

# 미래 전파기술

## Future Radio Technology

- I. 서론
- II. 전파기반 기술
- III. 전파응용 기술
- IV. 결론

김병찬 [B.C. Kim, bckima@etri.re.kr]  
 박상택 [S.T. Park, stpark@etri.re.kr]  
 강경욱 [K.O. Kang, kokang@etri.re.kr]

미래기술연구실 책임연구원  
 미래기술연구실 책임연구원  
 미래기술연구실 책임연구원/실장

The frequency range of a radio wave is from 3kHz to 300GHz, and radio technologies use this range to improve the quality of human lives. Radio technologies have entered a new phase of communication. The core infrastructure used as the basis for technologies leading the fourth industrial evolution, such as artificial intelligence, the Internet of Things, autonomous cars/drones, augmented reality, robots, and remote medical diagnoses, is the 5G network. The 5G network enables transmitting and receiving large amounts of data at very high speed. In particular, application technologies with artificial intelligence have been studied, including radar, wireless charging, electromagnetic devices and their effects on humans, EMI/EMC, and microwave imaging. In this study, we present a future radio technology that is needed to prepare for the upcoming industrial revolution and digital transformation

\* DOI: 10.22648/ETRI.2017.J.320608

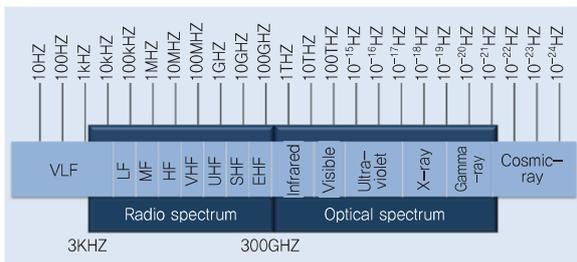
\* 본 연구는 한국전자통신연구원 내부연구과제와 과학기술정보통신부 및 국가과학기술연구회의 민간수탁활성화 사업의 일환으로 수행되었음[17AE1500, 4차 산업혁명을 대비한 가치 창출형 ICT 기술 발굴 및 기획 연구 사업].



본 저작물은 공공누리 제4유형  
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

## I. 서론

전파(Radio wave)는 3kHz~300GHz 대역의 주파수를 의미하는데[1], 최초로 전파가 통신을 위해 이용되기 시작한 이래 인류의 편의를 위해 개발된 수 많은 전파 기술(Radio technology)은 최근 새로운 전기를 맞이하고 있다.



(그림 1) 주파수 스펙트럼과 전파

[출처] NASA, <https://www.nasa.gov>

인공지능(AI: Artificial intelligence), 사물인터넷(IoT: Internet of things), 자율주행 자동차(Autonomous car), 증강현실(AR: Augmented reality), 로봇(Robot), 원격 의료(Telemedicine) 등 4차 산업혁명(The Fourth Industrial Revolution)을 선도할 이러한 미래기술 실현을 위한 핵심 인프라는 빠른 속도로 대용량의 데이터 전송이 가능하게 할 5G(5 Generation) 무선 네트워크인데, 이를 구현 가능하게 하는 것이 바로 전파기술이다[2].

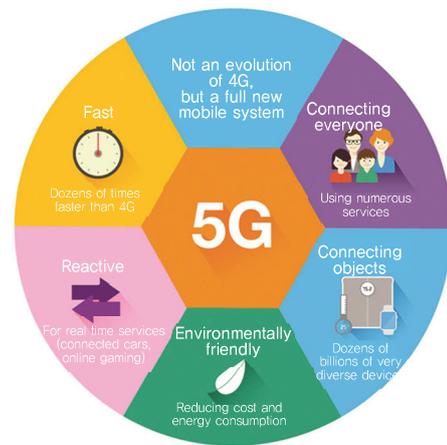
특히, 최근에는 레이더(Radar), 무선충전(Wireless charging), 전자파 인체 안정성(EMF) 및 기기 안정성 분야(EMI/EMC), 의료 등 전파기술 분야의 많은 영역에서 AI를 결합한 응용기술이 연구되고 있다. 본고에서는 기술의 패러다임이 바뀌는 변화의 시기에 전파기반 기술 및 전파응용 기술 분야에 있어 필요한 미래 전파기술에 대해 알아보려고 한다.

