

IoT 서비스 활성화를 위한 스펙트럼 정책 및 기술

Spectrum Policy and Technologies for Promoting IoT Services

김 영 수 · 박 덕 규* · 송 경 민**

Young-Soo Kim · Duk-Kyu Park* · Kyeong-Min Song**

요 약

4차 산업혁명 도래와 함께 초연결 사회를 실현할 중추 기술로 IoT가 급부상하고 있으며, IoT 투자 촉진 및 서비스 활성화를 위하여 영국을 비롯한 선진외국에서는 IoT 서비스 수요에 대응하는 주파수 관리정책을 최우선 순위 중의 하나로 추진하고 있다. 국내에서도 2016년 7월에 IoT 관련 유망 신산업 활성화를 위해 IoT 용도로 110 MHz 폭 주파수를 신규로 추가 공급하였다. 그리하여 본 논문에서는 IoT 통신 네트워크의 미래 발전방향과 기술개발 방향을 제시하고, 선진외국의 IoT 주파수 정책을 분석하여 국내의 IoT 서비스를 활성화하기 위한 스펙트럼 정책을 제안하고자 한다.

Abstract

Since IoT is expected to enable hyper-connected society to be realized with the advent of the 4th Industrial Revolution, many advanced foreign countries as well as United Kingdom identified IoT spectrum policy as one of the first priority in spectrum management in order to cope with the frequency demands required for the promotion of IoT service. In Korea, the frequencies of 110 MHz bandwidth has been also supplied additionally for IoT in July 2016 in order to activate a promising new IoT industry based on wireless communication, which has great potential for future industrial growth. Therefore, in this paper, we propose spectrum policy and the research and innovation trends on IoT to promote IoT industry by analyzing the major communication network, the key challenge technologies and the spectrum policy framework of foreign countries.

Key words : IoT Technology, IoT Research and Development, LPWAN, Spectrum Policy

I. 서 론

초연결 사회는 IT를 바탕으로 사람, 프로세스, 데이터, 사물이 서로 연결됨으로써 지능화된 네트워크를 구축, 이를 통해 새로운 가치와 혁신의 창출이 가능해지는 사회를 일컫는다. 이러한 초연결 사회를 실현할 중추 기술로 사물인터넷(IoT)이 급부상하고 있으며, 상호 연결된 단말

의 개수도 기하급수적으로 증가하고 있는 추세이다^[1]. Verizon은 최근 발표된 보고서를 통해 2020년 사물인터넷 단말이 2,000억 개로 증가할 것으로 예상하고 있으며, Gartner는 미래 산업에 큰 영향을 미칠 수 있는 기술 중 하나로 IoT를 선정하였다^[2]. 사물인터넷의 대표적인 유형은 초기에 기업 간 서비스에서 출발하였으나, 최근에는 일반 소비자형 서비스로 발전해 왔다. 현재 우리 주변에

경희대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, KyungHee University)

*목원대학교 정보공학과(Department of Information Engineering, Mokwon University)

**(주)와이비텔(WIBTEL)

· Manuscript received May 8, 2017 ; Revised June 19, 2017 ; Accepted July 4, 2017. (ID No. 20170508-04S)

· Corresponding Author: Duk-Kyu Park (e-mail: parkdk@mokwon.ac.kr)

서 흔히 사용하고 있는 IoT 서비스들은 RFID(Radio Frequency Identification) 방식의 교통카드, 편의점에서 가격 정보를 읽는 바코드, 택배 배송추적, ATM(Automated Teller Machine) 기기, 내비게이션 등과 산업현장에서 가로등 원격제어, 교량 및 댐 안전관리, 공장설비 관리 등 다양한 분야에서 활용하고 있다.

IoT라는 용어는 1999년 P&G사의 'Kevin Ashton'이 처음으로 언급하였으며, 센서 기술을 이용하여 사물들을 인터넷으로 연결하는 것을 미래 비전으로 제시하면서, 2005년에 국제통신연합(ITU)이 IoT 관련 보고서를 발간하면서 주목받기 시작하였다.

IoT 개념은 연결범위 확장에 따라 사물인터넷 정의가 달라질 수 있기 때문에, 그동안 각 국제 표준화기구 및 기관별로 다양하게 정의하고 있으나, 일반적으로 ITU의 개념 정의를 기반으로 하고 있다. IERC(European Research Cloud on IoT)에 의하면 IoT는 다른 비전들과 다양한 분야의 활동들로 이루어져 있는 개념과 패러다임으로 구성되어 있으며, IoT는 새로운 응용/서비스를 창조하기 위하여 독특한 주소 구조를 가지고 다른 사물들간에 상통할 수 있는 다양한 사물들로 구성된 환경에 광범위하게 존재한다고 생각할 수 있다. 과거 몇 년 사이에 IoT는 통신 프로토콜과 디바이스 중심의 단순한 개념에서 점점 진화하여, 디바이스, 인터넷기술, 그리고 사람(사물, 데이터 등)이 보안, 프라이버시, 신뢰도 문제를 해결하는 것까지 포함한 비즈니스 혁신, 재현성, 상호운용성을 위한 완전한 생태계를 창조하는 것으로 개념이 바뀌어 가고 있다. 미래창조과학부는 IoT를 실세계와 가상세계에 존재하는 사람, 사물, 공간, 데이터 등 모든 것들이 인터넷으로 상호 연결되어 서로 소통하고 작용하는 지능형 서비스 인프라로 정의하였으며, IERC는 실제와 가상의 사물들이 고유특성과 물리적/가상적 특성을 가지고 있고, 지능형 인터페이스를 사용하며, 끊임없이 정보네트워크를 통합하는 표준과 상호운용 통신 프로토콜을 기반으로 자기 스스로 재구성이 가능한 동적인 글로벌 네트워크 인프라로 정의함으로써 IoT의 범위를 인프라까지 확대 정의하고 있는 추세이다. 이와 같은 IoT 영역이 확대되면서, 일반적으로 IoT의 4대 기술분야를 센싱기술, 유/무선 통신 네트워크 기술, 플랫폼 기술 및 서비스 기술로 분류하고

있으며, 이 중에서 다양한 전파서비스를 제공하기 위해서는 무선통신망 구축이 필수이며, 이를 실현하기 위해서는 주파수 자원 확보가 매우 중요하다.

