그 특성에 따라 통신, 방송, 센싱 등 여러 가지 용도로 이용할 수 있는데, 그 방법은 크게 두가지로 나눌 수 있다. 먼저, 가장 보편적이고 활용 빈도가 높은 방법으로서 정보를 실어 보내기 위한 목적으로 전자기파를 활용하는 방법이다. 가장 대표적인 예가 이동통신과 방송으로, 송신측에서는 사전에 약속된 규칙을 바탕으로 전달하고자 하는 정보에 따라 전자기파의 진폭, 위상, 주파수를 변화시켜 보내면, 수신측에서는 다시 이를 원래의 정보로 복원하는 방법이다. 전자기파를 이용하는 또 하나의 방법은 전자기파의 물리적인 에너지를 이용하는 방법인데, 발사한 전자기파가 물체에 부딪치고 돌아오는 것을 측정하여 물체를 식별하는 레이더, 전자기파로 물분자의 운동을 활성화시켜 음식을 데우는 전자렌지, 전자기파로 에너지를 멀리 전달하는 무선충전 등이 그 예이다. 과거에는 정보의 전달을 위한 용도로 전자기파가 주로 사용되었으나, 최근에는 기술과 사회의 발달로 전자기파의 에너지와 물리적 특성을 활용하는 기술 및 서비스가 늘어나는 추세이다.

주파수 차원에서 전자기파의 이용 형태를 보면, 스펙트럼의 범위는 넓지만 인간이 가진 기술의 한계와 전자기파 자체의 물리적 특성으로 인해 <그림 1>과 같이 일부분의 스펙트럼만 이용이 활성화되었으며, 이는 스펙트럼 자원의 희소성을 발생시키는 주된 이유가 된다. 주파수가 낮을수록 멀리까지 도달하고 장애물을 만났을 때 휘어지는 정도가 높으므로, 과거에는 1GHz 이하의 주파수 대역, 예를 들면 800MHz 대역의 이동통신이나 698MHz이하의 UHF 방송용 주파수가 주로 이용되었다. 하지만 전파의 이용기술이 발달하고 다양한 용도로 전파를 활용할 필요성이 커지면서, 인간이 이용하는 스펙트럼은 점차 넓어지고 있다. 이동통신용 주파수는 3GHz 내외로까지 확장되었으며, 5G 이동통신에서는 30GHz 내외의 주파수도

이용될 전망이다. 그러나 폭발적으로 늘어나고 있는 스펙트럼에 대한 수요에 비해 전파 이용기술의 발전에는 한계가 있으므로 스펙트럼 자원에 대한 희소성은 계속 높아지고 있으며, 가용 스펙트럼 내에서 최대한의 효과를 창출할 수 있도록 기술 발전과 정책 개발이 지속적으로 이루어지고 있다.



▶▶ 그림 1. 전자기 스펙트럼 대역별 용도[4]

2.2 제4차 산업혁명, IoT, 스펙트럼의 관계

제조업과 정보기술을 결합하는 제4차 산업의 개념은 독일의 제조업을 중심으로 2015년 이전부터 제시되어 발전해 왔으나[5], 이러한 결합이 일반화되어 산업혁명으로까지 이어질 수 있도록 본격적으로 논의되기 시작한 것은 2016년초 열린 세계경제포럼(WEF)에서였다. WEF의 창립자인 Klaus Schwab은 제4차 산업혁명 시대에는 수십억의 사람들이 모바일 기기로 연결되어 지식을 나누며, 이러한 기회는 인공지능, 로봇, IoT, 자율 운행, 3D 프린팅, 나노 기술, 생명공학 기술, 재료 과학, 에너지 저장, 양자 컴퓨팅 등 분야에서의 새로운 기술혁신으로 증폭될 것으로 예상하였다[6]. 또한, 제4차 산업혁명은 가치 사슬(Value Chain)의 통합 관점에서 볼 수

있는데, Deloitte에서는 제4차 산업의 특징을 ① 스마트 제조 시스템의 수직적 네트워킹, ② 새로운 가치 사슬의 수평적 통합, ③ 전체 가치 사슬을 통합하는 융합 기술(through-engineering), ④ 기하 급수적 기술(exponential technologies)을 통한 가속화 등 4가지로 보았다[7]. 이러한 관점에서 제4차 산업혁명을 파악하면, 모든 사람과 사물이 연결되어 지식을 창출, 공유함으로써 전 산업의 가치 사슬이 서로 통합되고, 이를 통해 새로운 시장과 기회를 창출하는 것으로 볼 수 있다.