## II. 전파기반 기술

우리나라는 2018년 평창동계올림픽에서 28GHz 대

역을 사용하는 5G 이동통신 시범서비스를 시작할 계획으로 있으며 이를 바탕으로 2020년경에 상용화를 완성하는 것을 목표로 하고 있다. 우리나라 외 미국, 유럽, 일본, 중국 등 주요국에서도 비슷한 시기에 상용화를 목표로 주파수 할당, 기술 개발 및 관련 표준 선점을 위한 치열한 경쟁을 벌이고 있다.

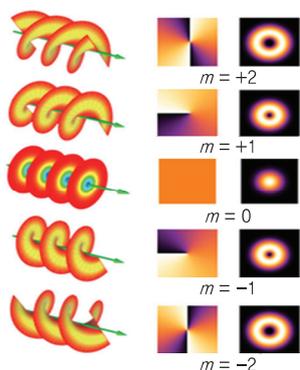
5G 이동통신은 4세대 LTE(Long Term Evolution)보다 전송속도 및 지연시간 측면에서 비교가 안 될 정도로 빠르고 그 반응이 즉각적이다[3]. 이러한 저지연 통신기술을 차별화된 특징으로 가지고 있는 5G 기술은 향후 펼쳐질 초연결, 초실감, 초지능 시대의 차세대 핵심기술 개발에 있어 밑거름이 될 것으로 보인다. 다시 말해, 5G 네트워크를 통해 제공되는 연결망을 기반으로 4차 산업혁명을 규정하는 기술들이 상호 연관 지어 발전을 해나갈 것이다.



(그림 2) 5G 네트워크의 역할

[출처] Electronics Hub, <http://www.electronicshub.org>

이를 가능하게 하기 위해서는 인접 주파수와 간섭이 없이 깨끗하고 대용량 데이터 전송이 가능하도록 충분한 대역을 갖는 주파수 개발이 선행되어야 하는데, 최근에는 전파의 각운동량을 이용하여 주파수 효율을 최대 세배까지 증대시킬 수 있는 기술이 개발되어 5G 이동통신 통합망 구축 시 매우 유용할 것으로 보인다[4].

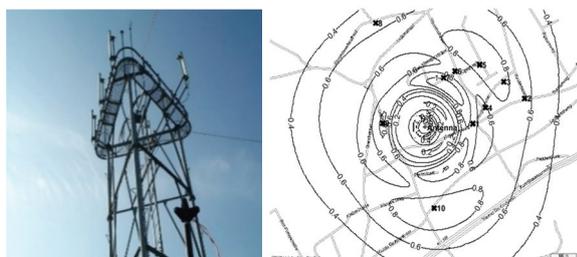


(그림 3) 회전 전자파

[출처] 한국전자통신연구원, 연구개발보도자료, <http://www.etri.re.kr>

이러한 기술의 기반이 되는 무선 네트워크는 무선국을 중심으로 무선국과 연결되는 주변 설비를 모두 포함한다. 그러나 통신의 매개체로써 전파를 이용하는 이러한 무선 네트워크가 인구가 밀집한 도심뿐 아니라 그 주변 지역까지 촘촘하게 설치되면 무선설비로부터 복사되는 전자파(EMF: Electromagnetic field)와 이에 노출되는(Exposure to EMF) 인체의 안정성에 관한 문제가 발생한다. 또, 일반인들이 일상생활을 영위하는 생활공간 주변에 혈관처럼 퍼져 있는 무수한 무선 네트워크 설비와 더불어 눈에 훤히 보이는 전자파 발생원으로 인한 심리적인 측면에서 발생할 수 있는 전자파의 역기능에 관한 우려도 무시할 수 없는 부분이다.

