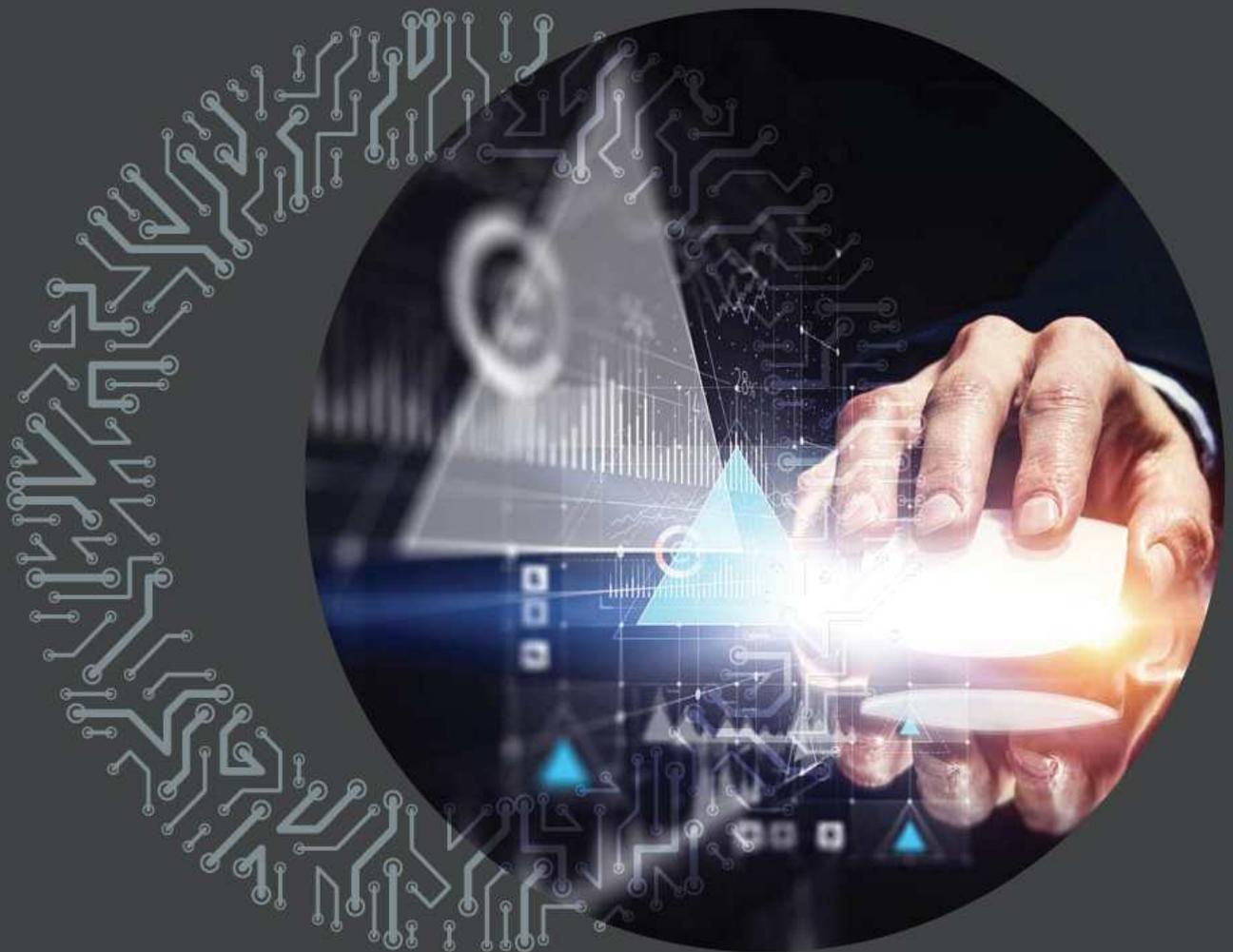


Insight Report

도메인 분석보고서 전파자원 개발 및 활용



※ 본 보고서의 내용은 필자의 개인적인 견해이며, 한국전자통신연구원의 공식 견해가 아님을 알려드립니다.

본 문서에서 음영처리된 부분은 () 정보공개법 제9조의 비공개대상정보와 저작권법 및 그 밖의 다른 법령에서 보호하고 있는 제3자의 권리가 포함된 저작물로 공개대상에서 제외되었습니다.



본 저작물은 공공누리 제4유형: 출처표시+상업적이용 금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

▼	요 약	1
	I. 서론	2
	II. 개념 및 핵심 가치	3
	III. 시장 규모 및 동향 분석	8
	IV. 정책 동향 분석	21
	V. 기술 발전 현황 및 전망	27
	VI. 결론	36
	참고문헌	38



요 약

■ 연구 배경 및 목적

- 전파자원은 물리적 특성상 그 공급이 한정되어 있어 자원의 개발과 효율적 이용이 필요한 분야이며, 이를 유인할 정부 정책과 기술 개발의 방향이 중요
- 중요성이 높을 것으로 예상되는 전파자원 관련 기술 및 정책을 전망하기 위해 전파자원의 개념 및 분류, 핵심가치 분석, 전파이용 시장 및 정책 동향 분석, 미래 필요한 기술의 전망 등을 수행

■ 분석 결과 요약

- 전파자원 개발 및 활용 기술은 방송, 통신 등 전통적인 전파이용 산업뿐만 아니라 자동차, 로봇 등 새로운 산업의 발전을 위한 기반 기술로 사용
 - 기술의 핵심가치는 각 산업에서 필요로 하는 충분한 양의 전파자원, 부품 및 소자, 장비, 서비스를 적기에 안정적이고 간섭없이 공급하는 것임
 - 전파자원 및 환경기술은 전파자원을 효율적으로 활용하기 위해 부족한 자원을 확보하고 특성을 분석하며 역기능을 최소화하는 기술로서, IT 산업의 전반적인 성장과 함께 완만하고 꾸준한 시장 증가세를 보이고 있음
 - 전파기반 및 응용기술은 전파를 이용하기 위한 디바이스 등 부품 기술과 에너지 전송, 센싱 등 창의적인 응용 기술로서, 현재 시장규모는 크지 않으나 가파른 증가세를 보이고 있음
- 전파이용 기술에 관한 동향 분석 및 미래 전망 결과, 전파자원을 적기에 공급하기 위한 주파수 확보 기술 및 이를 창의적으로 활용하기 위한 응용 기술의 영향력이 높을 것으로 예상되며, 미래 나타날 사회, 경제적 문제를 해결하기 위해 전파자원 개발 및 활용 기술이 유용하게 사용될 것으로 예측됨
 - 이동통신 및 고정통신 분야는 현재와 같이 꾸준히 수요가 발생할 전망
 - 인공지능 및 헬스케어 분야가 미래사회에서의 영향력이 높을 것으로 예측됨에 따라, 이와 관련된 전파응용 센싱, 전자파 인체영향 분석, 전파를 이용한 진단 및 치료, 특수통신 부품 등의 기술에 대한 수요가 높을 전망

- 전파자원은 동일한 주파수를 사용하면 간섭이 일어나는 특성상, 그 공급이 제한되어 있어 창의적인 이용과 정부의 역할이 중요한 분야임
 - 이동통신 기술 발전 및 서비스 확산을 포함하여 전파의 이용이 급격하게 늘어나면서 전파자원의 희소성과 가치는 계속 증가하고 있으며, 이에 대응하기 위한 기술 개발 및 정책의 방향의 중요성도 높아지고 있음
- 전파이용 산업도 급격한 변화를 겪고 있으며, 이동통신 등 전통적인 전파이용 분야 외에도 무선충전, 이미지 센싱 등 전파의 물리적 성질을 활용하는 새로운 분야에서도 새로운 시장이 탄생하고 성장률도 높게 나타나고 있음
 - 전파산업은 현재까지의 주된 이용분야인 방송이나 통신뿐만 아니라, 앞으로는 센싱 및 탐지, 에너지 전송 등 새로운 분야에서도 이용이 늘어날 전망이며, 특히 기계학습 및 인공지능, 자율주행 등 새로운 사업 분야와 접목되면서 이용이 더욱 확대될 전망
- 본 보고서에서는 먼저 전파자원의 개념 및 분류, 핵심가치를 알아보고, 전파이용 서비스 유형별 시장 동향과 정책 동향을 살펴본 후, 최근의 기술발전 전망에 대해 정리함
 - 제2장에서는 전파자원의 개념과 기술 및 시장 분류를 살펴보고, 핵심가치에 대해 정리함
 - 제3장에서는 제2장에서 분류한 세부 시장별로 시장동향 및 전망을 수행함
 - 제4장에서는 규제와 진흥 등 정부 정책이 큰 영향을 미치는 전파산업의 특성을 고려하여, 우리나라 및 해외 주요국의 정책 동향을 분석함
 - 제5장에서는 전파이용 관련 각 세부기술별로 기술발전 동향을 살펴보고, 미래사회의 변화에 적절하게 대응하기 위한 전파이용 기술발전 및 개발 방향을 살펴봄

II 개념 및 핵심 가치

1. 전파자원의 의미

- “전파”는 인공적인 유도(誘導) 없이 공간에 퍼져 나가는 전자파로서, 국제전기통신연합(ITU)이 정한 범위의 주파수를 가진 것을 말함 (전파법 제2조 제1항)
 - ITU의 전파규칙(Radio Regulations)에서는 전파(Radio waves)를 ‘인공적인 유도없이 공간을 전파(傳播)하는 3,000GHz 미만의 주파수를 가지는 전자기파(Electromagnetic waves)’로 정의
 - 전자기파는 전기장과 자기장의 파동이 서로를 유도하면서 직진하는 성질을 가지며, 통신이나 방송에 사용되는 전파뿐만 아니라 자외선 및 적외선, 가시광선이나 X-ray도 전자기파에 속함
- “전파자원”은 서로간에 간섭을 일으키는 전파의 특성을 고려하여 “전파”를 국가 전체가 개발하고 활용해야 할 “자원”으로 인식할 때 사용하는 개념임
 - 동일한 주파수를 가지는 둘 이상의 파동은 서로 간섭을 일으켜 본래의 성질을 잃어버리므로, 파동에 실려 있던 정보나 에너지를 우리가 당초 의도한 대로 사용할 수 없게 됨
 - 따라서, 물리적인 전자기파 자체의 현상을 의미할 때에는 “전파”, 전자기파의 속성 중 자원으로서의 중요한 의미를 가지는 주파수를 강조할 때에는 “주파수”라는 용어를 사용함
- 전파의 사용이 늘어날수록 전파자원의 희소성과 경제적 가치는 높아지게 되며, 미 사용 전파자원을 이용 가능하게 만드는 “개발”과 기 보유 전파자원을 최대한 가치있게 이용하는 “활용”의 중요성이 증대되고 있음
 - 기술이 고도화되면서, 종전에는 사용하기 어려웠던 밀리미터파 등 고대역이나 타 용도 주파수 대역을 새롭게 이용할 수 있게 만드는 “개발” 연구 진행중
 - 또한, 전파 사용이 늘어나면서 기존에 보유한 전파자원에 더 많은 정보를 실거나 새로운 전파 기반 서비스를 개발하고, 간섭을 극복하면서 하나의 전파자원을 다수가 동시에 사용할 수 있게 만드는 “활용”에 대한 연구도 진행중