본 논문에서는 IoT 개념 정의 변화에 따른 새로운 IoT 핵심기술을 중심으로 향후 개발되어야 할 주요 기술들을 제시하고, 외국의 스펙트럼 정책분석을 수행하여 국내 IoT 서비스 활성화를 위한 효율적인 스펙트럼 정책을 제안하고자 한다. 이를 위해 II장에서는 IoT 무선네트워크 기술 및 IoT 핵심 기술을 분석하고, III장에서는 IoT 통신 기술과 미래의 연구개발 방향을 제안한다. IV장에서는 IoT 서비스 확장 및 미래 주파수 수요에 능동적으로 대응하기 위한 영국, 미국 및 일본의 IoT 스펙트럼 분배 정책을 분석 정리하고, V장에서 IoT 핵심 기술 중의 하나인 LPWAN(Low Power Wide Area Network)을 위한 주파수 분배 방안, 주파수 공동사용 기반 IoT 스펙트럼 정책, 800 MHz 대역의 효율적인 주파수 이용방안을 제안하고, VI장에서 결론을 맺는다.

II. IoT 주요 요소기술 및 무선통신 표준

2-1 IoT 구성 기술요소

2014년에 산업통상자원부 자료에 의하면 IoT 기기 생태계는 반도체 및 센서, 통신모듈 및 단말기로 구성되고, 사물인터넷 서비스 생태계는 사물인터넷 플랫폼, 서비스, 통신으로 구성되어 있으며, 시장 참여자는 디바이스의 생산 및 사용자(센서, 통신모듈, 단말기), 솔루션 및 플랫폼 개발 및 제공자, 소비자(개인, 가정, 산업, 공공)로 구성되어 있다고 발표하였다³⁾. 이러한 구분을 토대로 IoT 구성 기술을 살펴보면 그림 1에 보여진 것처럼 센서기기, 네트워크, 플랫폼 및 서비스로 분류될 수 있으며, 사이버 침해 공격과 프라이버시 유출 위협을 예방하는 안전하고 신뢰성 높은 IoT 서비스를 제공하기 위한 보안 기술로 분류할 수 있다⁴⁾.

반도체/센서는 비용 절감과 성능 향상을 위해 모니터링, 센싱 및 정보처리, 통신을 위한 필수적인 요소로 현재 IoT 단말가격에서 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 센서는 아날로그 방식에서 스마트센서로 빠르게 진화되고 있는 추세이다. MCU(Microprocessor Control Unit)는 대부분

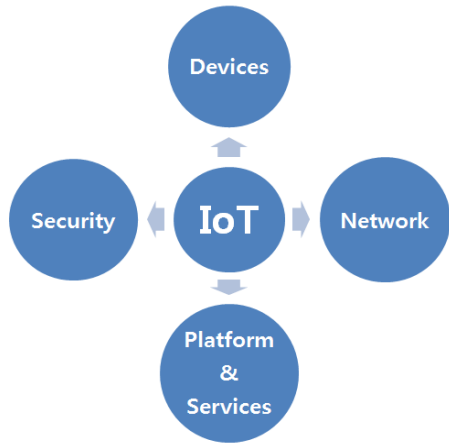


그림 1. IoT 구성 기술요소
Fig. 1. Components of IoT system.

의 전자제품에 들어가 전자제품의 두뇌 역할을 하는 핵심칩으로 제품별 다양한 특성을 컨트롤하는 비메모리 반도체이다. 가정과 산업시설의 보안 및 자동화, 유지보수, 자동차, 의료, 가전제품 등의 M2M(Machine-to-Machine) 모듈의 연결이 빠르게 확산되고 있는 가운데, IoT 통신모듈은 임베디드 형태로 각종 단말기에 장착되고 있다. 소프트웨어는 운영체제, 게이트웨이/어그리게이트, 클라우드, 가상화, 보안, 모바일/웹 연결을 위한 APIs(Application Programming Interfaces) 등의 분야에 적용되는 기술요소이다. IoT 환경에서 산업별로 특화된 통신 아키텍처 지원이 점점 중요해지고 있으며, 통신사업자들은 점차 플랫폼 및 서비스 부문으로 영역을 확장 중이다.

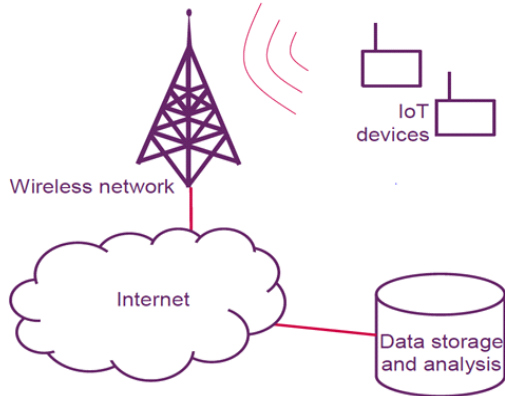
IoT 서비스는 사물로부터의 정보를 생성할 수 있는 맞춤형 설비를 설치하고, 이를 통해 데이터를 감지, 통제, 관리, 공유, 분석하는 기능을 제공할 것으로 예상되며, 다양한 산업 및 시스템에 적용되어야 한다는 점에서 맞춤형 서비스 및 통합능력이 요구된다. 이러한 구성 기술요소를 기반으로 IoT 영역이 글로벌 인프라까지 확대되는 가운데 Gartner가 미래의 IoT 10대 주요 기술을 발표하였으며, 표 1에 10대 주요 기술을 요약하여 기술하였다.

2-2 IoT 무선통신 네트워크 기술

본 절에서는 IoT 기기와 통신망 간에 사용되는 무선통신기술을 살펴보도록 하며, 그림 2는 IoT 전체 네트워크

표 1. 미래의 IoT 10대 주요 기술^[5]
Table 1. The top 10 IoT technologies^[5].

| Technology | Key contents |
|------------------------------------|---|
| IoT security | - Due to HW and SW advances IoT security is a fast-evolving area through 2021 and the skills shortage today will only accelerate. - It is expected that the companies adopting IoT are investing in these areas. |
| IoT analytics | - Require new algorithms, architectures, data structures and approaches to machine learning |
| IoT device management | - Significant innovation will result from the challenge of enabling technologies that are context, location, and state-aware while at the same time consistent with data and knowledge taxonomies. |
| Low-power short-range IoT networks | - Low-power short-range IoT networks will dominate wireless IoT connectivity through 2025, far outnumbering connections using wide-area IoT networks. |
| LPWAN | - LPWAN aim is to deliver data rates from hundreds of bits per second(bps) to tens of kilobits per second(kbps) with nationwide coverage, a battery life of up to 10 years, an endpoint hardware cost of around \$5, and support for hundreds of thousands of devices connected to a base station or its equivalent. |
| IoT processors | - Low-end 8-bit microprocessors will dominate the IoT through 2019 and shipments of 32-bit microprocessors will overtake the 8-bit devices by 2020 |
| IoT operating systems | - A wide range of IoT-specific operating systems with minimal and small footprint will gain momentum in IoT through 2020 as traditional large-scale operating systems including Windows and iOS are too complex and resource-intensive for the majority of IoT applications. |
| Event stream processing | - Systems creating tens of thousands of events per second are common, and millions of events per second can occur in some telecom and telemetry situations. - They typically use parallel architectures to process very high-rate data streams to perform tasks such as real-time analytics and pattern recognition. |
| IoT platforms | - Low-level device control and operations - IoT data acquisition, transformation and management - IoT application development, including event-driven logic, application programming, visualization, analytics and adapters to connect to enterprise systems. |
| IoT standards and ecosystems | - Standards and their associated APIs will be essential because IoT devices will need to interoperate and communicate. |

그림 2. IoT 네트워크 구조¹⁶⁾Fig. 2. Typical network architecture of IoT¹⁶⁾.