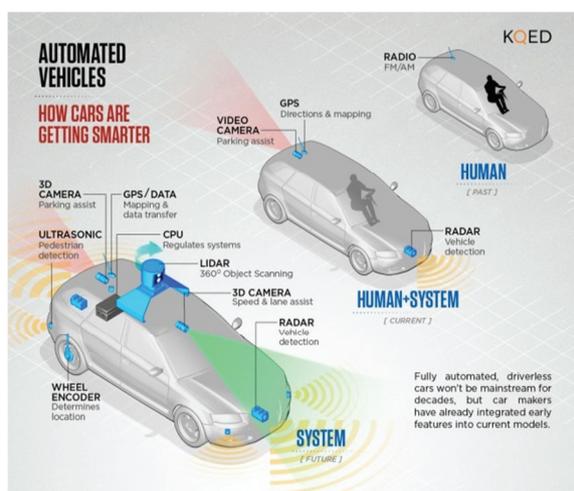
이렇듯 지능정보사회의 진입을 가능하게 할 핵심 인프라인 무선 네트워크가 인체 유해성 문제로 인해 그 확장성이 제한받지 않도록 하는 것은 매우 중요하다 [2]. 이러한 문제 해결에 있어 우리나라는 전 세계 어느 국가보다도 많은 전자파환경측정 데이터를 보유하고 있



(그림 4) 전자파환경맵

어 이러한 빅데이터에 기반을 둔 환경 관리가 이루어진다면 이러한 우려를 불식시킬 수 있을 것이다.

자율주행차로 대표되는 미래의 자동차는 IT와 스마트 기기 그리고 자동차가 융합되는 형태로 소위 스마트 폰화 된 자동차로 불린다. 이러한 다양한 기술이 접목되는 경우 기능뿐 아니라 기기 간 통신에 사용되는 전자파에 대한 기기 안전성(EMI/EMC)에 관한 관리도 필요하게 된다.

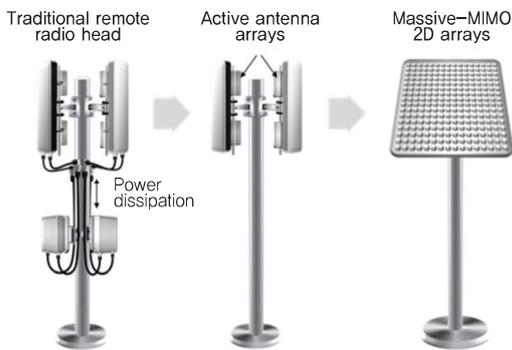


(그림 5) 자동차의 진화

[출처] KQED사이언스, <http://www.kqed.org>.

더구나 안전성이 필수적인 5단계(Level 5)의 완전 자율주행 기술을 확보하기 위해서는 자동차 내외에서 대용량의 데이터를 주고받을 V2X(Vehicle to everything) 통신을 위한 레이더·라이더, 영상 센서, 자율주행 기록 장치, 측위 모듈 등 전자·전기·통신기기들 간의 간섭의 영향을 배제하고 제어할 수 있는 기술이 필수적이다.

그 외 사물과 사물, 인간과 사물, 인간과 인간이 연결되는 초연결사회에서 가장 중요한 역할을 맡을 IoT망 구축을 위해서도 고속의 네트워크가 필수적이며 또한, mmWave 대역에서 기가바이트급(Gb) 데이터 전송을 가능하게 하기 위해서는 무선 및 안테나 기술의 진보가 필수적이다. 4세대 통신망에서 사용되었던 다중입출력 안테나(MIMO: Multiple Input Multiple Output) 등의

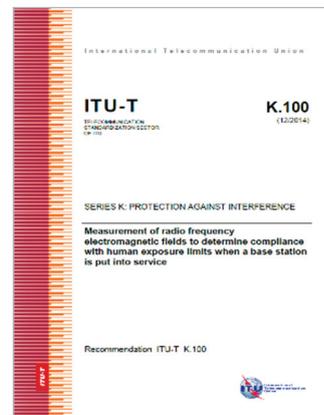


(그림 6) 차세대 안테나로의 진화

[출처] 반도체네트워크, <http://www.semiconnet.co.kr>

기술보다 주파수 효율 및 간섭 측면에서 우수한 빔포밍(Beam-forming)기술이 필요하다.