2. 전파자원 관련 기술분류 및 대상 시장

기술분류

- 전파관련 기술은 크게 “전파 자원·환경”과 “전파 기반·응용” 기술 등 2가지로 분류됨
 - “전파 자원·환경” 기술은 한정된 전파자원을 효율적으로 이용하기 위한 기술과, 이를 위해 전파의 특성을 분석하고 전파의 역기능을 최소화하는 기술을 의미
 - “전파 기반·응용” 기술은 전파를 이용하기 위한 부품, 안테나 등 디바이스 기술과 에너지 전송, 센싱, 정보전송 등 전파를 응용하는 기술을 의미
- 전파 자원·환경 기술은 스펙트럼 공학, 전파(電波) 전파(傳播) 및 전자파 해석, 전자파 적합성 및 인체영향과 전자파 펄스 대책 기술 등으로 분류됨
 - 스펙트럼 공학은 전파간섭을 최소화시키고 전파의 공동사용 등 이용효율을 향상시키는 기술을 의미
 - 전파 전파 및 전자파 해석은 전파가 퍼져나가는 특성을 해석하고 측정하며, 채널을 모델링하고 전자기장을 해석하는 기술을 의미
 - 전자파 적합성, 인체영향, 전자파 펄스 대책 기술은 전자기파의 역기능을 최소화하는 기술로서, 전자파의 기기간 간섭을 줄이고 인체영향을 최소화하며 고출력 전자파 펄스로부터 시스템을 보호하는 기술을 의미
- 전파 기반·응용 기술은 안테나 및 전파기반 디바이스, 에너지(전력) 전송 및 수집, 이미지 센서 및 계측, 정보 전송 기술 등으로 분류됨
 - 안테나 및 전파기반 디바이스 기술은 전파 관련 부품, 안테나, 소자, 필터 등의 설계, 제작, 평가 기술을 의미
 - 에너지(전력) 전송 및 수집 기술은 전파를 이용하여 에너지를 전송하고 공간에 퍼져있는 전자파로부터 에너지를 수집하는 기술을 의미
 - 이미지 센서 및 계측 기술은 전파신호를 이용하여 대상을 측정, 진단하는 기술을 의미하며 레이더, 센서, 질병진단, 계측 등의 기술을 포함
 - 정보 전송 기술은 기존 방송 및 통신 외에 전파를 이용한 정보 전송 기술을 의미하며, 초음파, 적외선, 가시광선 등 전파 외 파동의 이용 기술도 포함

표 1 전파자원 개발 및 활용 관련 기술 분류

중분류	소분류	요소기술
전파 자원·환경	스펙트럼 공학	- 단일 서비스 내 스펙트럼 이용 효율 향상 기술 - 서비스 간 주파수 공동사용 기술 - 이종망 간 전파 간섭 분석 및 측정 기술 - 모바일 트래픽 예측·예보 기술
	전파 전파, 전자파 해석	- 전파 전파 특성 해석 기술 - 전파 특성 측정 및 채널 모델링 기술 - 전자기장 해석 기술
	전자파 적합성, 전자파 인체영향, 전자파 펄스	- 전기전자 기기 및 시스템 간 전자파간섭, 내성 해석, 측정 기술 - 전자파 간섭 방지 및 저감 대책 기술 - 전자파의 생체영향 분석 기술 - 전자파 인체 노출량 해석/측정/영향평가/최소화 기술 - 고출력 전자파(EMP) 영향 분석 및 방호 기술
전파 기반·응용	안테나 및 전파기반 디바이스	- 안테나 부품 시스템의 설계/제작 기술 - 스마트/능동 안테나 기술 - 반도체 집적 안테나 기술 - 수동 및 능동(필터, 증폭기, 발진기, 주파수 변환기 등) 소자/부품/모듈/시스템 설계, 제작 및 평가 기술
	에너지(전력) 전송 및 수집	- 에너지 변환/전송/저장 기술 - 무선전력전송 관련 칩, 소재, 모듈 기술 - 비 전파 대역(광, 레이저, 초음파) 무선전력전송 기술 - RF 에너지 수집/처리/재생 기술
	이미지·센서 및 계측	- 물체/사람 인식과 추적용 센서 및 레이다 기술 - 전파를 활용한 질병진단 기술 - 전파계측을 위한 센서/회로/장치기술/신호처리 기술 - 측정기법 및 측정된 파라미터 분석 기술
	정보 전송	- 초음파/적외선/가시광선 통신 기술 - 전파 기반 이동 및 고정통신 기술 - 기간망 통신 및 군 통신 기술 - 특수 매질(수중, 인체 등) 통신 기술

※ 자료: 정보통신기술진흥센터, ICT R&D 중장기 기술로드맵 2022

대상 시장

● 전파관련 시장도 전파 기술과 같이 크게 “전파 자원·환경”과 “전파 기반·응용” 시장의 2가지로 구분할 수 있음

- 전파 자원·환경 시장은 주파수 경매 및 스펙트럼 엔지니어링, 이동/고정 무선 통신 시스템 및 서비스, 전자파 해석 및 RF 회로 설계 툴, 전자파적합성 측정 시스템 / 전자파 누설 방지 부품 / 전자파 방호 시설, 전자파 인체영향 측정 및 인체보호 시스템 등 4개의 세부 대상 시장으로 나눌 수 있음
- 전파 기반·응용 시장도 이동통신 및 특수통신 부품 시장, 무선충전 부품 및 인프라 시장, 전파를 응용한 센싱/계측 및 의료 진단/치료 시장, 그 외 생활 밀접 전파활용 분야 등 4개의 세부 대상 시장으로 나눌 수 있음

표 2 전파자원 개발 및 활용 관련 대상 시장

구분(중분류)	대상 시장	응용 분야
전파 자원·환경	주파수 경매 및 스펙트럼 엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주파수 경매 및 스펙트럼 엔지니어링 - 모바일 트래픽 변동 정보 수집/분석 등을 통한 주파수 소요량 예측·예보 - 혼간섭 해소를 위한 이중 무선 서비스간 간섭 분석/측정/평가 - 전파전파특성 측정 및 분석, 전파채널 모델링 ○ 위성망 확보 - 새로운 위성 궤도/주파수 확보 및 효율적인 관리
	이동/고정 무선통신 시스템 및 서비스	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이동/고정 무선통신 시스템 및 서비스 - 4G, 5G 이동통신 기지국/단말기 및 서비스 - D2D, TV White Space 주파수 공동사용 시스템 및 서비스 - 비면허 LTE/5G 기반 V2X, IoT 서비스 ○ 고정통신시스템 및 서비스 - 점대점 고정 무선통신 시스템 및 서비스
	전자파 해석 및 RF 회로 설계 툴	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자파 해석 및 RF 회로 설계 툴 - 다양한 전자파 응용을 위한 전자파 해석 - RF 부품 및 시스템 설계
	전자파적합성 측정 시스템, 전자파 누설 방지 부품, 전자파 방호 시설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자파 적합성 측정 시스템, 누설 방지 부품, 방호 시설 - 전자파 적합성 측정 장비 및 서비스 - 전자파 흡수체, EMI 필터, 차폐 부품 등 - ICT 인프라 등 시설 수준의 전자파 안전성 확보용 차폐 시설 - IEMI(의도된 전자파 장애)를 포함한 고출력 전자파 방호시설 및 성능평가 서비스
	전자파 인체영향 측정 및 인체보호 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자파 인체영향 측정 시스템 및 인체보호 시스템 - 전자파 인체흡수율 측정 장비 및 서비스
전파 기반·응용	이동통신 및 특수통신 부품 시장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이동통신 부품 - 안테나 및 반도체 집적 안테나 - RF/초고주파/밀리미터파/THz/광 수동 및 능동 소자·부품·모듈 ○ 특수통신 부품 - 초음파/적외선통신 요소기술과 지중/수중/인체 통신 핵심부품 - VLC/OWC/Li-Fi 무선통신 부품 및 서비스 - FSO (Free-Space Optical Communication) 통신 부품 및 서비스
	무선충전 부품 및 인프라 시장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무선충전 부품 및 인프라 - 휴대단말기/웨어러블 디바이스 충전 부품 - 이동체 (개인용 이동수단, 전기차, AGV, 드론 등) 충전 시스템 및 인프라 서비스 - IoT용 에너지 하베스팅 부품 - 충전 인프라 서비스
	전파를 응용한 센싱/계측 및 의료 진단/치료 시장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 의료 진단/치료 - 엑스레이, MRI, 초음파 영상진단기기 등 의료 진단기와 저주파/고주파/초단파 자극기 등 치료기기 및 미용기기 - THz 의료영상 시스템 ○ 전파응용 센싱 - 물체 또는 사람을 인식하고 추적하는 센싱 디바이스 - 차량, 군용, 항공, 해양, 위성 등의 전파기반 센싱 장비 - 지반탐사, 기상측정 목적의 레이다 시스템 - 자율주행을 위한 라이다(Lidar) 핵심 부품 ○ 전파응용 계측 - 원격 무선국 계측 및 일반 범용 계측 장비 - 개방형 계측 소프트웨어 플랫폼 (예: NI 장비 등 활용) ○ 전파응용 결제/보안 - NFC/MST 등 보안결제 시스템
	그 외 생활밀접 전파활용 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전파의 열/생리효과를 활용하는 디바이스 - IH (Induction Heating)를 활용한 가전기기 - 마이크로오븐 등 주방가전

※ 자료: 정보통신기술진흥센터, ICT R&D 중장기 기술로드맵 2022

3. 전파자원 개발 및 활용의 핵심가치

전파 자원·환경 기술의 핵심 가치

- 전파자원의 희소성이 심화됨에 따라, 각 산업에서 필요로 하는 충분한 양의 전파자원을 적기에 공급하는 것이 핵심 이슈로 부각
 - 기 확보 전파자원의 이용 효율을 높이고, 미확보 전파자원(밀리미터파, 테라헤르츠, 가시광선 등)의 활용 기술 개발 필요
- 전파 이용이 늘어나면서 역기능 발생이 증가하고 있고 전자파를 공격 수단으로 하는 사례도 증가함에 따라, 의도하지 않은 전자파로부터 인체, 기기, 시설을 보호하여 국민 생활의 안정 및 산업 발전의 기반 제공 필요
 - 의도하지 않은 전자파 발생이나 전자파 공격으로부터의 안전을 확보하여 전자파의 역기능을 최소화