의 일반적인 네트워크 구조를 보여주고 있다. IoT의 무선 통신 기술은 크게 기기간 통신, 근거리 및 장거리 IoT 통신기술로 구분할 수 있다.

2-2-1 근거리 IoT 통신

대표적인 근거리 IoT 통신은 Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, SUN(Smart Utility Network) 및 IEEE 802.11계열 WLAN 기술을 들 수 있으며, 각각의 특징을 간단히 살펴보기로 한다.

Bluetooth는 스마트폰 혹은 컴퓨터와 1:1 직접 통신을 하는 데에 특화되어 있으며, 초기에는 IEEE 802.15.1 표준에 기반하였으나, Bluetooth 2.0 이후 Special Interest Group (SIG)에서 표준화를 진행하고 있다. 전력 소모의 측면에서 기존의 Bluetooth(v2.1)을 개선한 Bluetooth LE(v4.0)을 개발하여, 2013년 12월에 인터넷 접속 및 허브기능을 추가한 Bluetooth 4.1 표준을 공식 발표하였고, 2014년에 Bluetooth v4.2를 완성하였다. ISM 대역인 2.400~2.483 MHz를 사용하고 있으며, 1 MHz씩 79채널을, v4.0에서는 2 MHz 간격으로 40채널을 사용하면서 비컨을 통한 위치기반 서비스에 핵심적으로 사용되고 있다. 표 2는 블루투스의 데이터 전송속도와 특징을 Bluetooth LE와 비교 설명하고 있다.

ZigBee IEEE 802.15.4는 주로 산업적으로 이용되는 센서 네트워크에 사용되며, 2.4 GHz 대역을 사용하면서 250 kbps의 전송속도를 제공한다. ZigBee 코디네이터와 ZigBee 라우터를 통해 다양한 네트워크 토폴로지를 지원한

표 2. Bluetooth와 Bluetooth LE의 비교

Table 2. Comparison between Bluetooth and Bluetooth LE.

| | Bluetooth | Bluetooth LE |
|-------------------------|--------------|--------------|
| Max. distance/range | 100 m | > 100 m |
| Over the air data rate | 1~3 Mbps | 1 Mbps |
| Application throughput | 0.7~2.1 Mbps | 0.27 Mbps |
| Latency | 100 ms | 6 ms |
| Total time to send data | 100 ms | < 3 ms |
| Voice capable | Yes | No |
| Power consumption | 30 mA | 15 mA |
| Max output power | 20 dBm | 10 dBm |

다. 물리계층을 살펴보면 별도 채널 코딩없이 스프레딩과 PSK 변조를 통해 근거리 저속 무선통신에 적합하도록 구현되어 있으며, 낮은 전송속도와 함께 간단한 물리계층 구조를 가지고 있다.

Z-wave는 주로 홈 네트워크에서 사용되며, 메쉬(Mesh) 네트워크 토폴로지를 사용한다(최대 4번 호핑). 900 MHz 대역에서 100 kbps의 전송 속도를 가지면서 Wi-Fi와의 간섭은 없다. Zigbee와는 다르게 서로 다른 벤더 제품들과 어플리케이션 레벨에서 상호운용이 가능하다. 국내에서는 LGU+에서 2013년 12월에 미래창조과학부 전파 승인 후 자사 홈 네트워크 무선 표준으로 사용하고 있다.

SUN은 발전과 배전에 관련된 기존 전력망에 가정과 상업 지구에 존재하는 미터기, 가전기, 공공시설 및 전 기자동차의 전력 소비량 계측과 모니터링을 능동적이고 쉽게 수행하기 위해 필요한 양방향 통신 방식을 제공한다. ISM 대역과 917~923.5 MHz(국내) 주파수를 사용하고, 전송율은 4.8~200 kbps로서 비교적 저속이며, 전송거리는 실외에서 1 km로서 IEEE 802.15.4g(802.15.4 수정 표준) 표준을 사용한다.

WLAN은 무선 환경에서도 유선 인터넷과 같은 높은 수준의 통신 품질을 제공하기 위해 개발된 기술이면서 반드시 AP(Access Point)를 경유하게 되어 있다. 표 3은 IEEE 802.11계열 WLAN 기술들의 특성을 비교 설명하고 있다.

2-2-2 장거리 IoT 통신

셀룰러망을 이용하고, 통신 커버리지가 개선되고, 대량

의 기기 접속을 지원하고, 기기 복잡도를 줄여 전력효율

표 3. WLAN의 특성 비교

Table 3. Technical comparison of WLAN.

| | Frequency band | Channel bandwidth | Maximum data rate | Key technology |
|----------|---|------------------------|-------------------|---------------------|
| 802.11b | 2.4 GHz | 5 MHz | 11 Mbps | DS |
| 802.11a | 5 GHz | 20 MHz | 54 Mbps | OFDM |
| 802.11n | 2.4/5 GHz | 20/40 MHz | 600 Mbps | OFDM, MIMO |
| 802.11ac | 5 GHz only | 20/40/80/160/80+80 MHz | 6.9 Gbps | MU-MIMO |
| 802.11ad | 60 GHz | 2.16 GHz | 6.7 Gbps | Directional antenna |
| 802.11af | TV white space (54~72, 76~88, 174~216, 470~698 MHz) | 6/12/24/6+6/12+12 MHz | 384 Mbps | |
| 802.11ah | TV white space (902~928 MHz) | 1/2/4/8/16 MHz | 346.6 Mbps | |

을 효율화한 셀룰러 IoT와 성능을 맞춤형 IoT에 근접하도록 진행되고 있는 3GPP의 NB-IoT(NarrowBand-IoT) 통신 표준, 그리고 저전력, 저비용, 저감쇄, 대용량을 만족할 수 있는 LPWAN(Low Power Wide Area Network) IoT 네트워크 표준기술 기술인 Weightless, LoRa, SigFox 및 1 GHz 이하 대역을 사용하는 IEEE 802.11ah가 대표적인 장거리 IoT 통신으로 대두되고 있다. 표 4는 대표적인 LPWAN(Low Power Wide Area Network) 통신표준 기술들간의 특성 비교를 보여주고 있다. 표 5는 3 GPP에서 그동안 추진해 왔던 IoT 통신 표준을 비교분석하였으며, 최종적으로 2016년 6월에 NB-IoT로 표준이 확정되었다. NB-IoT(Narrow-band IoT)는 LTE 대역을 사용하지만 LTE와는 호환이 안되며, 데이터 속도도 저속인 200 kbps 정도로서 일종의 맞춤형 IoT이다.