무선네트워크에 의한 인체 안정성 평가와 관련된 표준화 움직임으로는 국제통신연합(ITU: International Telecommunication Union)을 구성하는 세 가지 섹터 중의 하나인 전기통신 표준화 섹터(ITU-T: Telecommunication Standardization Sector)의 SG5(Study Group5)에서 IEC(International Electrotechnical Commission, 국제전기기술위원회), IEEE(전기전자엔지니어 협회: Institute of Electrical and Electronics Engineers), 국제보건기구(WHO: World Health Organization) 등과의 협력을 통해 국제표준 및 지역표준과의 조화(Harmonization)를 이룬 무선국으로부터 복사되는 전자파에 의한 인체 노출량 평가 방안과 노출 저감(Exposure reduction)을 위한 권고안 제정 작업을 해 오고 있으며 이에, 관련 기술을 선도하는 선진국 이외에 기술 개발이 진행 중이거나 시작 단계에 있는 개발도상국도 많은 관심을 갖고 참여하고 있다[5]. 2014년 12월에 무선국 설치 시의 전자파 인체영향 평가에 관한 권고안인 K.100 (Measurement of human exposure levels when a wireless installation is put into service)이 제정되어 5G 무선네트워크 확산에 따른 인체 영향 평가 분야에 선제적으로 대응하고 있다. 2014년에 제정된 이래 많은 국제기구 및 국가에서 많은 관심을 갖고 권고안의 개정



(그림 7) 무선국 노출량 평가 관련 표준 K.100

[출처] 국제전기통신연합, <http://www.itu.int>

의견을 제시하는 등 K.100에서 다루고 있는 기술적 내용에 대한 근거 마련 및 신뢰성을 강화하는 데에 주력하고 있다.

또한, 5G 네트워크망의 경우 공용화 등으로 EMF의 문제가 많이 제기될 것으로 예상되고 이에 대한 이슈를 다루기 위한 새로운 권고안의 제정 작업 움직임도 보이고 있어 우리나라에서도 차세대 통신망 구축과 관련된 주요 정책 분야 중의 하나로 관심 있게 지켜봐야 할 것으로 보인다.

### III. 전파응용 기술

선(Cable)이 없는 깨끗함과 편리함을 갈구하는 아이 디어로부터 시작된 무선 전력/에너지 전송(WPT: Wireless power transfer)은 원거리 무선전력전송과 고출력 에너지 전송 연구로부터 시작되었으며 그 기반이 되는 기술은 전파기술로 전자기장을 이용하는 무선통신과 그 뿌리를 같이 한다. 2007년 MIT의 자기공명 무선 에너지 전송에 관한 연구 결과가 발표된 이래 최근 스마트폰의 대중화로 무선충전기술에 대한 관심이 급증하였으며[6], [7] 도로/교량 안전, 대기환경 감시 등의 분야에서 그 용도가 무한하다. 향후에도 스마트 팩토리(Smart factory) 등 IoT 기술이 필수적으로 사용되는 분

아에서는 무선충전기술이 더욱 확산될 것으로 보인다.