전파 기반·응용 기술의 핵심 가치

- 전파 관련 서비스가 증가함에 따라 이를 뒷받침할 수 있는 소재, 부품, 장비 등의 원활한 공급이 필요하므로, 복잡하고 다양한 요구사항(고정밀, 고전력 등)을 만족하는 안테나, 부품을 적기에 개발하여 공급하는 것이 필요
 - 에너지 변환, 센싱, 계측, 무선전력 전송 등 전파 응용 서비스에 필요한 부품, 소자의 적기 개발이 필요하며, 이를 위한 측정 장비나 시설 확보도 중요
- 미래 사회의 변화로 전파 기반 서비스 이용자의 욕구가 다양해짐에 따라, 이를 충족시키기 위한 서비스를 선제적으로 개발하여 제공하는 것이 전파 응용 기술의 핵심 가치임
 - 기존 방송, 통신 위주의 전파이용을 벗어나 전파의 에너지를 활용하거나 전파 영역 외의 파동으로 정보를 전송하는 등 새로운 시장 창출의 기회를 제공할 수 있도록 다양한 전파응용 기술과 서비스 개발이 필요

1. 전파 자원·환경 시장

주파수 및 스펙트럼 공학 시장

- 스펙트럼 공학(Spectrum engineering)은 전파의 발생, 전파(傳播), 상호 간섭 등을 공학적으로 분석, 연구함으로써 새로운 주파수 자원을 개발하거나 기존 주파수 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있는 방안과 대책을 제시하는 연구 분야임
- 주파수 및 스펙트럼 공학 시장은 이와 같은 스펙트럼 공학과 관련하여 창출되는 시장을 의미하므로, 주파수 경매 등 주파수 자원 자체의 시장과, 전파 전파(傳播) 및 간섭 분석 등 주파수 자원을 확보하기 위한 시장으로 구성됨
 - 그러나, 전파 전파(傳播) 및 간섭 분석은 국가의 전파관리 기능을 위해 제한적으로 필요한 기능이므로 다수의 생산자와 공급자가 존재하는 일반적인 의미의 시장은 형성되어 있지 않음
- 국내에서 가장 중요하고 규모가 큰 주파수 자원의 시장은 경매 방식으로 주파수가 할당되는 이동통신용 주파수 시장이며, 2011년부터 시행한 3차례 경매의 낙찰가로 추정한 평균 단가는 약 29.44억원(연간, 1MHz폭당) 수준임
 - 주파수 경매를 최초로 실시한 2011년도에 비해 최근 경매인 2016년도 주파수 경매에서는 단가가 감소함
- 현재 국내에서 이동통신용으로 할당된 주파수 대역폭은 410MHz폭(WiBro용 주파수는 제외)이며, 위 경매 결과의 평균 단가를 적용하면 연간 약 1조 2천억원 규모의 이동통신 주파수 시장이 형성되어 있는 것으로 추정됨
- 앞으로 5G용 주파수 등 신규 주파수가 추가로 할당되면 이동통신용 주파수 시장의 규모도 계속 성장할 것으로 전망됨
 - 다만 전체 이동통신 시장의 성장 한계, 최근 주파수 경매에서의 단가가 소폭 감소한 점, 5G용 주파수는 28GHz 대역 등 밀리미터파 주파수를 포함하고 있어 MHz당 시장가치가 대폭 감소할 것으로 예상되는 점 등을 고려하면, 주파수 시장 규모가 할당되는 주파수 대역폭에 비례하여 증가하지는 않을 전망이다

표 3 우리나라의 이동통신용 주파수 경매 결과

경매시기	주파수 대역	대역폭 (MHz)	이용기간(년) (일부 추정치 사용)	낙찰가 (억원)
2011년	800MHz	10	10	2,610
	1.8GHz	20	10	9,950
	2.1GHz	20	10	4,455
2013년	1.8GHz	35	8	10,500
	1.8GHz	15	8	9,001
	2.1GHz	40	8	4,788
2016년	1.8GHz	20	10	4,513
	2.1GHz	20	5	3,816
	2.6GHz	40	10	9,500
	2.6GHz	20	10	3,277

이동, 고정 무선통신 시스템 및 서비스 시장

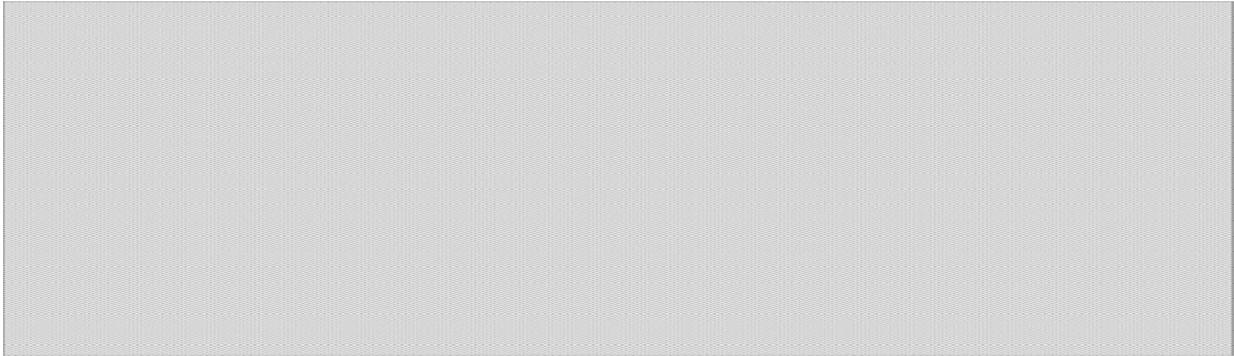
- 이동통신 관련 시장은 크게 서비스 시장, 단말 시장, 장비(기지국 등) 시장으로 나눌 수 있으며, 이동통신 트래픽을 처리하기 위한 백홀시장도 존재
- 2017년 10월말 기준, 우리나라의 이동통신 서비스 가입자수는 6,346만명 (WiBro 제외) 수준이며, 인구수 증가 정체에도 불구하고 가입자수는 지속적으로 증가하고 있음
 - * 자료: 과학기술정보통신부, 무선통신서비스 통계현황, 2017.11.30.
- 2020년 전세계 이동통신 가입자수(연결수)는 약 81억명으로 매년 2.3%의 완만한 성장이 예상되며, 이 중 우리나라의 가입자수는 약 7천만명으로 전세계 시장의 0.8~0.9%를 차지할 전망
 - 사물인터넷(IoT) 기술 및 서비스가 고도화되면서 1인당 여러 개의 기기를 인터넷에 직접 접속하여 사용할 것으로 예상되므로, 인구수 증가와 관계없이 이동통신 가입자수는 계속 증가할 전망

- 2020년 기준 전세계 이동통신 서비스 시장규모는 약 1조 918억불, 우리나라의 시장규모는 약 259억불로 전세계 시장의 2.4%를 차지할 것으로 예상되며, 전세계 및 우리나라 시장 모두 2~3%의 성장률이 예상됨

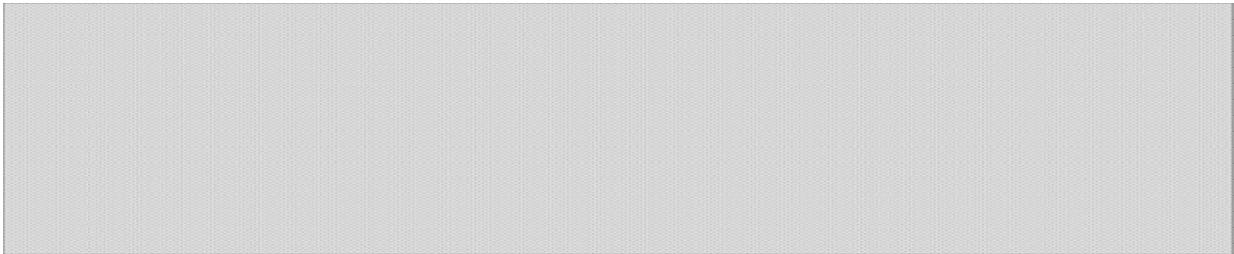
- 2020년 기준 전세계 이동통신 단말은 약 19억대가 출하될 것으로 예상되며, 전세계적으로 4G 이동통신 시장규모가 늘어남에 따라 CDMA2000, GSM, WCDMA 계열 단말은 완만한 감소세를 보일 전망
 - 현재 표준화가 진행중인 5G의 단말은 2019년~2020년경 출시가 시작될 것으로 보이나, 사업자의 전략이나 장비 개발 상황에 따라 그 규모가 유동적임

- 단말 시장을 매출액 측면에서 보면 전세계 시장은 약 2%의 완만한 성장, 우리나라 시장은 정체 또는 완만한 감소세가 예상되며, 전세계 대비 우리나라의 시장규모는 약 2% 수준임

- 전세계 이동통신 장비시장도 서비스 시장 및 단말 시장과 유사하게 약 2% 정도의 완만한 성장을 보일 전망이며, 무선 가입자망(RAN; Radio Access Network) 시장이 핵심망(Core Network) 시장의 약 6배 규모임
- 5G 장비시장은 표준화가 완료되고 우리나라 등 5G 주파수 할당이 시작되는 2018년부터 나타날 것으로 예상되나, 사업자 전략에 따라 변동 가능성 높음



- 이동통신 서비스를 제공하기 위해서는 기지국뿐만 아니라 기지국이 처리한 신호를 핵심망으로 보내기 위한 경로(모바일 백홀)가 필요하며, 이를 전파자원을 이용하는 마이크로파(M/W; Microwave) 통신으로 처리하는 시장도 이동통신 시장의 성장과 함께 규모가 커지고 있음
- 모바일 백홀로는 M/W(57%), 광섬유 및 구리선(30%) 등이 주로 사용됨
- 5G 이동통신용으로 고대역 주파수 사용이 늘어남에 따라, 기지국수 증가 및 전송 데이터 용량 증가와 함께 M/W 모바일 백홀 시장규모도 늘어날 전망
- * 마이크로파(M/W; Microwave): 여러가지 정의(300MHz~300GHz, 1GHz~100GHz 등)가 있으나, 일반적으로 3GHz~30GHz의 주파수를 가지는 전자기파를 의미