2-2-3 기기간 통신

대표적인 기기간 통신으로 Wi-Fi Direct와 LTE Direct를 들 수 있다. 일반적인 Wi-Fi는 인프라 구조 모드에서 사용되는 반면에, Wi-Fi Direct는 Wi-Fi의 애드혹 모드를 사용한다. 즉, 네트워크 내에서 다른 장치를 찾아서 연결하는 기능을 제공하며, 하나의 장치만 Wi-Fi Direct 표준을 따르더라도 P2P(Point-to-Point) 연결 설정을 통해 직접

표 4. LPWAN의 비교^[7]

Table 4. Comparison of LPWAN^[7].

| Name of standard | Weightless-P | IEEE 802.11ah (LP WiFi) | SigFox | LoRa |
|-------------------------|----------------------|---|--------------------------|---|
| Network architecture | Star | Star, Tree | Star | Star |
| Frequency band | Under 1 GHz ISM Band | Under 1 GHz unlicensed band except TVWS | 868/902 MHz ISM | 433/868/780/915 MHz ISM |
| Modulation type | | | GMSK(UNB)/no | Chirp FM + spread spectrum |
| Channel bandwidth | 12.5 kHz | 1/2/4/8/16 MHz | UNB(ultra narrowband) | EU: 8×125 kHz, US: 64×125 kHz |
| DL/UL data rate | 200~100 kbps | 150 kbps~ 346.666 Mbps | 100 bps~140 messages/day | EU: 300 bps~50 kbps US: 900 bps~100 kbps |
| End node transmit power | 17 dBm | 1 mW~1 W | 10 uW~100 mW | EU: <+14 dBm, US: <+27 dBm |
| Adaptive rate | Yes | Yes | No | Yes |
| Range | 2 km(urban) | Up to 1 km(outdoor) | 3~10 km(urban) | 2~5 km(urban), 15 km(rural) |
| Node roaming | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Governing body | Weightless SIG | IEEE 802.11 WG | SigFox | LoRa Alliance |

표 5. 3GPP IoT 통신망 비교
Table 5. Comparison of 3GPP IoT communication network.

| | Rel 8 | Rel 12 | Rel 13(16.3) | Rel 13(16.6) |
|--------------------------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------------|
| | CAT-1 | CAT-0 | CAT-M | NB-IoT |
| DL/UL maximum data rate | 10 Mbps/ 5 Mbps | 1 Mbps/ 1 Mbps | 1 Mbps/ 1 Mbps | 200 kbps/ 200 kbps |
| MIMO | 2×2 | No | No | No |
| DL/UL duplex | Full FDD | Half FDD | Half FDD | Half FDD |
| Bandwidth (MHz) | 20 | 20/100 RB | 1.4 (6RB) | 0.2 |
| UE maximum transmit power(dBm) | 23 | 23 | ~23 | ~23 |
| Subcarrier spacing(kHz) | 15 | 15 | 15 | DL 15 UL 3.5,15 |
| LTE compatibility | Yes | Yes | Yes | No |
| Frequency band | LTE inband | LTE inband | LTE inband | LTE inband or guardband |
| Chipset Cost | 100 % | 90~100 % | 25 % | 10~15 % |
| Coverage gain | 0 dB | 0 dB | Above 15 dB | Above 20 dB |

데이터 교환이 가능하다.

LTE Direct는 기지국을 거치지 않고 스마트폰 간에 직접 통신할 수 있는 기술로서, 반경 500 m~1 km 범위 내의 LTE 기기 간 통신이 가능하다. 주파수 재사용 효율이 증가되며, 면허대역을 사용하므로 서비스품질이 보장된다.

III. IoT 통신 네트워크 및 기술개발 방향

3-1 통신기술 발전방향

IoT 통신서비스는 커버리지는 길고 넓어지면서 데이터 속도는 점점 증대되는 통신서비스를 요구하고 있다. 근거리 통신기술인 블루투스 및 지그비부터 장거리 고속 서비스인 LTE-A 기술까지 IoT 서비스를 제공하기 위한 다양한 IoT 네트워크 기술 표준화 작업이 진행되고 있다.

가전/통신/게임 제품 등의 근거리 홈 IoT 서비스에서 벗어나, 업무 자동화(가스, 전기, 수도 등), 기상/재난/환경 관측 및 보호, 범죄 예방 및 보안, 헬스케어, 의료 및 복지 지원, 공장 및 농장 감시 및 제어, 가정 및 빌딩 관리, 지능형 교통시스템, 물류관리, 조류관리와 같은 IoT 응용 분야에서 광역 IoT 서비스를 제공하기 위해서는 저전력, 저비용, 저감쇄, 대용량을 만족할 수 있는 LPWAN IoT 네트워크 기술 개발이 절대적으로 필요하다.

3-2 IoT 연구개발 방향

앞으로, IoT는 처리되고 분석되어야 할 보다 많은 데이터를 생성하고, 디지털시장에서 도전적인 기술들을 혁신 개발하기 위해서는 IoT 응용은 새로운 비즈니스 모델과 제품-서비스의 결합 등을 요구할 것으로 기대된다. IoT는 가상, 디지털, 실제 세계를 연결해 주는 것이며, 이동네트워킹은 수십억 개의 사물이 상호 연결되도록 스케일러블 할 필요가 있다⁷⁾. 반면에 처리능력은 이러한 실제 사물들이 제공하는 정보를 추소화하는 것이 필요하다. 가상세계에서 네트워크 가상화, Software-Defined-Network(SDN), 디바이스 관리 플랫폼, 엣지컴퓨팅 및 데이터 처리/분석 기술들이 IoT를 가능케 하는 기술로서 빠르게 개발되어야 한다. 더 나아가 IoT가 가상세계, 디지털세계, 실제적인 세계를 연결해줌으로써 IoT 응용과 플랫폼으로부터 지식이 생성되는 반면에 보안, 프라이버시, 신뢰성 이슈들이 IoT 기술분야에서 중요시되고 있다. 따라서 미래의 기술개발방향의 큰 트랙으로 사이버 보안과 관련된 공격, 방어, 복원력 관련 기술개발이 더욱 중요하다. 그림 3에

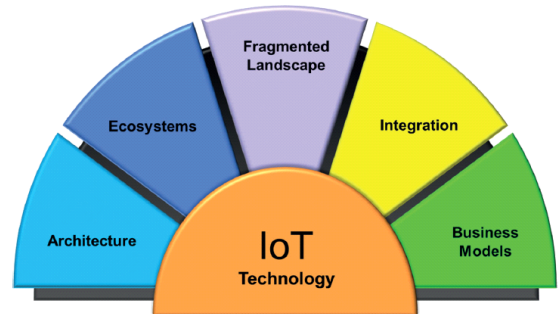


그림 3. 미래의 IoT 연구개발 방향
Fig. 3. Future challenge for IoT research and development.