제4차 산업혁명을 가치 사슬의 통합으로 본다면, 제4차 산업의 경제 구조로 원활하게 이행되도록 하기 위해서는 사람과 사물간의 연결이 전제되어야 하며, 이러한 연결을 통해 적시에 원하는 곳과 소통하고 원하는 정보를 주고받을 수 있어야 하며, 새롭게 창출된 정보도 공유할 수 있어야 한다. 따라서, 언제 어디서나 사람과 사물간을 연결하는 IoT 기술이 제4차 산업혁명을 성공적으로 이끄는 데 필수적인 기반 기술로 등장하게 된다. 제4차 산업혁명에 대한 정의나 그 구성요소들에 관해서는 약간의 이견이 있을 수 있으나 'IoT'나 '연결'에 관한 기술은 항상 등장하고 있는데, 한국전자통신연구원(ETRI)에서는 초연결, 초지능, 초실감의 3초(超) 세상을 위해 연구개발을 집중하고 있으며[8], 제4차 산업혁명이 촉발된 제조업에서의 대표적인 패러다임 변화의 예로 산업용 IoT(industrial IoT)를 언급한 문헌[9]도 존재한다. 또한, 제4차 산업혁명에 필요한 플랫폼으로는 IoT, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 모바일 등 4가지를 꼽고 있고[10], 각종 언론에서도 IoT가 제4차 산업혁명의 기폭제 역할을 하며[11] 빅데이터, 인공지능과 함께 어우러져 제4차 산업혁명이 완성된다고[12] 설명하고 있다.

앞서 설명한 바와 같이, IoT를 구현하기 위해서는 데이터를 전달하기 위한 무선 기반의 통신기술이 요구되며 필요에 따라 센서를 활용할 수도 있는데, 모두 스펙트럼 자원을 필요로 한다. 현재는 거의 모든 기기가 모바일 플랫폼에서 동작함을 고려하면, IoT를 실현하는데 가장 중요한 자원이 스펙트럼임을 알 수 있다. 사람 중심의 기존 이동통신에 비해 IoT는 상대적으로 많은 수의 기기, 소량의 데이터 전송, 간헐적인 송수신을 필요로 하므로, 이에 소요되는 스펙트럼의 이용 방법도 기존 이동통신과는 달라져야 한다. 스펙트럼을 활용하기 위한 기술과 정책 동향에 대해서는 제3장과 제4장에서 자세히 알아보기로 한다.

2.3 국내 IoT 서비스 현황

모바일 기반의 IoT 서비스가 사용하는 스펙트럼은 그 이용권의 법적 성질에 따라 소정의 주파수 이용 대가를 납부하고 이용권을 부여받아 사용하는 면허방식과, 독점적 이용권 없이 타 사용자와의 일정 수준 간섭을 용인하면서 사용하는 비면허방식으로 나눌 수 있다. 이 중 면허방식은 이동통신 등 무선통신 사업자가 주파수를 할당받아 가입자를 모집하여 기지국과의 직접 통신을 통해 IoT 서비스를 제공하는 것으로, 과학기술정보통신부에서는 이동통신사업자가 제공하는 IoT를 차량관제(텔레매틱스 등), 원격관제(원격검침 등), 무선결제(카드결제 등) 등으로 나누어 매월 회선수를 집계하고 있다. <표 1>에서 보는 바와 같이 차량관제, 원격관제, 무선결제용 IoT 회선수는 2017년 7월 기준 약 4백만이며, 증가율은 차량관제가 가장 높은 것으로 나타났다[13].

표 1. 차량관제, 원격관제, 무선결제용 사물인터넷 회선수 변화

| 구분 | 2015년 말 | 2016년 말 | 2017년 7월 | 증가율 (2015년말 대비) |
|------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
| 차량관제 | 758,791 | 1,164,134 | 1,262,510 | 66.4% |
| 원격관제 | 1,788,778 | 1,961,597 | 2,194,415 | 22.7% |
| 무선결제 | 601,650 | 677,724 | 714,446 | 18.7% |