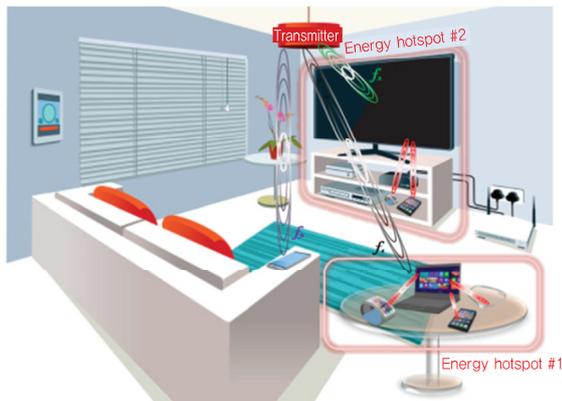
최근에는 패드형식의 단순한 2차원의 전력전송 방식에서 더욱 진보한 3차원 공간 무선충전 기술이 개발되었는데 이는 충전공간 내에 균일장을 형성하는 기술과 부하의 변동에도 일정한 효율을 유지할 수 있는 기술을 통해 공간 자유도가 확장된 무선충전기술이다[8].



(그림 8) 공간무선충전기술

[출처] 한국전자통신연구원, 연구개발보도자료, <http://www.etri.re.kr>

궁극적으로는 완전한 공간 자유도를 가진 기술 구현이 이루어져 충전 거리 및 충전 전력 증대를 통해 응용영역을 확장해야 할 것으로 보이며 이 경우 인체 영향 문제도 고려되어야 할 것으로 보인다.

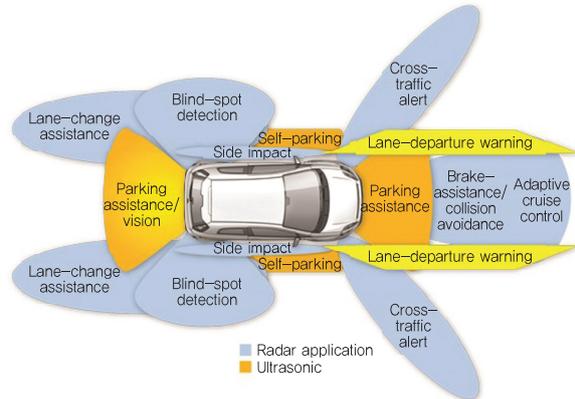


(그림 9) 미래의 무선충전

[출처] 한국전자통신연구원, 연구개발보도자료, <http://www.etri.re.kr>

다양한 IT기술이 접목될 미래의 자동차 자율주행능 가능하게 하는 여러 핵심기술 중 하나는 레이더 기술인데 방위 대상 물체와 구조물에 대한 공간정보 제공을 통해 차량 충돌을 방지하고 보행자, 자전거, 차량, 등 주변

의 움직임을 인식하는 동시에 운전자 편의성을 극대화하기 위한 주차 지원, 나아가 자율주차 기술로까지 확장되고 있는 시점에 가장 필요한 핵심 기술이다.



(그림 10) 다양한 차량용 레이더

[출처] 아날로그디바이스, <http://www.analog.com>

특히, 자동차뿐만 아니라 비행 중인 드론(Drone)의 감시와 드론 간 혹은 드론과 주변 구조물과의 충돌 방지, 사람의 동작(Gesture) 감지, 독거노인의 안전 감시를 위한 비가시(Invisible) 인명탐지, 환경 감시 등 점차 소형의 레이더를 필요로 하는 영역이 늘어나고 있다.

이러한 소형 레이더 기술에 있어 필요한 요구사항은 탐지 분해능(Detection resolution), 탐지거리(Detection range)으로 최근에는 70GHz 이상의 주파수를 사용하는 CMOS 레이더 칩이 개발되고 있으며 다수개의 레이더 간의 간섭문제에 대한 문제해결도 필요한 것으로 보인다. ICT 융합기술의 발전으로 융복합 기기들이 증가하고 있고 제품이 소형화, 일체화로 진화되고 있어 이러한 EMI/EMC 문제가 복잡해 지고 있어 제품의 설계부터 간섭을 고려한 설계가 요구되고 있다[9].