제시한 바와 같이 IoT 기술을 기반으로 한 미래의 R&D 전략은 인터넷 구조, 생태계 조성, 파편화되어 있는 다양한 도메인 응용의 통합, 비즈니스 모델 창출을 목표로 하는 연구개발 비전과 전략을 수립하는 방향으로 추진하는 것이 중요하다.

IV. 외국의 IoT 스펙트럼 정책

4.1 영국

2014년 7월 23일 Ofcom은 세계적으로 주목받는 IoT 분야에 대한 전폭적인 투자 및 혁신을 주도하기 위하여 해당분야 이해관계자들의 의견수렴을 추진하였으며, 2015년 1월 27일 IoT 투자 및 혁신을 촉진하기 위한 의견수렴 결과를 발표하였는데, 주요 내용은 IoT용 주파수 공급 방향을 제시한 점이다. IoT의 미래 주파수 수요를 고려하여 서비스 범위에 따른 전용 대역 지정 및 공동사용 등의 분배방식과 검토 후보대역을 제시하였다^[6].

4.1-1 IoT 스펙트럼 수요에 미치는 요소와 주파수 분배

스마트폰과 태블릿 PC로 인한 이동 광대역 서비스 수요가 증대되고 있는 가운데 IoT 통신으로 인한 수요가 더욱 증대되고, 추세에 맞추어 최근의 Ofcom 스펙트럼 관리 정책 중에서 IoT 서비스 수요에 대응하는 정책수립을 최우선 순위 중의 하나로 설정하였다. 그림 4는 스펙트럼 사용 이해 당사자들이 제시한 IoT 스펙트럼 관리정책의

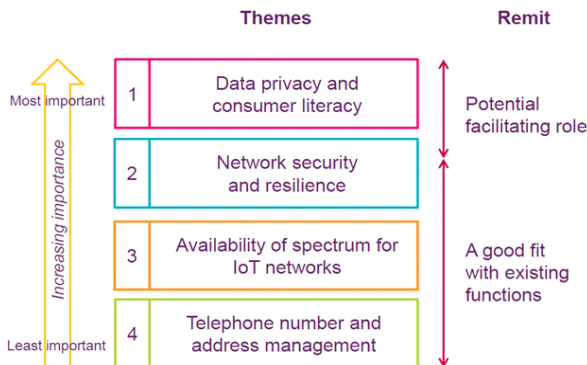


그림 4. IoT 스펙트럼 관리정책의 4가지 우선순위^[6]
 Fig. 4. Four priority themes in Ofcom spectrum management policy^[6].

4가지 우선순위를 보여주고 있다.

다양한 IoT 응용과 기기가 존재하는 가운데 IoT 서비스를 제공하기 위해서는 다양한 기술과 스펙트럼 대역을 사용해야 하며, 이러한 스펙트럼 요구에 영향을 미치는 요소들을 살펴보면 다음과 같다.

i) 광역 혹은 빌딩 내 커버리지가 요구될 때는 보다 낮은 주파수 스펙트럼이 필요하고, ii) IoT 서비스 가용성과 QoS 보장이 요구될 때는 면허 스펙트럼이 필요하며, iii) 기기의 배터리 수명 최적화가 요구될 때는 낮은 복잡도를 기반으로 한 네트워크가 필요하다. 이러한 요소들을 고려하여 Ofcom에서는 그림 5와 같은 IoT 서비스용 주파수 분배 프레임워크를 제시하였다. 주파수 프레임워크에서 특이사항은 업무용 무선으로 분배되어 있는 VHF 대역 중에서 주파수 이용률이 저조하거나, 미사용 대역인 55.75625~60 MHz, 62.75625~64.8 MHz, 64.8875~66.2 MHz의 총 7.6 MHz 대역폭을 IoT 전용대역으로 지정하였다는 점이다. 그림 6은 IoT 서비스용으로 사용될 수 있는 VHF 무선 링크를 설명하고 있다.

IoT를 포함한 다양한 서비스를 위해서는 많은 이해 당사자들이 면허 및 면허불요 기반 스펙트럼 액세스의 보조 수단으로 공동사용 기반 스펙트럼 액세스를 중요하게 생각하고 있었다. 예를 들면 건강 혹은 피트니스 트랙커 같은 짧은 거리에서 동작하는 소비자 IoT 기기는 고신뢰성과 실시간 통신을 요구하므로, 이런 응용은 비면허 기반으로 통신하는 블루투스 및 Wi-Fi 기술을 사용하면 된

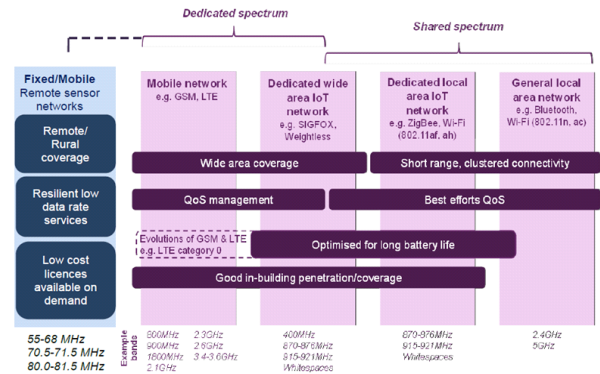


그림 5. IoT 서비스용 주파수 분배 프레임워크^[6]
 Fig. 5. Framework for considering spectrum requirements for the IoT^[6].

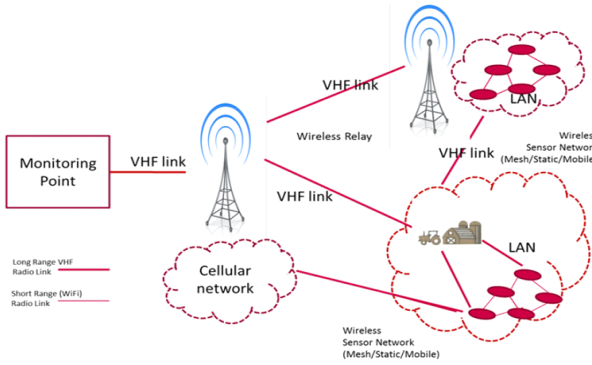


그림 6. IoT 서비스용 VHF 무선링크^[6]
 Fig. 6. VHF wireless link for IoT service^[6].