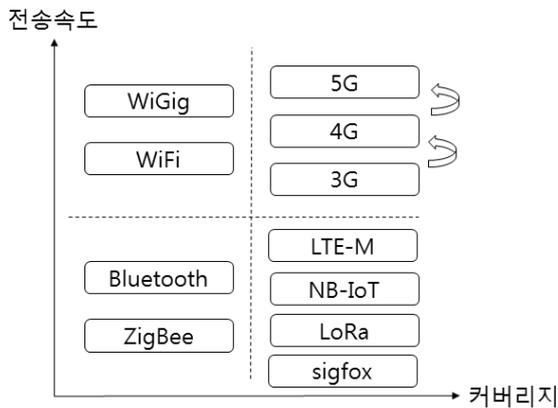
비면허방식은 IoT 기기가 통신사업자의 기지국에 직접 연결되는 것이 아니라 WiFi나 Bluetooth 등 비면허 기반의 근거리 무선접속 기술을 이용하여 허브에 일단 연결되고, 허브는 유선 또는 무선 통신으로 인터넷에 연결되는 방식이다. 면허방식에서는 통신사업자가 광역 통신망을 제공하는 대가로 통신요금을 받으나, 비면허방식에서 사용되는 근거리 통신망은 사업자가 제공하는 것이 아니므로 통신사업자는 요금을 받을 수 없다. 대신 자사의 IoT 허브와 기기를 판매할 수 있으므로, 통신사업자들은 IoT 플랫폼을 선점하기 위해 경쟁하고 있다[14].

3. IoT를 위한 스펙트럼 이용 기술 동향

3.1 스펙트럼 이용 기술 분류

3G나 4G와 같은 기존 이동통신 기술로도 IoT 서비스를 구현할 수 있으나, 사람이 아닌 사물에 통신용 장치를 부착하여 사용하는 서비스 특성상 IoT 전용 기술이 사용되기도 한다. IoT를 위한 스펙트럼 이용 기술을 커버리

지(전파의 도달 거리)와 데이터 전송속도에 따라 분류하면 <그림 2>와 같다. 먼저, 커버리지가 넓고 전송속도도 높은 영역은 현재 LTE까지 발전한 기존 이동통신 기술이 제공하며, 곧 5G의 표준화를 앞두고 있다. 커버리지는 넓으나 전송속도는 낮은 LPWA(low power wide area) 시장에서는 여러 기술간 경쟁이 치열하게 펼쳐지고 있는데, 기존 LTE 기술에서 파생된 LTE-M와 NB-IoT뿐만 아니라 비면허 주파수를 이용하는 LoRa와 sigfox가 경쟁하고 있다. 근거리에서 높은 전송속도를 필요로 하는 경우에는 무선랜 기술인 WiFi 외에도, WiFi 계열이면서 60GHz 대역 주파수를 사용하여 전송속도를 높인 WiGig를 사용할 수 있다. 커버리지와 전송속도가 모두 낮은 영역에서는 Bluetooth와 ZigBee가 사용된다.

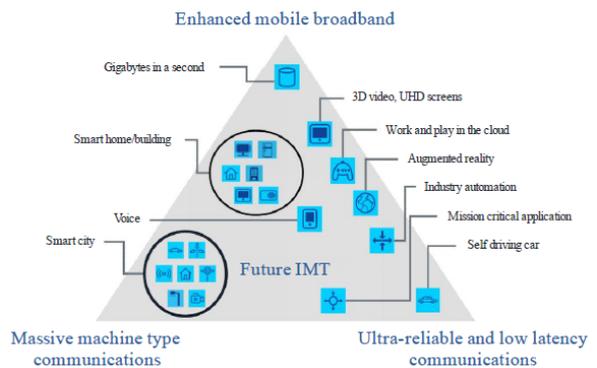


▶▶ 그림 2. 커버리지와 전송속도에 따른 IoT 구현 기술

3.2 5G 등 3GPP 기술 동향

3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 이동통신 관련 사업자, 제조사 등이 참여하는 연구 프로젝트로서, 3G부터 5G에 이르기까지의 이동통신 기술 방식 표준화를 주도하고 있다. 5G의 경우, ITU에서 2015년 9월 IMT-2020(ITU에서 5G를 의미하는 용어)의 기본 개념과 기술적 조건이 채택되었는데[15], 4G 대비 20배의 전송속도, 3배의 주파수 이용효율, 1/10배의 전송지연 등을 핵심적인 기술 사양으로 제시하였다. 또한, 5G에서는 전송속도 외에도 1km²당 100만개의 기기수가 접속할 수 있도록 하였는데, 이는 5G에서 IoT를 본격적으로 고려하기 시작했음을 의미한다. 서비스 측면에서도 빠른 전송속도를 의미하는 “Enhanced mobile broadband” 외에 자율주행차 등을 위한 초저지연 통신인 “Ultra-reliable and low latency communications”와