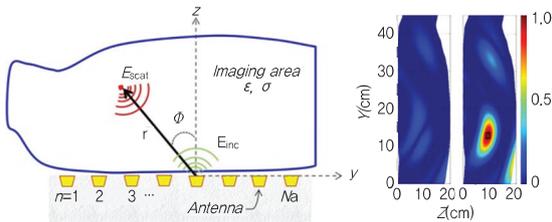
이미 오래전부터 전파를 이용한 비침습(Non-invasive) 의로 진단 분야에서도 전파기술이 사용되어 왔다. 서로 다른 특성을 갖는 매질에서의 마이크로파의 투과 및 반사 특성을 이용하여 진단 부위를 시각적으로 볼 수 있도록 이미징화 하는 것으로 최근에는 역산란을 이용한 질 환 진단 장치개발이 이루어지고 있으나, 해의 비유일성



(그림 11) 자동차 EMI/EMC 테스트

[출처] EMC Technologies, <http://www.emctech.com.au>

으로 인해 그 결과는 부정확할 수 있는 문제점이 제기되고 있다. 이를 개선하기 위해 환자를 대상으로 얻어진 컴퓨터 단층 촬영(CT: Computed tomography), 자기공명영상(MRI: Magnetic resonance imaging) 등으로부터 얻어진 이미지를 빅데이터로 활용하여 딥러닝(Deep-learning)을 통해 진단율을 높이는 방안이 강구되고 있다. 마이크로파(MW: Microwave)를 활용한 의료진단 및 치료 분야는 딥러닝 기반의 인공지능 기술이 가장 필요한 분야 중의 하나이다.

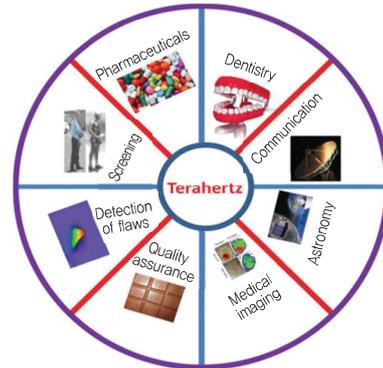


(그림 12) 마이크로파 이미징[10]

[출처] S.A. Rezaeieh et al., *Scientific Reports*, vol. 5, Sept., 2015, pp. 1-11, CC BY 4.0.

테라헤르츠 대역은 통상 0.1~10THz 정도의 주파수를 의미하는데 비접촉, 비파괴 기법으로 제품의 고장 진단이 가능할 뿐 아니라 광대역 주파수 특성을 이용한 초고속 통신이 가능하여 다양한 분야에 적용이 가능하다. 최근 다수의 상용화 시스템이 개발되면서 산업현장에서 적용이 되고 있고 투과 이미징이 가능한 THz 고유의 특성을 잘 활용한 비접촉 비파괴 검사 등에 응용이 되고 있다[11]. 초연결, 초지능에 의한 생산방식 혁명을 통해

생산성 혁명을 이룰 스마트팩토리에도 큰 역할을 할 것으로 기대된다.



(그림 13) THz 응용분야[12]

[출처] W. Ghann and J., *Terahertz Spectroscopy—A Cutting Edge Technology*, London, UK: InTech, Mar, 2017, CC BY 3.0.

#### IV. 결론

ICT(Information and communication technology)에 기반하여 경제·사회의 다양한 분야에 새로운 변혁의 시대를 초래할 4차 산업혁명의 파고가 높아지고 있다. 4차 산업혁명이 가져올 지능정보사회를 이끌 혁신기술들인 자율주행 자동차/드론, 인공지능, 사물인터넷, 증강현실, 빅데이터 등을 바탕으로 이루어지는 초연결, 초실감, 초지능 사회의 구현에 있어 기반 인프라가 될 차세대 무선네트워크로 인해 전파 기술의 중요성이 더욱더 커지고 있다.

무선네트워크를 구성하는 핵심 장비인 안테나를 포함한 무선설비가 설치/운영되면서 발생할 수 있는 전자파의 인체 영향 문제, 무선네트워크와의 연결을 통해 안전한 서비스를 가능하게 하는 수많은 기기들 상호 간의 간섭 회피 기술 등 네트워크의 확장을 위해서는 전자파 안정성에 대한 신뢰가 필요하며 이를 해결할 수 있는 건전파 기술이기에 그 중요성이 더욱더 부각되고 있다.