다. 저속 및 저전력 소비를 요구하는 IoT 기기의 특수한 요구사항을 제공하도록 표준이 진화하는 기술로서 저전력 블루투스 스마트를 제공하고, Wi-Fi의 IoT 최적화 버전인 IEEE 802.11ah를 들 수 있다. 보다 장거리 IoT 통신에는 IoT용으로 최적화되었거나 사용되어 왔던 맞춤형 IoT 네트워크와 이동통신 네트워크가 주요 역할을 할 것이다. 맞춤형 IoT 네트워크는 IoT 서비스의 상세 요구사항을 만족하도록 설계되어 있기 때문에, 매우 효율적으로 동작할 수 있는 잠재성이 있다. 맞춤형 IoT 네트워크 기술은 면허 혹은 면허불요 기반으로 둘 중의 하나를 선택 가능하도록 하며, 비면허인 경우에 스펙트럼 면허 필요없이 맞춤형 IoT 네트워크 운용이 가능하므로 새로운 망 사업자들의 진입 장벽을 낮추어 주는 효과가 있다. 최근에 영국에서 사용 가능한 870 MHz 주파수 대역이 비면허대역으로서, 맞춤형 IoT 네트워크가 운용될 수 있는 한가지 방법이다. 맞춤형 IoT 네트워크를 사용하는 잠재적인 단점 중의 하나는 완전히 새로운 네트워크 장비를 사용해야 한다는 점이다. 반면에, 보다 장거리 통신이 요구되면 IoT 최적화된 이동 네트워크가 기존 이동 네트워크 소자를 재사용할 수 있으므로, 보다 쉽고 저렴하게 서비스를 촉진시킬 수 있다.

4-1-2 Ofcom IoT 주파수 정책

Ofcom은 영국에서만 IoT가 수 억개의 기기로 구성될 정도로 성장할 것으로 예측하고 있다. 각 기기의 데이터 교환량은 매우 적고 하루에 기기당 수백 kbytes 정도로 낮

을 것으로 Ofcom은 예상하고 있으나, IoT가 성숙 되었을 때를 대비하여 장기적으로는 추가적인 스펙트럼이 필요하다고 인식하고 있다. 비디오 기반 IoT 서비스에 대한 수요가 출현하는 경우에 스펙트럼의 요구가 발생할 것이고, 미래 IoT의 성숙과 정확한 시장크기를 장기적으로 정확하게 예측하는 것은 쉽지 않으나, Ofcom은 IoT를 포함한 다양한 용도를 위해서 추가적인 스펙트럼이 사용 가능토록 할 예정이다. 추가 스펙트럼에는 870~876 MHz와 915~921 MHz 대역에서 비면허로 사용을 허용하는 것을 포함하고 있으며, 870~873 MHz에서는 High duty cycle network인 중계국이 light license 기반으로 운용되도록 허용하고 있다. Ofcom은 현재 4G 서비스가 사용하고 있는 800 MHz 대역부터 현재 3G와 4G가 사용하고 있는 2 GHz 이상 대역까지 IoT 활용이 가능토록 할 예정이다. 미래의 요구와 추가적인 용량에 대한 요구가 있을 경우에는 Ofcom은 다음의 세 가지 안을 검토 추진할 계획이다.

- i) 700 MHz 스펙트럼을 이동 광대역용으로 미래에 분배 시 그 일부분을 IoT용으로 분배 검토
- ii) 비면허 기반 1 GHz 이하에서의 추가적인 분배 검토
- iii) 공동사용기반으로 하는 스펙트럼의 보다 많은 이용 정책 추진

870과 915 MHz 외에 1 GHz 이하에서 비면허 기반으로 추가적인 스펙트럼의 필요성이 제기되어서 검토할 계획이다. 700 MHz 대역처럼 1 GHz 이하의 스펙트럼을 사용하면 보다 장거리와 깊은 지역까지 서비스 제공이 가능하므로 IoT 이용 가능성을 적극 검토할 계획이다. 추가적인 대역폭 발굴은 사용대역을 회수하거나 혹은 보다 많은 기기가 사용할 수 있도록 대역 사용 기술기준을 완화함으로써 IoT 서비스가 더욱 활성화될 수 있도록 스펙트럼 관리정책을 수립할 계획이다.

4-2 미국

미국은 기본전략이 IoT용 전용대역은 분배하지 않고 IoT용의 대역은 모두 공동사용을 원칙으로 하고 있다. FCC는 IoT 서비스 폭증으로 부터 제기되는 PAN/LAN 주파수 수요 증대에 대응하기 위하여 주기적으로 체계적으로 지속적으로 모니터링을 하며, 분석과 계획을 수정할 계획이다. IoT 관련 산업/기업의 계획을 가이드하기 위하여 보

다 구체적이고 시의적절하게 IoT 주파수 정책을 수립할 계획이다. 긴 수명을 요구하는 IoT 기기는 무선기술 진화에 덜 민감하면서 근거리 통신이 가능한 비면허 대역을 사용하도록 하고 있다⁸⁾. 이외에 중단거리 IoT 통신을 위하여 FSS(Fixed Satellite Service)가 사용하고 있는 S, C, Ku 대역에서도 IoT 응용과 공동사용하는 것을 적극 고려하고 있다.

4.3 일본

최근 일본에서도 IoT가 발전하는 가운데 의료·농업·교통 등의 다양한 분야에서 새로운 형태의 전파이용이 발생하고 이러한 움직임을 촉진하기 위한 전파이용환경 정비가 중요한 추진과제로 주목받고 있다. 특히 일본은 2020년에 동경 올림픽·패럴림픽경기대회가 개최될 예정이며, 이것을 목표로 전파를 이용한 새로운 혁신의 창출이 기대되고 있는 상황이다. 이러한 상황에 주목하여 일본 총무성에서는 국가차원의 다양한 부분의 전파이용 활성화를 위해, 총무대신이 주관하여 2016년 7월에 「전파정책 2020간담회 보고서」를 발표하였다⁹⁾. 이 보고서에서는 IoT의 중요성과 IoT 기반의 새로운 모바일서비스 실현을 위한 다양한 정책 및 추진과제를 제시하고 있다. 특히 총무성의 담당부서에서는 “IoT/Bigdata 시대를 위한 새로운 정보통신정책 방향”, “IoT 관련 기술개발·표준화 전략”, “IoT 시대를 위한 이동통신정책”, “IoT 시대의 무선통신시스템”, “IoT, AI, 로봇에 대한 전략”, “로봇·IoT에서 전파이용 고도화” 등 다양한 추진전략을 제시하고 있으며, 산업체, 학계, 정부가 함께 하는 「IoT 추진컨소시엄」이 2015년 10월에 설립되어 기술개발, IoT 이용과 활용, 정책과제 해결을 위한 협력을 추진하고 있다.

본 논문에서는 이러한 내용 가운데 최근에 일본에서 중점적으로 진행하고 있는 주요 IoT 서비스 활성화를 위한 전파정책을 분석한다.