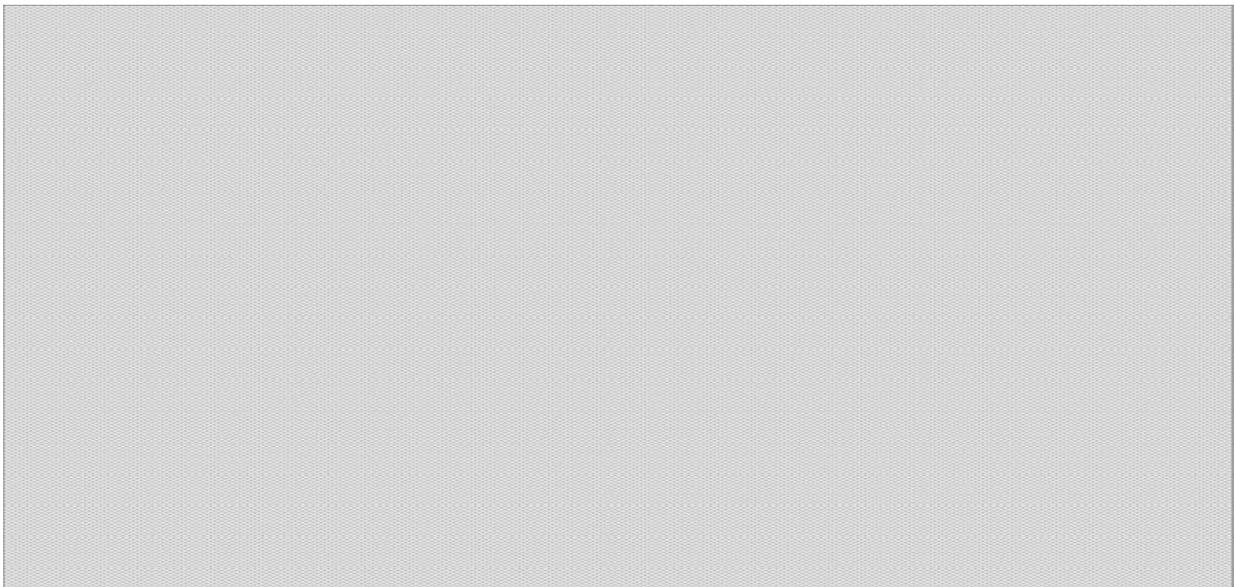


전자파 해석 및 RF 회로 설계 툴 시장

- 전자파 해석, RF 회로 설계는 주로 S/W로 수행되고 별도의 제품이 존재하지 않아 정확한 시장자료를 입수하기 어려우므로 분석 대상에서 제외

전자파적합성 측정 시스템, 전자파 누설 방지 부품, 전자파 방호 시설 시장

- EMC(전자파적합성; Electromagnetic Compatibility)는 의도하지 않은 전자파가 발생했을 때 기기 또는 부품 상호간에 기능적인 저하를 발생시키지 않는 상태를 의미
 - 발생하는 전자파 장애(EMI; Electromagnetic Interference)의 수준이 낮고, 이의 피해를 받는 기기의 전자파 내성(EMS; Electromagnetic Susceptibility)이 높아 적절한 EMC 마진(Margin)이 형성된 것을 의미
- EMC를 위한 전자파 차폐(Shield)를 위해서는 전도성 도료(Conductive Coating), PCB(기판) 차폐(PCB Level Shielding), 개스킷(Gasket), 필터(EMC Filter) 등을 사용할 수 있으며, 전체 시장 규모는 2020년 기준 약 75억불로 매년 5~6%의 성장률을 보일 전망



- 한편, 군사적으로도 최근 GPS 교란이나 EMP(Electromagnetic Pulse) 공격 위협이 증가하는 등 전자파의 공격으로부터 인원, 장비, 시설 등을 보호하기 위한 관심이 증대되고 있으며, 전자전(Electronic Warfare) 시장 중 전자 보호 시스템(Electronic Protection System) 시장 규모는 2020년 약 108억불 규모로 전망됨
 - 보호 시스템은 전자전 공격으로부터 아군의 인원, 장비를 보호하여 전투력을 유지시키기 위한 시스템으로, 시스템 차폐, 주파수 확산(Spread spectrum) 기술, GPS 교란(Jamming) 대책, 주파수 조정 및 관리 프로세스 등을 포함

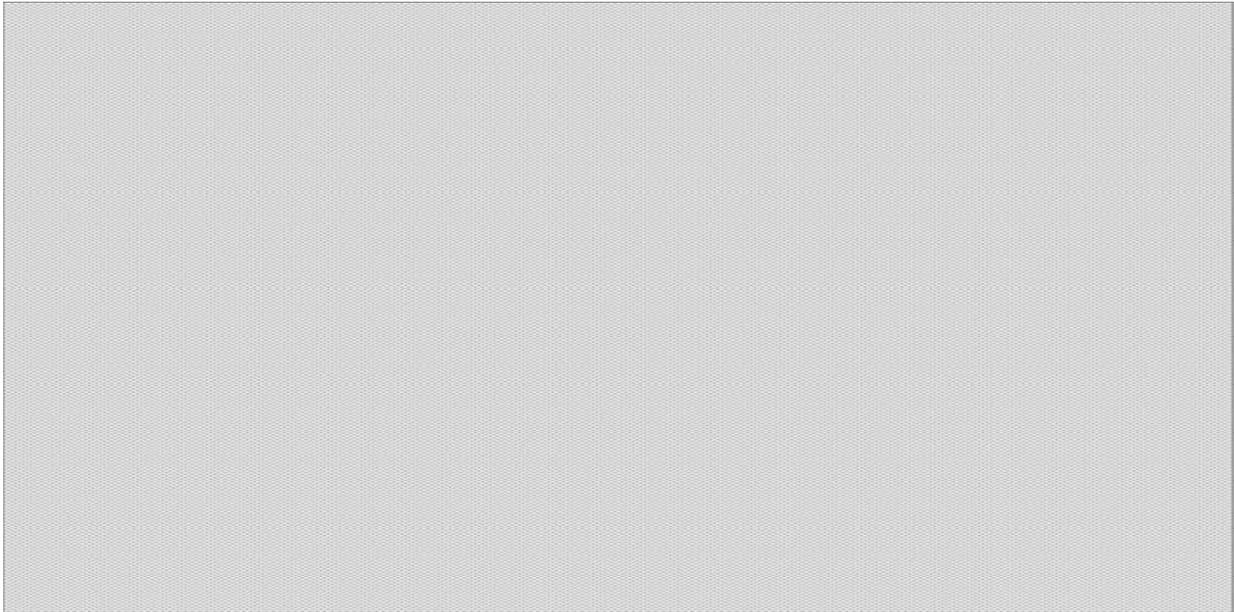
전자파 인체영향 측정 및 인체보호 시스템 시장

- 전자파 인체영향 및 인체보호 분야는 전파 이용 기기의 사용이 증가하면서 의도하지 않은 전자파로부터 인체를 보호하기 위한 측정 및 대책을 마련하기 위한 것으로, 국내 규제 및 국제 표준이 제정되고 있으나 아직 정확한 시장 규모는 파악하기 어려움
 - 인체 모형을 이용한 전자파 흡수율 측정, 전자파로부터의 인체 보호 수단 마련 등 관련 연구가 진행되고 있으나 대규모 시장이 존재하는 것은 아니며 인 증명체나 실험실 등에서 제한적으로 진행되는 분야임

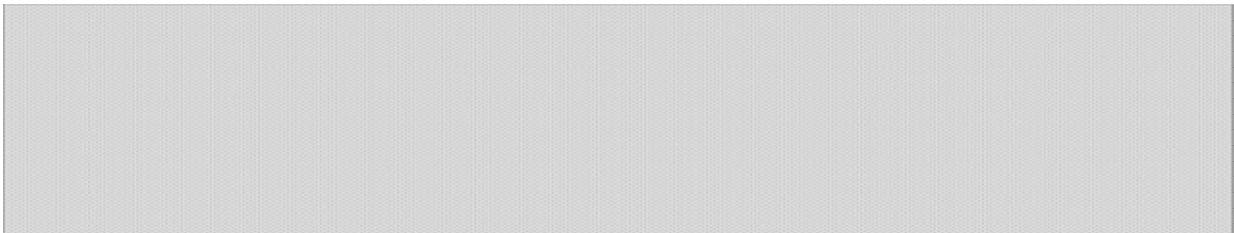
2. 전파 기반 응용 시장

이동통신 및 특수통신 부품 시장

- 전파자원을 이용하여 전파를 발사하고 수신하기 위해서는 안테나가 필수적이며, 안테나 시장은 전파 이용 기기의 발전과 함께 계속 성장할 전망이다
 - 2020년 기준 전세계 안테나 출하 대수는 287억대, 시장 규모는 212억불이 될 것으로 전망되며, 시장규모 증가율은 연간 6%가 될 것으로 예상
 - 시장규모 기준으로 TV나 라디오 송수신용 안테나 등 방송관련 안테나 시장이 가장 크며, 그 다음으로는 군사 및 감시용 안테나, 가정/산업/상업 장비용 안테나, 무선 통신 설비 안테나 등이 높은 시장 비중을 가지고 있음
 - 기술 발전 및 물량 증가와 함께 안테나의 단가는 하락할 것으로 예상되나, 스마트 기기의 출현과 함께 사물인터넷(IoT)용 안테나, 스마트 안테나 등이 안테나 시장 규모의 성장을 이끌 것으로 전망됨



- 전파관련 부품으로는 기지국 등의 전력증폭에 사용되는 GaN(질화갈륨; Gallium Nitride) 반도체가 있으며, 기지국 등의 출하량 증가에 따라 시장 규모도 매년 대폭 성장하여 2019년 이후에는 4억불을 초과할 것으로 예상
 - GaN 반도체는 크게 LED 제작 등에 사용되는 광 반도체와 전력 증폭에 사용되는 파워 반도체로 나눌 수 있는데, 광 반도체는 전체 시장의 95% 이상을 차지하고 있으나 파워 반도체의 시장 성장률이 훨씬 높고, 그 특성상 고출력에 적합하여 통신장비 등에서 실리콘 계열의 반도체를 빠르게 대체중임



- 또한, 할당된 주파수 범위내에서 전파자원을 사용하고 해당 범위 밖에서의 출력을 억제시키는 RF 필터 시장도 스마트폰 등 전파이용 기기의 증가와 함께 성장하고 있음
 - RF 필터는 스마트폰, 태블릿 PC, GPS 기기 등에 사용되며, 스마트폰용 필터 시장이 전체 시장의 약 60%를 차지하고 있음
 - 전파이용 기기가 증가하면서 기기간 전파 간섭의 정도도 증가하고 있으며, 전파자원 부족에 따라 가드 밴드(Guard Band)를 충분히 부여할 수 없게 되므로 RF 필터의 중요성과 역할은 계속 증가할 것으로 판단됨

- 할당받은 주파수를 이용한 무선통신 서비스가 아닌 테라헤르츠(Terahertz)나 밀리미터파를 이용하는 통신 장비 시장도 존재하는데, 밀리미터파 통신을 위한 장비 시장은 2020년 12억불 정도로 상대적으로 규모가 작을 것으로 예상되며, 테라헤르츠의 경우에는 현재 통신용 시장은 없으며 해당 용도의 시장은 2020년 이후부터 발생할 것으로 예상됨