또한, 초지능 분야 기술의 대표적인 인공지능 기술과 이미징(Imaging), 감지(Detection) 등의 전파 응용기술

분야를 접목 시키는 시도가 시도되고 있는 등 전파와 ICT의 융합을 통해 상호 발전할 수 있는 새로운 장이 열릴 것으로 보인다.

**용어해설**

**지능정보사회** 고도화된 정보통신기술 인프라를 통해 생성·수집·축적된 데이터와 인공지능이 결합한 지능정보기술이 경제·사회·삶 모든 분야에 보편적으로 활용됨으로써 새로운 가치가 창출되고 발전하는 사회. 데이터와 지식이 기존 생산요소(노동, 자본)보다 중요해지고 다양한 제품서비스 융합으로 이종 산업간 경계가 붕괴되며, 지능화된 기계를 통한 자동화가 지적노동 영역까지 확장되는 등 경제·사회 전반에 혁신적인 변화가 발생(미래창조과학부, “지능정보사회 중장기 종합 대책,” 2016. 12. 27.).

**약어 정리**

5G	5 Generation
AI	Artificial Intelligence
AR	Augmented Reality
EMF	ElectroMagnetic Field
EMI	ElectroMagnetic Interference
EMC	ElectromMagnetic Compatibility
Radar	RAdio Detecting And Ranging
IoT	Internet of Things
WPT	Wireless Power Transfer
MIMO	Multiple Input Multiple Output
THz	Terahertz
MW	Microwave
CMOS	Complementary Metal-Oxide Semiconductor

**참고문헌**

[1] R.T. Hitchcock, *Radio-Frequency and Microwave*

*Radiation*, Fairfax, VA, USA: American Industrial Hygiene Assn, 2004.

[2] 김병찬, “기술표준이슈: [전파자원] 무선국 설치 시 전자파 인체노출량 평가 방안에 관한 ITU-T의 활동,” *ICT Standard Weekly* 2017-28호, 2017. 7. 10.

[3] 전형수, “통신사업자들의 5G 이동통신 추진 현황,” *전자통신동향분석*, 제32권 제3호, 2017. 6. 1, pp. 68-77.

[4] W.J. Byun et al., “Multiplexed Cassegrain Reflectoror Antenna for Simultaneous Generation of Three Orbital Angular Momentum(OAM) Modes,” *Sci. Rep.*, vol. 6, June 2016, pp. 1-8.

[5] 정삼영, “기술표준이슈: [전파자원] ITU T SG5 EMF(전자기장)분야 이슈,” *ICT Standard Weekly* 2017-27호, 2017. 7. 3.

[6] 문정익 외, “스마트 무선충전 기술,” *전자통신동향분석*, 제32권 제3호, 2017. 6. 1, pp. 89-97.

[7] A. Kures et al., “Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonance,” *Sci.*, vol. 317, no. 5832, July 2007, pp. 83-86.

[8] 최두선, “ETRI, 3차원 충전 등 최신 정보통신기술 ‘CES문2017’ 출품,” *한국일보*, 2017. 1. 4.

[9] 한국전자과학회, “자동차와 전파: 전파신기술 워크숍 프로시딩,” 2017.4.7.

[10] S.A. Rezaeieh et al., “Feasibility of Using Wideband Micrawave System for Non-invasive Detection and Monitoring of Pulmonary Oedema,” *Sci. Rep.*, vol. 5, Sept., 2015, pp. 1-11.

[11] 문기원 외, “산업용 테라헤르츠 기술동향,” *전자통신동향분석*, 제32권 제3호, 2017. 6. 1, pp. 56-67.

[12] W. Ghann and J. Uddinn, “Chaper 1. Terahertz Spectroscopy-A Cutting Edge Technology,” in *Terahertz Spectroscopy-A Cutting Edge Technology*, London, UK: InTech, Mar. 2017.