총무성에서는 2016년 「전파정책 2020간담회」를 개최하여, 제5세대 이동통신시스템(5G)와 차세대 ITS(고속도로교통시스템) 등 새로운 모바일서비스 실현을 위한 추진방향에 대한 검토를 수행하였다. 2016년 7월에 발표된 최종보고서에는 Cloud에 축적되는 다양한 종류의 대용량 데이터유통에 반드시 필요한 IoT 시대의 ICT 기반에 5G

를 확립시킴과 동시에, 9개의 이용 및 활용분야와 3개의 프로젝트, 9개의 추진모델을 제시하여, 프로젝트 추진을 통한 2020년 5G 실현을 가속시킬 계획이다. 4G까지는 스마트폰과 태블릿 등으로 정보를 전송하는 것이 서비스의 중심이 되었으나, 5G에서는 「초고속」의 특징을 포함하여, 「저지연」과 다수의 센서와 단말이 동시에 접속되는 「동시다수접속」이라는 특징을 가지고 있으며, 자동차분야를 시작으로 지금보다 훨씬 많은 분야의 활용이 기대되고 있다. 특히 그림 7에서 제시한 9개의 분야에 대한 전개를 어떻게 실현할 것인가가 5G 보급에 중요한 포인트로 생각되고 있다.

이것들의 9개 이용 및 활용분야에 전개를 추진하기 위하여, 5G 도입 전에 연구개발과 실증단계부터 다양한 이용 및 활용분야와 제휴를 수행하는 것이 중요하다. 이를 위하여, 9개의 이용 및 활용분야에 5G의 조기도입을 추진하기 위하여 5G의 주요 조건인 「초고속」, 「다수동시접속」, 「초저지연」을 기본으로 「Ultra-broadband」, 「Wireless IoT」, 「차세대 ITS」의 3개 프로젝트를 추진하는 것을 나타내고 있다. 여기에서 「초고속」은 LTE(제4세대)의 100배를 초과하는 「초고속통신」(10 Gbps), 「다수동시접속」은 LTE의 1천배 사용자를 수용할 수 있는 대용량화(1 km²당 100만대 기기와 접속 가능), 「저지연화」는 무선구간의 전송지연을 1 ms 이내로 정의하고 있다.

그림 8에 보여진 바와 같이, 3개의 프로젝트에 대하여는 프로젝트별로 3개의 구체적인 추진모델을 동시에 제시하고 있다. 향후, 프로젝트 추진에 따라 통신사업자와

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|--|---|-------------------------------|
| 1 | Sport (Fitness) | 2 | Entertainment (Games/Tourism) | 3 | Office/Workplace |
| 4 | Medical care (Health/Welfare) | 5 | Smart house/Life (Daily goods, Communications) | 6 | Retail (Finance, Payments) |
| 7 | Agriculture, Forestry and Fishery | 8 | Smart Cities/Areas (Construction/Maintenance) | 9 | Transport (Commute/Logistics) |



그림 7. 차세대 모바일서비스 실현을 위한 프로젝트⁹⁾
 Fig. 7. Project for next-generation mobile service implementation⁹⁾.

| Ultra-Broad band | | Wireless IoT | | Next-Generation ITS | |
|----------------------------------|---|---|--------------------|---|--|
| Ultra-fast simultaneous delivery | Wireless network fusion | Next Generation 「Connected Car」 | | Ultra-low latency inter vehicle communication | |
| Wireless realism | Large numbers of simultaneous connections | Ultra-fast communication for high-speed mobile services | | | |
| High performance image sensors | Wireless platform | | | | |
| Sport | Entertainment | Office/Workplace | Medical care | Smart house/Life | |
| Retail | Agriculture, Forestry and Fishery | | Smart Cities/Areas | Transport | |

그림 8. 9개의 「추진모델」^[9]
 Fig. 8. Nine promotion models^[9].

통신기기 Vendor뿐만 아니라, 이용과 활용 분야의 관계자를 포함하여 실시체제를 구축하고, 프로젝트의 구체적인 내용도 제시하였다.

5G는 종래의 스마트폰과 휴대전화의 이용형태를 벗어난 이동통신시스템으로 검토가 진행되고 있으며, IoT 시대의 ICT 기반으로 다양한 분야에서 활용될 것으로 기대되고 있다. 현재 일본에서는 3GPP에서 검토되고 있는 IoT를 위한 통신사양으로 SigFox, LoRa와 함께 NB-IoT와 eMTC(Enhanced Machine Type Communication)에 대한 도입을 위한 검토를 진행하고 있다. 단, NB-IoT와 eMTC는 기존의 이동통신사업자가 할당받은 주파수 대역을 사용한다^[10].

V. 국내 IoT 주파수 정책 제안

스마트폰과 태블릿 PC로 인한 이동 광대역 서비스 수요가 증대되고 있는 가운데 특히 미래사회에서 IoT 통신으로 인한 수요는 더욱 증대되고 있는 추세에 있다. 외국의 스펙트럼 관리정책을 분석해 보면 IoT 서비스 수요에 대응하는 주파수 관리정책이 최우선 순위 중의 하나로 추진되고 있다. 국내에서는 917~923.5 MHz, 2.4 GHz ISM 대역 및 5 GHz 대역 등 총 680 MHz 폭을 IoT용으로 분배하고 있는 실정이다. 미래의 IoT 서비스가 급증할 것으로 예상되며, 전혀 예측하지 못한 고용량, 고품질 서비스(예: 비디오 기반 IoT 서비스)가 대두될 것에 대비하여 V/UHF 대역에서 IoT용 주파수 확보 혹은 주파수 공동사용 정책이 필요하다. 이런 맥락에서 V/UHF 대역 800 MHz 대역에서의 현황을 살펴보면, 800 MHz 대역 통합망 이용기관

이 700 MHz 대역 재난안전통신망 구축으로 인하여 700 MHz 대역으로 이전함에 따라 주파수(2×5 MHz폭) 반납 계획이 되어 있고, 2017년말에 700 MHz 대역 재난안전통신망 구축이 완료될 것으로 예정되어 있으나, 안정화 기간을 고려해 이르면 2018년 말까지 주파수 반납이 가능할 것으로 예상된다. 또한 KTP가 2017년 말까지 2×5 MHz 폭 중 2×3 MHz 폭을 반납할 계획이며, MVNO로 사업전환 추진에 따라 2019년 6월말까지 잔여 2×2 MHz 폭 모두 반납할 것으로 예정되어 있다. 따라서 2019년 중순 이후에는 800 MHz 대역에 2×10 MHz폭의 여유 주파수가 발생한다.

국내의 이용현황 및 외국의 주파수 정책 분석을 토대로 다음과 같은 정책을 제안한다.