- * 밀리미터파(Millimeter Wave): 파장이 수 mm(30GHz~300GHz의 주파수)인 전자파를 의미
- * 테라헤르츠파(THz; Terahertz): 0.3THz~3THz의 주파수를 가지는 전자파를 의미

- 특수통신의 대표적인 예로는 가시광통신(VLC: Visible Light Communication), 자유공간 광전송(FSO: Free Space Optical Communication)을 들 수 있으며, 아직 시장규모는 작으나 높은 성장률이 기대되는 분야임
 - VLC는 LED 등 가시광선 조명에 정보를 실는 통신방식이며, FSO는 주로 레이저를 이용해 대기중에 적외선이나 가시광선을 발사하여 정보를 전달하는 광대역 통신을 의미함
 - VLC나 FSO는 전통적 의미의 전파(3,000GHz 이하의 주파수)에는 속하지 않으나, 전파에 대한 규제를 받지 않고 간섭도 피할 수 있는 등의 장점이 있어 전파자원의 희소성이 높아지는 시점에서 많은 관심을 받고 있음

무선충전 부품 및 인프라 시장

- 소형 전자기기에서 대형 전기 자동차에 이르기까지 배터리 용량과 이의 충전 문제가 대두되기 시작하면서 무선으로 에너지를 전송하여 기기의 배터리를 충전하는 무선충전 기술이 최근 확산되기 시작하였으며, 시장규모는 가파르게 증가하여 2020년 131억불 규모로 성장할 전망
- 무선충전 기술은 크게 자기유도방식(수 cm 이내에서 코일간 자기유도를 이용하여 충전)과 자기공진방식(수 m 거리에서 안테나간 공명현상을 이용하여 충전)으로 구분되며, 현재는 자기유도방식이 대부분의 시장을 차지하고 있으나 2020년 이후에는 전기자동차를 중심으로 자기공진방식이 높은 성장률을 보일 것으로 전망됨

- 전체 무선충전 시장을 수신기와 송신기로 구분하면, 수신기 시장은 약 39%, 송신기 시장은 61%를 차지(2020년 기준)
- 수신기 시장의 경우 스마트폰 충전시장이 대부분을 차지하고 성장률도 높으며, 그 외 웨어러블 디바이스, 가전제품, 노트북 컴퓨터, 전기 자동차 등의 충전시장이 존재함
- 송신기 시장의 경우 충전기가 단독(Stand-alone)으로 존재하는 경우가 가장 많을 것으로 예상되며, 그 외 차량내 충전, 기타 시장이 존재함

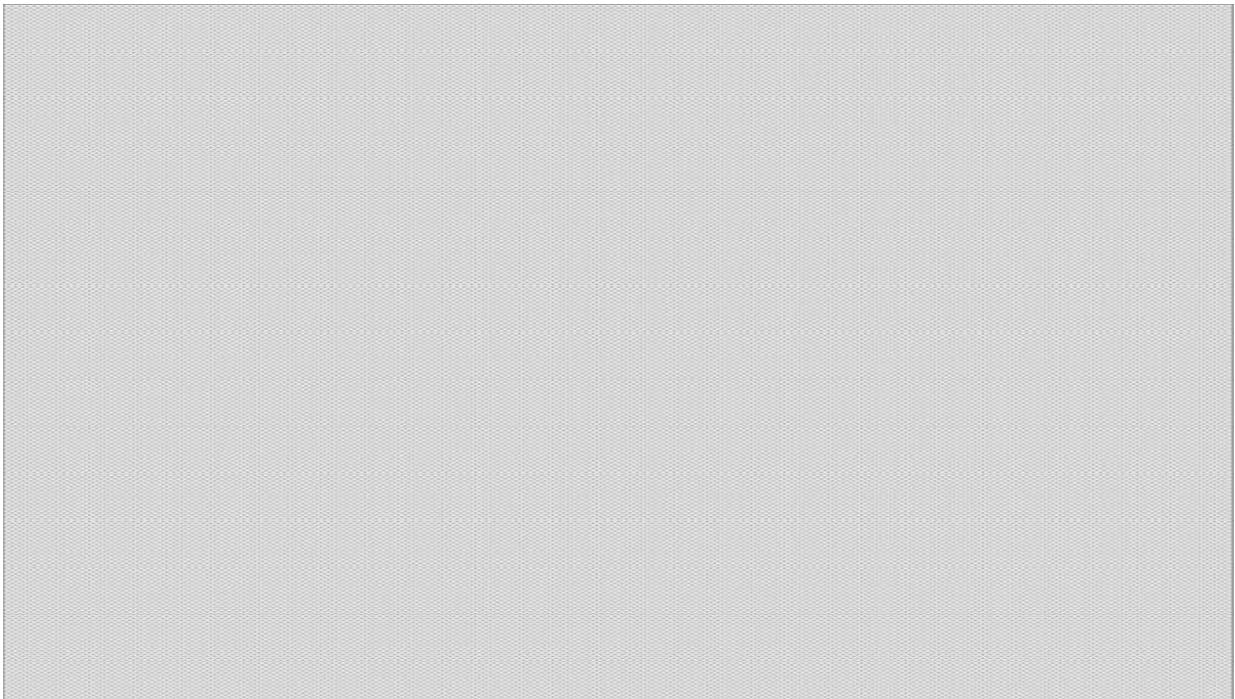
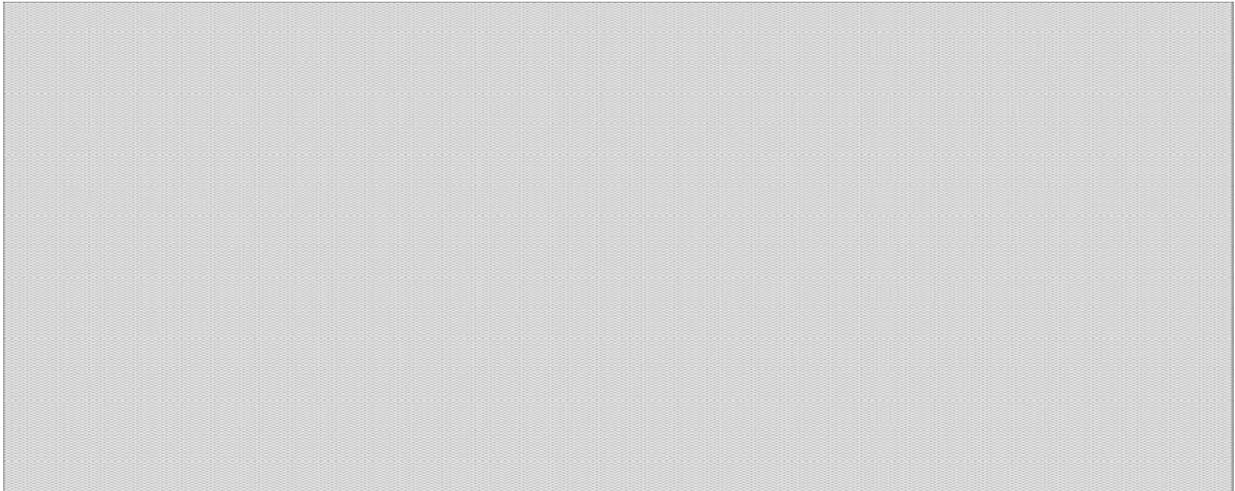
- 에너지를 이용해 전파를 발사하는 것과 반대로, 공간에 존재하는 자연적 또는 인공적인 전자기파를 전기 에너지로 변환하는 에너지 하베스팅(Energy harvesting)도 최근 연구가 시작되고 있으나, 아직 그 시장규모는 작음
 - 에너지 하베스팅은 공간에 존재하는 여러 에너지원을 우리의 가용 에너지(즉, 전기를 의미)로 바꾸는 것으로, 그 에너지원은 태양광이 가장 많이 사용되나 진동(Vibration) 에너지, 열 에너지, 화학 에너지, 전파 에너지 등도 일부 사용을 시작하는 단계이며, 본 보고서에서의 에너지 하베스팅 대상 에너지원은 전파에 한함
 - 전파에너지 기반의 에너지 하베스팅은 주로 산업용과 자동차용으로 사용되며, 그 외에도 건물/건설/스마트홈, 의료 등 분야에도 사용될 전망임
 - 2020년 기준 시장규모는 약 3억불로 다른 시장에 비해 미미한 상태이나 증가율은 높으며, 특히 판매량 기준으로 보면 성장률은 약 77%로 매우 높음

■ 전파를 응용한 센싱/계측, 의료 진단/치료, 금융/결제 시장

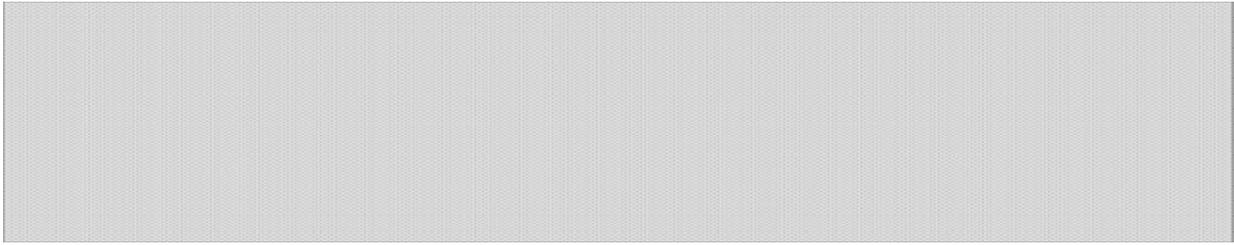
- 전파를 이용한 의료 분야 중 대표적인 것으로는 전파(M/W)를 이용한 박피술, 전파이용 암 진단, MRI(자기공명영상; Magnetic Resonance Imaging) 등이 있으며, 2020년 기준 해당 시장의 규모는 약 23억불 정도로 매년 약 6.7%의 성장이 예상됨

- M/W뿐만 아니라 테라헤르츠도 의료분야에서 사용될 수 있는데, 방사능에 노출되는 X-ray 촬영과 달리 테라헤르츠는 방사능이 없어 수술 중 영상 촬영, 피부암 진단, 내시경, 충치 촬영, 화상 진단 등의 목적으로 사용 가능
 - 지금까지 이와 관련된 시장은 아직 발생하지 않았으나, 2022년경 충치 촬영이나 화상 진단 등의 목적으로 테라헤르츠가 사용되는 것을 시작으로 2020년대 말부터 본격적인 시장이 열릴 전망이다