IoT를 위한 “Massive machine type communications” 속성을 채택함으로써 과거 4G 대비 다양한 서비스 제공이 가능하도록 하였고, <그림 3>과 같이 각 속성을 결합하여 제공할 수 있는 서비스 시나리오를 제시하였다. 3GPP는 5G의 구체적인 표준화를 진행하고 있는데, 2017년말까지 NSA(non stand-alone; LTE 방식으로 연결, 제어하되 필요시 5G를 쓰는 과도기 형태) 방식의 표준화를 완료하고 2018년 6월 SA(stand-alone; 5G 방식이 단독으로 사용되는 형태) 방식의 표준화를 완료함으로써 5G로 진화하는 첫번째 단계(Phase 1; 3GPP Release 15)를 완성할 계획이다. 5G를 완성하는 두번째 단계(Phase 2; 3GPP Release 16)는 2020년경 완료될 예정인데, IoT와 관련된 5G의 속성인 “Massive machine type communications”를 지원하는 기술도 Phase 2에서 규격이 마련될 것으로 전망된다[16].



▶▶ 그림 3. 5G 서비스 속성별 시나리오[15]

3GPP에서는 LPWA를 위해 LTE 기술방식을 응용한 LTE-M 및 NB-IoT에 대한 표준화도 완료하였다. LTE-M은 기존 LTE와 동일한 기술방식이나 대역폭 및 전력 소모를 줄여 IoT에 적합하도록 변형한 것으로 Cat.1, Cat.0, Cat.M의 순으로 발전해왔으며, 이 중 1.4MHz를 이용하는 Cat.M은 2016년초 표준화가 완료된 Release 13에 포함되었다. NB-IoT는 LTE가 사용하는 주파수 중 200kHz의 협대역(Narrow band)를 이용하여 IoT 데이터를 실어보내는 것으로, 보호대역(guard band)이나 대역내(in-band)를 이용할 수 있다. LTE-M과 마찬가지로 Release 13에 포함되었으며 2016년 6월 표준화가 완료되었다.

3.3 비면허 주파수 이용 기술 동향

WiFi는 IEEE 802.11 계열의 기술에 바탕을 둔 무선랜 표준으로 IEEE 802.11 a, b, g, n을 거쳐 ac, ad에 이르기까지 대역폭과 변조방식을 고도화하고 있으며, IEEE 802.11ad는 WiGig라고도 부른다. 사용 대역은 2.4GHz(b, g, n 방식), 5GHz(n, ac 방식), 60GHz(ad 방식) 등 비면허 주파수 대역을 이용하고 있으며, 대역폭은 20MHz에서 160MHz까지 계속 넓어지는 추세이다. 가장 최근에 논의되고 있는 IEEE 802.11ay는 2017년초 draft 표준이 발표되었고 2019년말경 표준화가 완료될 예정인데[17], 60GHz 대역에서 8GHz의 대역폭을 사용하여 100Gbps의 속도를 낼 수 있도록 개발중이다.

LPWA에서 IoT를 위한 통신용으로 개발된 LoRa와 sigfox는 비면허 주파수를 이용하며 10년 정도의 배터리 수명과 10km 내외의 도달거리를 갖는 공통점이 있다[18]. LoRa는 우리나라의 SK텔레콤, Cisco, IBM 등이 참여하고 있는 LoRa Alliance에서 주도하며, 900MHz 대역 비면허 주파수를 사용하여 0.3kbps 내지 50kbps까지의 전송속도를 가진다[19]. sigfox는 프랑스에 본사를 둔 회사의 이름이기도 하며, 지역에 따라 800MHz 또는 900MHz 비면허 주파수 대역을 사용한다. 200kHz의 대역폭을 사용하는 UNB(Ultra Narrow Band) 기술을 사용하며 100bps의 전송속도를 가진다[20].

4. IoT를 위한 스펙트럼 이용 정책 동향

4.1 우리나라의 정책 동향

우리나라의 이동통신용 주파수 공급 정책은 2012년 1월 발표된 “모바일 광개토 플랜”, 2013년 12월 발표된 “모바일 광개토 플랜 2.0”을 거쳐, 2017년 1월 발표된 “K-ICT 스펙트럼 플랜”으로 발전하였다. 특히, K-ICT 스펙트럼 플랜에서는 이동통신용 주파수뿐만 아니라 산업·생활용 주파수, 공공주파수, 위성용 주파수의 공급 계획이 포함되었으며, IoT와 관련하여 스마트 공장의 공정 관리, 스마트 도시의 시설관리, U-헬스 등을 위해 1GHz 이하 대역에서 현재의 2배 수준인 28MHz폭을 확보하는 계획을 제시하였다[21]. 또한, 당시 이동통신사업자들이 추진중이던 NB-IoT 서비스에 차질이 없도록 2017년 상반기 무선설비 기술기준을 개정하기로 하였으며, 2017년 3월 기술기준 개정을 완료하였다[22].