- 국내에서는 V/UHF 대역의 마지막 여유대역을 고려할 때, 우수한 전파특성을 갖는 800 MHz 대역에서 IoT용 주파수 확보를 위한 정책 수립이 필요하다.
- 800 MHz 여유주파수 대역은 IoT 전용대역과 공동사용(비면허) 대역으로 재배치하고, HDC(High Duty Cycle)가 필요한 IoT 서비스에는 Light Licensing 제도를 도입하는 정책을 검토할 필요가 있다. 그림 9는 논문에서 제안한 IoT 서비스용 800 MHz 대역 주파수 분배 표이다.
- 전파특성이 우수한 1 GHz 이하에서의 비면허 기반 추가적인 후보 주파수 대역을 발굴하여 IoT용으로 분배를 검토할 필요가 있다.
- LPWAN IoT 서비스를 위한 1 GHz 이하에서의 Light Licensing 도입 정책을 제안한다(예: 고출력, 높은 Duty Cycle).
- IoT 서비스를 위하여 공동사용 기반으로 하는 스펙트럼의 보다 많은 이용정책 추진이 필요하다(예: ISM 대역, TVWS, 이동통신용 대역 등등).

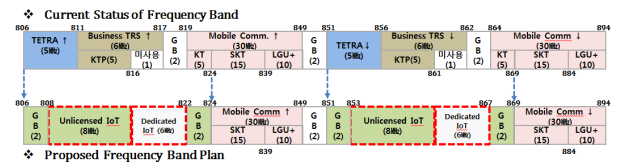


그림 9. IoT 서비스용 800 MHz 대역 주파수 분배 제안
 Fig. 9. Proposed 800 MHz band plan for IoT service.

- 짧은 거리 혹은 실내통신은 Wi-Fi, Bluetooth 혹은 ZigBee 같은 낮은 전력의 비면허기술이 가능하나, 보다 먼 거리 통신은 간섭을 피하기 위하여 면허 스펙트럼이 필요하므로, 이동통신망 혹은 IoT 전용 특수 IoT망 개발이 필요하다.
- 주파수 관리당국은 전문위원회를 구성하여 기술적인 연구를 수행하는 것이 중요하며, IoT 분야에서의 성장과 혁신을 촉진하기 위하여, 새로운 스펙트럼 공동사용 기회를 지속적으로 검토하는 것이 중요하다.
- IoT 응용의 매우 광대한 영역을 지원하기 위해서는 스펙트럼 양의 증대와 다른 유형의 스펙트럼 액세스 방법이 필요하다는 것을 인식하는 것이 중요하다.

VI. 결 론

본 논문에서는 IoT 영역 확장에 따라 매우 다양하게 크로스 도메인으로 구성되어 있는 IoT 응용분야에서 광역 IoT 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 저전력, 저비용, 저감쇄, 대용량을 만족할 수 있는 LPWAN IoT 네트워크 기술개발이 절대적으로 필요하다는 점을 제안하였다. 또한 외국의 IoT 주파수정책을 분석하였고, 그를 토대로 국내에서 필요한 주파수 정책을 제안하였다. 특히 800 MHz 여유주파수 대역은 IoT 전용대역과 공동사용대역으로 재배치하고, 서비스품질을 요구하는 IoT 서비스에는 Light Licensing 제도를 도입할 것을 제안하였다. LPWAN을 위한 1 GHz 이하에서의 Light Licensing 도입 정책과 TVWS 및 이동통신용 대역 등에서 IoT 서비스를 위하여 공동사용 기반으로 하는 스펙트럼 이용정책 추진이 필요하다는 점을 강조하였다.

References

- [1] 한국정보화 진흥원, "창조적 가치연결, 초연결사회의 도래", *IT & Future Strategy*, 2013년 11월.
- [2] Gartner, "Harness IoT innovation to generate business value share", Oct. 2016.
- [3] KT 경제경영 연구소, "융합산업이 이끄는 창조경제", ICT 융합과 정책, 디지이코 오픈 세미나 발표자료. 2016년.
- [4] ETRI, "IoT 시장 및 서비스 전망", 2016년.
- [5] Gartner Identifies the Top 10 IoT Technologies for 2017 and 2018, online at <http://www.dash7.org>
- [6] Ofcom 보고서, "Promoting investment and innovation in the internet of things summary of responses and next steps", *Ofcom*, Jan. 2015.
- [7] Ovidiu Vermesan and Peter Priess, *Digitizing Industry the IoT Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds*, River Publishers, 2016.
- [8] FCC 보고서, "How will IoT impact communications networks in 5, 10 years?", *Technical Advisory Committee*, Oct. 2014.
- [9] 전과정책 2020간담회 보고서, 일본 우정성, www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/denpa2020/02ki-ban09_03000328.html 2016년 7월.
- [10] 로봇·IoT에서 전파이용고도화 등 최근 전과정책, 우정성 총합통신기반국, <http://kiaigr.jp/jigyuu/h28/PDF/0617p1.pdf> 2016년 6월.

김 영 수



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1983년 2월: 연세대학교대학원 전자공학과 (공학석사)
 1988년 12월: Arizona State University 전기공학과 (공학박사)
 1985년 5월~1986년 5월: Consultant, Signal-System Technology Inc., U.S.A.
 1986년 6월~1988년 12월: Research Associate, Arizona State University
 1989년 2월~1992년 8월: ETRI 전파기술부 전파응용연구실 실장
 2002년 1월~2003년 2월: Visiting Faculty, MPRG, Virginia Tech., U.S.A.
 1992년 9월~현재: 경희대학교 전자공학과 교수
 [주 관심분야] 통신 및 레이더 신호처리, 스마트 자동차, IoT, 스펙트럼 공학

송 경 민



2000년 2월: 숭실대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 1999년 12월~2006년 6월: 온세텔레콤 책임연구원
 2006년 7월 ~2007년 1월: 온세미디어 팀장
 2007년 1월~2009년 2월: 온세텔레콤 부장
 2010년 3월~2015년 12월: 와이비텔 대표
 2016년 1월~현재: (주)와이비텔 대표이사
 [주 관심분야] 스펙트럼 공학, IoT, 우주환경, 전파전파, CR

박 덕 규



1984년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1992년 4월: 일본 게이오대 전기공학과 전기공학 (공학박사)
 1992년~1995년: 일본 우정성 통신총합연구소 과학기술특별연구원
 1995년~1999년: 한국전자통신연구원 초빙연구원
 2000년~2001년: 일본 YRP 이동통신기반기술연구소 객원주임연구원
 2006년~2007년: Visiting Faculty, MPRG, Virginia Tech., U.S.A.
 2002년: 일본 전자정보통신학회(IEICE) 우수 논문상 수상
 1995년~현재: 목원대학교 정보통신공학과 교수
 [주 관심분야] 주파수 분배 및 정책, 소출력, 무선설비기술기준