- 전파를 이용하여 물체를 감지하는 대표적인 예로는 레이더(Radar)가 있으며, 군사용 레이더를 중심으로 꾸준한 시장 성장률을 보여 2020년 기준 시장 규모는 약 246억불이 될 것으로 전망됨
 - 과거에는 군사용 레이더의 비중이 높았으나(전체 시장의 약 50%) 현재는 자동차용 레이더의 수요가 늘어나면서 해당 부문의 시장이 성장하고 있으며, 안전운행을 위한 기술이 발전하면서 자동차용 레이더 시장은 더 커질 전망
 - 특히, 레이저를 이용한 레이더인 LiDAR(Light Detection And Ranging)는 레이저 펄스를 발사하고 되돌아오는 펄스를 센서로 감지하여 물체의 위치와 형상을 탐지하는 방법으로서, 본래는 지형 탐지 등에 주로 사용되었으나 최근에는 자동차나 로봇에 탑재되어 자율주행 기능을 구현하는 용도로도 사용이 증가하고 있음

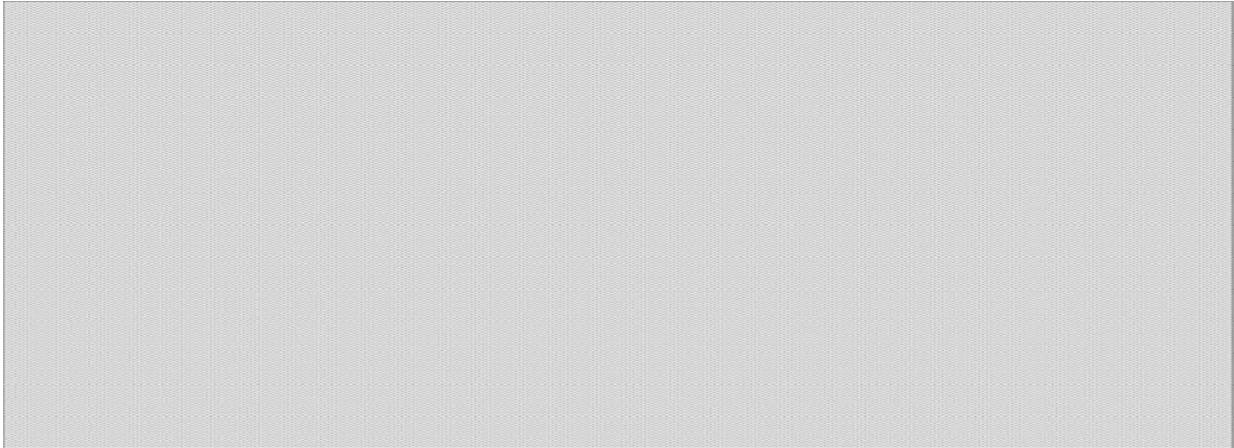


- 전파의 계측은 전파간섭을 예방하고 기기의 성능을 유지하는데 필요하므로, 특정 기기에서 방사되는 전자파의 양을 측정하는 전파 계측(RF Test) 장비도 전파 산업에서 중요한 부분을 차지함
 - 전파계측 장비는 스펙트럼 분석기(Spectrum analyzer), 신호 발생기(Signal generator), 계수기(Electronic counter) 등 범용 장비와 반도체 자동 검사 장치를 포함하며, 통신(40%) 분야에서 주로 사용되나 제조 및 전자(각 16%), 군사(11%), 자동차(9%) 분야에서도 사용됨 (괄호안의 비중은 2020년 기준)
 - 시장 규모는 2020년 기준 약 53억불로 전망됨



● 전파를 이용한 결제 시스템의 예로는 NFC(Near Field Communication)를 들 수 있으며, 시장규모는 2020년 약 200억불로 예상

- NFC 시장은 SD 카드, SIM 카드, NFC 커버, NFC IC, 태그, 리더 등을 포함



그 외 생활밀접 전파활용 분야 시장

● 앞서 살펴본 전파 자원 자체에 대한 시장 및 이를 응용한 시장 외에도 우리 생활과 밀접한 전자 레인지, 인덕션 레인지 등이 전자파를 사용하고 있으나, 해당 분야는 이미 시장에 안착하여 전파 기술의 영역보다는 가전의 영역에 가까우므로 본 보고서의 논의 대상에서 제외

IV 정책 동향 분석

1. 국내 정책 동향

5G 주파수 정책

- 미래창조과학부(현 과학기술정보통신부)는 5G 주파수 공급을 포함하는 K-ICT 스펙트럼 플랜을 발표하고, 세계 최초 5G 이동통신 상용화를 위해 최소 1,300MHz폭의 주파수를 공급하기 위한 계획을 발표 (2017.1.18)
 - 2018년까지 3.5GHz 대역에서 300MHz폭, 28GHz 대역에서 최소 1GHz폭 등 총 1,300MHz폭을 확보하고, 2021년까지 28GHz 대역에서 추가로 2GHz폭을, 2026년까지 최소 1GHz폭을 더 확보할 예정
 - 해당 계획은 2012년초 발표한 “모바일광개토플랜 1.0” 및 2013년말 발표한 “모바일광개토플랜 2.0”에 이어 제시된 광대역 이동통신용 주파수 확보계획으로, 이동통신뿐만 아니라 산업용, 생활용, 위성용, 공공용 등 우리의 생활에 영향을 미치는 광범위한 주파수에 대한 계획을 포함하는 것이 특징임
 - * 자료: 미래창조과학부, 4차 산업혁명에 대응한 중장기 주파수 종합계획인 K-ICT 스펙트럼 플랜 확정, 보도자료, 2017.1.17
- 과학기술정보통신부는 5G 국제표준화의 주도권을 확보하기 위해 국제전기통신연합(ITU) 이동통신 작업반(WP(Working Party) 5D) 회의에서 5G 후보기술 제출 의향서를 제출 (2017.10월)
 - 세계 각국 및 표준화 단체는 5G 기술표준화 주도권 확보를 위해 ITU에 5G 후보기술 제출 의향을 밝히고 있으며, ITU에서는 2020년 후반에 5G 기술 표준을 최종적으로 확정할 예정임
 - * 자료: 과학기술정보통신부, 우리나라 5세대 이동통신기술(5G) 세계화 시동, 보도자료, 2017.10.11

산업·생활 주파수 정책

- 과학기술정보통신부는 본 보고서의 전파 기반·응용 기술에 해당하는 분야인 산업·생활 주파수 공급계획을 K-ICT 스펙트럼 플랜에 포함하여 발표

- 해당 계획은 제4차 산업혁명 시대를 앞두고 이에 대비하기 위해 무선 네트워크(IoT, 무선랜, 무선백홀 등), 무인이동체(로봇, 자율주행차 등), 산업 센서 및 레이더(물체감지, 물질측정 등), 무선충전(전기자동차 무선충전, 에너지 하베스팅 등) 분야에서 주파수를 확보하고 공급하는 계획을 담고 있음

● 세부 분야별로는, IoT, 무선랜, 무선백홀 등 무선 네트워크 분야에서 초연결, 광대역, 지능형 무선 네트워크 구축을 위해 총 12,648MHz폭의 주파수를 공급하고, 그 외에 무인이동체 12,560MHz폭, 산업 센서·레이더 2,005MHz폭, 무선충전 1MHz폭 등 총 27,214MHz폭의 주파수를 3단계에 걸쳐 공급할 계획임

* 자료: 미래창조과학부, 4차 산업혁명에 대응한 중장기 주파수 종합계획인 K-ICT 스펙트럼 플랜 확정, 보도자료, 2017.1.17

표 27 K-ICT 스펙트럼 플랜 산업·생활 주파수 확보 계획 (단위:MHz)

구분		~2018년	~2021년	~2026년	합계
무선 네트워크	IoT	4	12	12	28
	무선랜	5,000	120	-	5,120
	무선백홀	-	1,500	6,000	7,500
	소계	5,004	1,632	6,012	12,648
무인이동체		-	60	12,500	12,560
산업 센서·레이더		1,005	1,000	-	2,005
무선충전		0.01	-	1	1
합계		6,009	2,692	18,513	27,214

용도자유대역(Free-band) 주파수 정책

● 미래창조과학부(현 과학기술정보통신부)는 ICT 신산업 활성화를 위해 용도 자유대역(Free-band) 주파수 8GHz폭을 추가로 공급하는 방안 발표 (2015.6)

- Free-band는 용도를 정하거나 특정 기술방식을 사용하도록 사전에 정하지 않고, 전파 이용자가 출력 제한 등 최소한의 기술기준만 만족하면 무선국 허가나 신고없이 자유롭게 사용할 수 있는 주파수 대역을 의미
- 용도 미지정 대역으로는 2006년 분배된 FACS(Flexible Access Common Spectrum, 57~64GHz)가 있으나, 높은 주파수에 따른 경로 손실 등 여러 제약이 존재하여 이용이 활성화되지 못하고 있음

* 자료: 미래창조과학부, 정보통신기술(ICT) 신산업 활성화를 위한 용도자유대역 주파수 8GHz 추가 공급 (2016.6.26)

표 28 우리나라의 용도 자유대역 주파수 공급 내용

대역 (대역폭)	국제 동향 (활용 사례)	활용 전망
262~264MHz (2MHz폭)	- 협대역 디지털 통신, 군용	- 원격검침, 스마트 홈 등 장거리 IoT 서비스
24~27GHz (3GHz폭)	- 물체감지센서, 차량충돌방지레이더 - 광대역 무선통신, 무선탐지, UWB	- 소출력 레이더 - 5G 이동통신용 모바일 백홀 등
64~66GHz (2GHz폭)	- 무압축 대용량 영상 전송 - 고해상도 레이더	- 무압축 대용량 영상 전송 - 근거리 고해상도 레이더 등
122~123GHz (1GHz폭)	- 초고속 통신, 의료영상진단, 보안 (연구개발 진행 중)	- 다양한 소출력 기기 상용화
244~246GHz (2GHz폭)		

- Free-band 주파수는 근거리 고속 및 저속 통신뿐만 아니라 센서나 레이더 용으로도 이용될 수 있어, 해당 주파수 공급으로 각종 서비스 수요에 대한 유연한 대응과 창의적인 신산업 창출을 기대하고 있음

2. 국외 정책 동향

5G 주파수 표준화

- 5G 기술 및 주파수 표준화를 주도하고 있는 3GPP에서는 NR(New Radio) 용 주파수를 검토하고 있으며, 자국 산업 발전에 유리한 주파수 대역을 국제 표준으로 채택하기 위한 국가간의 경쟁이 치열하게 벌어지고 있음
 - 3.5GHz 대역에서는 3.3GHz~4.2GHz를, 28GHz 대역에서는 24.25GHz~29.5GHz를 검토중 이나, 국가간 주파수 이용 상황이나 인접대역 서비스가 달라 공통 주파수에 대한 합의가 어려운 상황
 - * NR(New Radio): 5G 기술은 크게 기존 LTE가 진화한 LTE-Evolution과 새로운 기술인 NR(New Radio)로 나뉘며, LTE-Evolution은 기존 LTE용 주파수 대역에서, NR은 새로운 주파수 대역에서 주로 구현될 전망
- 1개 채널의 대역폭(Bandwidth)은 6GHz 이하 대역은 100MHz폭까지, 6GHz 이상 대역은 400MHz까지의 값을 갖는 방안을 논의중임
 - 부반송파간의 간격(Subcarrier spacing)의 최대값은 60kHz~120kHz를 논의중
 - * Subcarrier spacing: OFDMA 구현을 위해 하나의 반송파를 여러개의 부반송파(subcarrier)로 나누었을 때 부반송파간의 간격을 의미하며, LTE 시스템에서는 이 값을 15kHz로 사용중임