비면허 주파수와 관련해서는 WiFi 등의 용도로 2.4GHz, 5.8GHz, 900MHz 대역의 주파수가 사용되고 있었으며, 용도 미지정(FACS; Flexible Access Common Spectrum)으로 57GHz~64GHz 대역의 주파수도 2006년 분배되었다. 2015년 11월에는 <표 2>와 같이 용도자유대역(K-ICT Free Band)으로 약 8GHz폭의 주파수가 추가 분배되었는데, IoT 서비스, 스몰셀용 백홀, 대용량 영상 전송 등에 활용될 것으로 예상하였다[23]. 종전에는 주파수 공급시 용도 및 기술방식을 특정하였으나 용도자유대역은 최소한의 기술기준만 만족하면 허가나 신고없이 자유롭게 활용할 수 있는 주파수이며, 일반 국민이 시장의 수요에 맞게 탄력적으로 전파를 이용할 수 있는 장점이 있다.

표 2. 용도 자유대역 주파수 공급 내역[23]

| 대역 | 대역폭 | 활용 전망 |
|------------|------|---------------------------|
| 260~262MHz | 2MHz | 장거리 IoT |
| 24~27GHz | 3GHz | 레이더, 5G 모바일 백홀 |
| 64~66GHz | 2GHz | 무압축 대용량 영상 전송 |
| 122~123GHz | 1GHz | '20년 이후 다양한 소출력 기기 상용화 예상 |
| 244~246GHz | 2GHz | |

4.2 외국의 정책 동향

미국은 위성과 해안지역 레이더용으로 사용하던 3.5GHz 주파수(3550MHz~3650MHz)를 민간과 공유하여 사용할 수 있도록 2012년 논의를 시작하였고, 1순위(기존 사용자), 2순위(우선순위 사용자), 3순위(일반 비면허 사용자)로 이루어진 공유모델을 제안하였다[24]. 이는 이동통신 발전에 따라 민간에서 사용할 스몰셀용이나 소규모 IoT 네트워크용 주파수를 공급하기 위한 조치였다. 이후 몇차례의 논의를 거쳐, 3550MHz~3700MHz 주파수 150MHz폭을 SAS(Spectrum Access System)을 통해 공유하여 사용하기로 결정하였고[25], 이를 CBRS(Citizen Broadband Radio System)라고 부른다. CBRS를 규정한 연방규정집(CFR)에는 1순위 사용자에 대한 보호규정, 2순위 사용자가 되기 위한 경매 등 절차, 3순위 사용자의 주파수 이용규칙 등이 마련되어 있다[26].

또한, 2016년 6월, FCC는 24GHz 이후의 주파수 대역에서 10.85GHz폭을 신규 무선광대역용으로 공급하는 정책을 발표하였다[27]. 28GHz, 37GHz, 39GHz 대역에서의 3.85GHz폭은 면허 방식으로 부여하되 유연한 이용(flexible use licensing)을 할 수 있도록 하며, 64~71GHz 대역 7GHz폭은 WiGig 등 근거리 무선장치를 사용할 수 있도록 비면허로 공급하는 계획을 담고 있다.

영국의 경우, Ofcom은 2014년 7월 IoT에 투자와 혁신을 촉진하기 위한 정보요청서(Call for Input)을 발간하고, 의견을 모집한 결과를 2015년 1월 발표하였다[28]. 당시의 IoT 지원방안인 870/915MHz 대역 발굴과 기존 이동통신 면허조건의 자유화(liberalisation)로 중단기 스펙트럼 수요는 만족시킬 수 있음을 인식했으나, 장기적으로는 스펙트럼 수요가 증가할 것이므로 비면허대역을 중심으로 IoT용 스펙트럼 수요를 지속적으로 모니터링하여 추가 스펙트럼이 필요한 시점을 확인할 것임을 밝혔다.