📄 국가별 5G 주파수 공급 정책

- 미국은 1GHz 이하의 저대역부터 밀리미터파 대역에 이르기까지 광범위한 주파수 대역을 5G용으로 활용하기 위한 노력을 진행중
 - TV 방송용으로 사용되던 주파수 대역에서 인센티브 경매(Incentive auction)를 실시하여, TV 방송용 600MHz 대역 주파수를 반납(역경매, Reverse auction)받아 이를 이동통신사업자에게 경매(순경매, Forward auction)하는 방법으로 70MHz폭을 확보 (2017년 4월 경매완료)
 - 24GHz 및 47GHz 주파수 대역에서 이동통신용으로 1.7GHz폭을 확보하는 계획을 포함한, 밀리미터파 대역의 주파수 이용 방침을 발표 (2017.10.26)
 - * 자료: FCC, Incentive Auction Dashboard 및 Fact Sheet(Use of Spectrum Bands Above 24 GHz for Mobile Radio Services), 2017.10
- 주파수 조화(Harmonization)가 중요한 유럽은 기존 조화된 주파수 외에 신규 대역에서도 5G를 이용하기 위한 주파수 조화 및 기술적 연구 추진중
 - 유럽내 조화가 이미 완료되고 연속 대역폭 확보가 가능한 3.4GHz~3.8GHz 대역 400MHz폭을 5G 이용을 위한 주된(Primary) 주파수 대역으로 이용 추진중
 - 전국 및 실내의 5G 커버리지 확보를 위해서는 1GHz 이하 대역이 유리하므로, 700MHz 대역도 5G용으로 이용 추진
 - 24GHz 이상 밀리미터파 대역에서는 24.25GHz~27.5GHz 대역을 5G를 위한 개척 대역(Pioneer band)으로 정하고, EU 회원국들에게 해당 대역을 2020년까지 사용하기 위한 주파수 조화 방안 수립을 요구
 - 그 외, 31.8GHz~33.4GHz 대역 및 40.5GHz~43.5GHz 대역도 5G용으로 장기적 검토
 - * 자료: EU RSPG(Radio Spectrum Policy Group), Strategic Roadmap towards 5G for Europe: Opinion on Spectrum Related Aspects for Next-generation Wireless Systems (5G), 2016.11.
- 일본 총무성은 3.6GHz~4.2GHz, 4.4GHz~4.9GHz, 27.5GHz~29.5GHz 대역을 5G용으로 공급하기 위한 의견수렴을 실시(2017.7)하였으며, 중국 정보통신산업부는 5GHz 이하 대역(3.3GHz~3.6GHz, 4.8GHz~5GHz) 및 밀리미터파 대역(24.75GHz~27.5GHz, 37GHz~42.5GHz)의 5G 이용을 위한 의견수렴 실시(2017.6)
 - * 자료: 한국방송통신전파진흥원, 국제 5G 주파수 공급 추진 현황, 2017.8.

- 호주 통신미디어관리청인 ACMA는 2017년 10월 향후 5개년간의 주파수 정책을 담은 Five-year Spectrum Outlook(2017~2021)을 발표하고, 850MHz 및 900MHz, 1.5GHz, 3.6GHz(3,575MHz~3,700MHz), 밀리미터파(24.25GHz~27.5GHz) 대역의 할당을 고려하고 있음을 밝힘
 - 이 중 현재 고정 점대점(Point-to-point) 통신이나 고정위성용으로 사용중인 3.6GHz 대역은 첫번째 5G 주파수 대역이 될 것이며, 우주연구나 고정위성용으로 사용중인 밀리미터파 대역은 5G로 두번째로 사용하게 될 대역임을 발표
 - 그 외 주파수 재배치로 850MHz 대역을, 2G 서비스 종료로 900MHz 대역을, 기술표준화 진행으로 1.5GHz 대역을 공급할 계획임
- * 자료: ACMA, Five-year Spectrum Outlook 2017~21, 2017.10.

창의적인 전파 이용을 위한 정책

- 미국은 해안지역 군용 레이더로 사용중인 3.5GHz 대역(3,550MHz~3,700MHz) 주파수를 CBRS(Citizens Broadband Radio Service) 용도로 개방하고, 스몰셀 등 창의적인 전파이용을 위해 민간이 사용할 수 있도록 허용
 - 민간으로부터의 다양한 상업적인 주파수 수요를 충족시키기 위해 3개의 계층(Tier) 모형을 적용하였으며, 1순위(Incumbent Access, 3.5GHz에서 원래 사용중인 정부이용 및 고정위성서비스), 2순위(Priority Access, 경매를 통해 부여하는 권한으로 하위 3순위에 비해 우선권이 있음), 3순위(General Authorized Access, 정해진 기술조건 만족시 누구나 이용 가능)로 나누어 주파수 이용 권리 부여
 - 해당 주파수 대역은 주로 스몰셀 용도로 사용될 전망이나, 넓은 주파수 대역 폭에서 다양한 권리 모델이 존재하므로 새로운 서비스 출현 기대
 - 해당 주파수를 사용하는 방식은 TV 유휴대역(White Space) 활용방법과 유사하게 동적인 주파수 접근 시스템(Dynamic Spectrum Access System)을 따르며, 시스템 내 DB(Database)를 구축하여 전파 이용시의 질서를 유지
- * 자료: FCC, Report and Order and Second Further Notice of Rulemaking, 2015.4
- 영국의 통신, 방송, 전파 규제기관인 Ofcom은 2014년 7월 IoT에 투자와 혁신을 촉진하기 위한 정보요청서(Call for Input)을 발간하고, 의견을 모집한 결과를 검토하여 2015년 1월 결정서(Statement)를 발표함

- 당시의 IoT 지원방안인 870/915MHz 대역 발굴과 기존 이동통신 면허조건의 자유화(liberalisation)로 중단기 스펙트럼 수요는 만족시킬 수 있음을 인식
 - 장기적으로는 스펙트럼 수요가 증가할 것이므로 비면허대역을 중심으로 IoT 용 스펙트럼 수요를 지속적으로 모니터링하여 주파수를 추가할 계획
- * 자료: Ofcom, Promoting investment and innovation in the Internet of Things, Statement, 2015.1.

3. 시사점

5G 이동통신 주파수 정책

- 세계 각국은 5G 주파수 확보와 자국의 관련 산업 경쟁력 강화를 위해 자국 내에서뿐만 아니라 국제적으로도 많은 노력을 기울이고 있음
 - 자국내에서는 3.4GHz~3.8GHz 대역 및 밀리미터파 대역을 중심으로 주파수 회수 및 재배치를 통해 최대한의 연속된 광대역 주파수를 확보하기 위해 노력중
 - 국제적으로는 장비, 단말 등 자국 산업발전을 위해 자국의 5G 주파수가 국제 공통 주파수가 될 수 있도록 표준화 회의 등에서 국가간 공조체제를 구축 중
- 우리나라의 경우 5G용 주파수로 공급을 추진중인 3.5GHz 및 28GHz 대역 주파수가 3GPP에서 5G용 주파수 대역으로 논의중인 등 국제적인 노력이 성과를 거두고 있으나, 이를 확정하고 국내 산업 경쟁력 강화로 연결시키기 위해서는 앞으로도 꾸준한 정책적, 산업적 활동이 필요
 - 3GPP와 ITU에서의 국제 표준화를 위한 활동을 지속하고, 국내에서는 해당 주파수 대역에서 간섭없이 원활한 주파수 이용이 가능하도록 간섭분석 및 회수, 재배치 정책의 차질없는 추진 필요

창의적인 주파수 이용을 위한 정책

- 세계적으로는 시장 변화에 원활하게 대응하고 창의적 전파 비즈니스 모델 개발이 가능하도록 용도나 기술방식 규제를 완화하고 있는 추세이며, 우리나라에서도 Free-band 주파수를 공급하는 등 창의적 전파이용을 장려중
- 면허 방식 주파수 이용보다는 비면허 방식의 이용을 확대하는 추세이며, 원래의 면허권자가 미사용시 해당 주파수를 활용하는 주파수 공유도 확대중