5. 맺는 말

지금까지 제4차 산업혁명과 IoT, 스펙트럼의 관계를 살펴보고 스펙트럼 이용 기술과 정책 동향을 간단히 정리해보았다. 스펙트럼 자원을 활용하기 위해 이용 효율성을 높일 수 있는 새로운 기술을 끊임없이 개발하고, 해당 기술이 시장에서 선택받을 수 있도록 표준화 및 사업화 노력도 아끼지 않음을 볼 수 있었다. 스펙트럼 이용 정책 측면에서는, IoT 산업이 활성화될 수 있도록 신규 주파수 대역을 지속적으로 발굴하고, 스펙트럼 효율을 높이고 후발 주자에게도 기회를 주기 위해 타 사용자와의 스펙트럼 자원 공유를 촉진하기 위한 정책들을 확인하였다. 제4차 산업혁명의 핵심은 가치사슬의 통합에 있고 그 통합의 기반 플랫폼으로 IoT가 많은 역할을 해야 하므로, 이를 뒷받침하기 위한 지속적인 스펙트럼 이용 기술의 개발과 정책 마련이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 이민화, “4차 산업혁명과 미래전략”, ICT가 이끄는 4차 산업혁명과 미래사회 국제 컨퍼런스, 2016.
- [2] 전파법 제2조 제1항 제1호.
- [3] International Telecommunication Union, “Radio Regulations”, Article 1, Section 1, 2016.
- [4] “이동통신 무선국 전자파 강도측정 포털”, 한국전파진흥협회.
- [5] 사이언스 타임즈, “4차 산업의 시작은 독일 제조업”, 2016.
- [6] Klaus Schwab, “The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond”, World Economic Forum, 2016.
- [7] Deloitte, “Industry 4.0: Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies”, 2015.
- [8] ETRI, “무엇을 상상해도 상상 그 이상인 3초(超) 시대로의

향해”, ETRI Webzine, Vol.80, 2017.

- [9] 김민석 외, “제4차 산업혁명과 Industrial IoT-Industrial Internet의 이해”, 정보통신방송정책, Vol.28, 2016.
- [10] “4차 산업혁명 시대가 코앞에, ICBM 플랫폼에 성패 달렸다”, 동아 비즈니스 리뷰, 2017.
- [11] “세상을 바꾸는 IoT, 시동걸린 4차 산업혁명”, 한국경제, 2016.
- [12] “4차 산업혁명은 비빔밥, 빅데이터·사물인터넷·인공지능은 재료”, 조선비즈, 2017.
- [13] 과학기술정보통신부, “2017년 7월 무선통신 서비스 가입자 현황”, 2017.
- [14] “LG, 8월 ‘IoT 허브’ 출시한다, 플랫폼 본격화”, 아시아경제, 2015.
- [15] ITU-R, “Rec. ITU-R M.2083, IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond”, 2015.
- [16] 한국방송통신전파진흥원, “3GPP 5G 표준화 조기 확정 계획 발표”, K-ICT 스펙트럼 Map, 2017.
- [17] “Status of Project IEEE 802.11ay”, IEEE 802 홈페이지.
- [18] “이통3사 사물인터넷 기술에 감춰진 그림”, 이코노믹 리뷰, 2017.
- [19] “LoRa Alliance Technology”, LoRa Alliance 홈페이지.
- [20] “Radio Technology Keypoints”, sigfox 홈페이지.
- [21] “4차 산업혁명에 대응한 중장기 주파수 종합계획인 「K-ICT 스펙트럼 플랜」 확정”, 미래창조과학부 보도자료, 2017.
- [22] “세계 최초 NB-IoT 전국망 구축을 위한 제도개선 완료”, 미래창조과학부 보도자료, 2017.
- [23] “미래부, 용도자유대역에서 ICT 신산업 창출 지원”, 미래창조과학부 보도자료, 2015.
- [24] FCC, Notice of Proposed Rulemaking and Order, FCC 12-128, 2012.
- [25] FCC, Further Notice of Proposed Rulemaking, FCC 14-49, 2014.
- [26] CFR Title 47, Chapter 1, Subchapter D, Part 96.
- [27] FCC, Report & Order and Further Notice of Proposed Rulemaking, FCC 16-89, 2016.
- [28] Ofcom, “Promoting Investment and Innovation in the Internet of Things”, Statement, 2015

저 자 소 개

● 김 태 한 (Taehan Kim)



- 1996년 2월 : 서울대학교 경영학과 (경영학사)
- 1998년 2월 : 한국과학기술원 산업공학 (공학석사)
- 2005년 2월 : 한국과학기술원 산업공학 (공학박사)
- 2004년~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> : 주파수 이용정책, 기술경제성 분석, 정보통신 비즈니스 모델