V 기술 발전 현황 및 전망

1. 5G 기술 표준화 현황

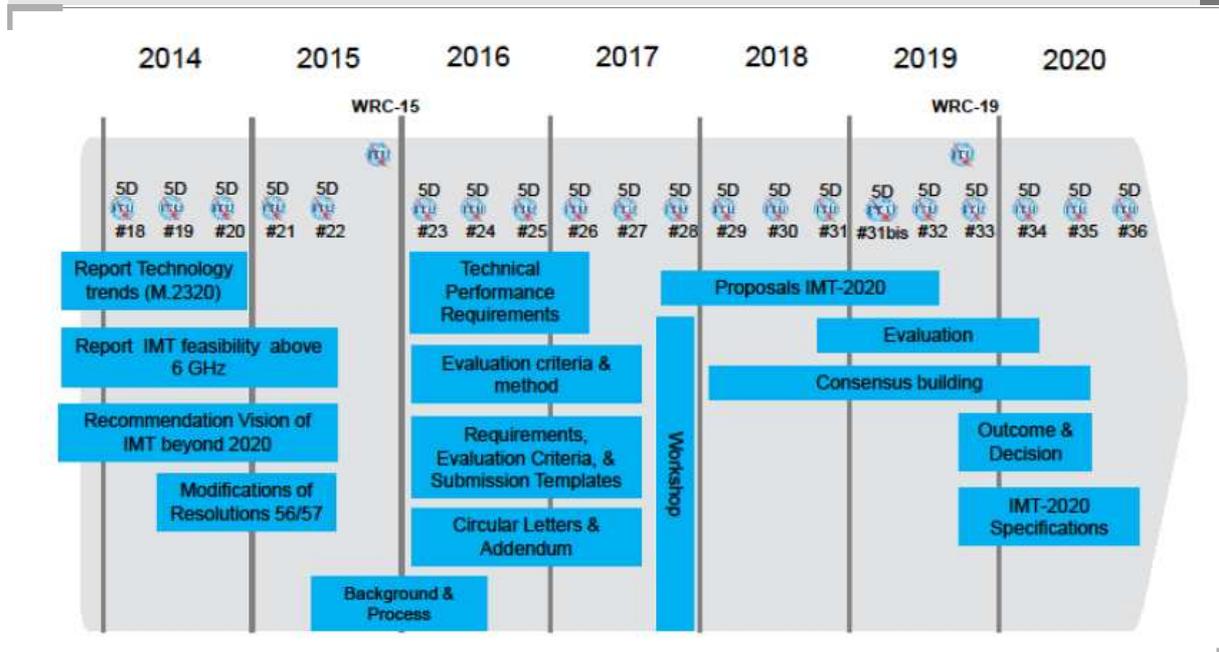
- 이동통신 기술은 전송속도에 따라 세대를 구분하며, 1세대 아날로그부터 현재 우리나라에서 주로 사용되고 있는 4세대 LTE-Advanced를 거쳐 현재 5세대 기술방식에 대한 표준화 진행중
 - 과거에는 무선신호의 동기화(Synchronization) 방식에 따라 동기식과 비동기식으로 구분되어 진화해 왔으나, 비동기식 기술이 동기식 기술로부터 CDMA 방식을, 무선랜 기술로부터 OFDMA 방식을 채택하면서 전송속도를 높여 온 반면 동기식 기술은 진화경로를 상실하면서 사실상 비동기 방식으로 수렴
 - ITU는 5G 기술을 “IMT-2020”으로 명명하고 서비스 시나리오와 이를 위한 기술적 요건(Key Capabilities)들을 정의하였으나, 아직 세부 기술표준은 정하지 않은 상태임
 - * 자료: ITU-R, IMT Vision: Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond, ITU-R M.2083, 2015.9.
- 3GPP는 2000년 3GPP Release 99에서 WCDMA 표준화를 완료한 이후, Release 8~9(LTE), Release 10~12(LTE-Advanced), Release 13~14(LTE-Advanced Pro)를 거쳐 Release 15(5G Phase 1) 및 Release 16(5G Phase 2)에서 5G 기술을 표준화할 예정
 - Phase 1은 eMBB 및 URLLC 서비스를 위한 표준화를 진행하며, 2017년말 NSA 방식의 표준화 완료 및 2018년 6월 SA 방식의 표준화를 완료하면서 Release 15를 완성할 예정
 - Phase 2는 MMTC 등 기술적 사양을 추가하여 2019년말 완성할 예정이며, 이를 IMT-2020 표준으로 ITU에 제출할 예정
 - * eMBB: Enhanced Mobile Broadband (향상된 광대역 통신)
 - URLLC: Ultra Reliable Low Latency Communications (고신뢰, 초저지연 통신)
 - MMTC: Massive Machine Type Communications (IoT 등 대량의 기기간 통신)

* NSA(Non Stand-alone): 코어망은 LTE망을 사용하며, LTE를 통해 제어신호를 받아 5G 액세스망을 사용하는 형태 (5G의 조기 상용화를 위해 사용하게 될 과도기적 형태)

SA(Stand-alone): 5G 액세스망과 코어망을 단독으로 사용하는 형태

- ITU는 2017년말부터 5G(IMT-2020) 기술표준안을 제출(Proposal)받고, 2019년~2020년 이를 평가, 협의한 후 2020년 후반에 구체적인 IMT-2020 기술표준(Specification)을 확정할 예정임

그림 1. ITU-R의 IMT-2020 표준화 일정



2. 전파 자원·환경 기술 동향

- 주파수를 확보하여 이용하기 위해서는 인접 서비스와의 간섭이 최소화되어야 하므로 이를 사전에 분석하기 위한 전파간섭 분석 시스템이 필요하며, 전파의 전파(Propagation) 모델도 개발되어야 함
 - 유럽 통신청(ECO, European Communications Office)에서는 SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)이라는 공개 S/W를 개발하고, 이종(異種) 기술방식간 통계적인 간섭 분석을 지원
 - 우리나라 ETRI에서도 이를 보완하여 GIS 분석 기능을 추가한 실환경 전파간섭분석 시스템을 개발하여 사용중이며, 5G 및 밀리미터파 전파모델도 개발
- 이동통신용 주파수를 최대한 확보하기 위해 기존 WiFi용 주파수 대역을 비면허(Unlicensed) 기반의 LTE로 활용하는 LTE-U 기술이 제안되어 논의중

- 이와 유사하게, 기존 사용자와 주파수를 공유하기 위해 LBT(Listen before talk) 기술을 사용하는 LAA(License Assisted Access)도 논의중이며, 미국의 T-Mobile이 2017년 6월 최초로 상용화하였음

* 자료: Qualcomm, Best Use of Unlicensed Spectrum, 2016.2. 및 T-Mobile, T-Mobile Completes Nation's First Live Commercial Network Test of License Assisted Access (LAA), 2017.6.

● 전자기기 사용이 늘어나면서, 전자기기간뿐만 아니라 전자기기 내부의 부품 간 발생할 수 있는 전자파 간섭, 노이즈를 줄이기 위한 EMI 차폐기술 요구

- 부품 표면에 전도성 금속을 증착하는 스퍼터링 방식, 얇은 금속을 도금하는 도금방식, 전도성 혼합 도료를 뿌리는 스프레이 코팅 방식 등이 사용됨
- 자동차에 전자장치의 비중이 높아짐에 따라 오동작을 방지하고 인체영향을 줄이기 위한 자동차의 EMI 차폐에 많은 연구가 진행되고 있으며, 휴대전화 등 전통적인 전자파 발생 기기에 대해서도 애플(Apple)이 차폐기술을 적용하는 등 EMI 차폐기술에 대한 수요가 늘어나고 있음

* 자료: 김경섭, 전자, 통신기기의 전자파 간섭(EMI) 차폐 기술, 주간기술동향, 2017.11

● 또한, 전파이용 서비스가 다양화되고 사용이 늘어남에 따라 전자파에 대한 관심이 고조되어, 전자파가 인체에 미치는 영향을 측정하기 위한 연구 프로젝트들이 진행중임

- Interphone Study: 휴대전화에서 복사되는 전자파가 발암 위험을 증가시키는지 측정하기 위한 국제공동 프로젝트로, 2000년 수행
- Mobi-Kids Study: 휴대전화로부터 발생하는 전자파가 어린이와 청소년의 중추신경계에 발암 영향을 미치는지 평가하며, 2009년부터 2015년까지 진행
- GERoNiMO 프로젝트: 전자기장(Electromagnetic field)이 인체에 영향을 미치는 메커니즘을 파악하고, 이를 저감하기 위한 방안을 제안하는 프로젝트로 2014년부터 2018년까지 수행
- LEXNET 프로젝트: 전파서비스의 QoS를 감소시키지 않고 일반인의 전자파 노출을 50% 감소시키는 기술을 개발하기 위한 것으로 2012년~2015년 수행

* 자료: 권종화, 전자파 인체영향 연구동향, 전자통신동향분석 제31권 제3호, 2016.6.

3. 전파 기반 응용 기술 동향

- 무선기기의 크기가 작아지면서도 높은 성능을 요구함에 따라 안테나 기술도 발전하고 있으며, 스마트 안테나, 능동 안테나, 초광대역 안테나 기술 개발이 주류를 이루고 있음
 - 스마트 안테나(Smart antenna): 빔포밍(Beamforming)을 활용하여 선택적으로 신호를 수신하고 간섭을 최소화하는 기술로서, 안테나 효율을 높이고 송수신 성능을 향상시키는데 기여할 수 있는 기술임
 - 능동 안테나(Active antenna): 단순히 전파를 수신하는 수동 안테나에서 벗어나 LNA(저잡음 증폭기, Low Noise Amplifier) 등을 통해 적극적으로 신호원을 찾아 신호를 증폭하는 기술을 말하며, 발진기형, 증폭기형, 믹서형 등으로 다양하게 발전하고 있음
 - 초광대역 안테나(Ultra wide-band antenna): 수 GHz 대의 넓은 주파수를 사용하여 무선전송 속도를 높여주는 기술을 말하며 차세대 무선통신 장비에 필수적으로 요구됨
 - * 자료: 변종길, 최신 안테나 기술 특허 동향, 한국통신학회 웹진, Vol.5, No.4, 2015.12.
- 무선충전기술은 칫솔, 휴대폰 등 소규모 기기에서 시작하여 자동차 등 대규모 기기로 확산되고 있으며, 크게 자기유도 및 자기공진 방식으로 분류됨
 - 자기유도방식은 WPC(Wireless Power Consortium)가 발표한 Qi 방식이 대표적인 표준이며, WPC는 국내의 삼성전자, LG전자 등이 주도하고 있음
 - 자기공진방식은 A4WP(Alliance For Wireless Power)가 발표한 리젠스(Rezence; Resonant와 Essence의 합성어) 방식이 대표적이며, 현재 시장규모는 작으나 비교적 원거리에서 여러 기기를 동시에 충전할 수 있어 향후 시장 성장 가능성이 높은 기술임
 - * 자료: 박세환, 무선충전 기술동향 및 국내 기술개발 역량과 시장동향, Hello T 첨단뉴스, 2017.6.
- 레이더의 경우, 아직은 군사용 수요가 많아 위상배열레이더 등 국방용으로 레이더를 활용하는 기술 수요가 많으나, 자율주행차나 드론 등 산업이 발전함에 따라 소출력 레이더에 대한 연구개발이 진행중

- ISM 대역을 활용하는 소출력 근거리 레이다 기술은 자동차, 의료, 교통, 로봇 등 여러 분야에서 사용중
- * 위상배열레이다: 송수신 모듈을 따로 여러개 붙여 만든 안테나로, 각 모듈의 위상차를 조절하여 전파 에너지를 원하는 곳에 세밀하게 집중시킬 수 있게 만든 것임

4. 미래 전파이용 기술발전 전망

미래사회의 변화에 대응하기 위한 전파이용 기술 전망

- (개요) 미래사회 변화에 필요한 전파이용 기술의 발전방향을 알아보기 위해, 미래사회를 전망한 사례를 살펴보고 이를 전파이용 기술 발전(표2에서 제시한 전파이용 응용분야 시장)과 대응시켜 전파이용 기술 변화를 전망
- (ETRI, 불연속적 변화) ETRI에서는 인공지능, 스마트 헬스케어, 3D 프린팅, 자율로봇, IoT, 인간보안, ICT 패권, 금융산업, 일자리 전쟁, 인체 플랫폼 등의 불연속적 변화(미래 변화상)을 도출
 - 사회 트렌드 12개 및 기술 트렌드 3개를 도출하고, 이를 결합한 STM(Socio-Tech Matrix) 분석을 통해 10대 불연속적 변화를 도출
 - * 자료: 이승민 외, ECOsight 3.0: 미래사회 전망, ETRI Insight Report 2015-01, 2015.6.
- (IITP, 미래사회의 문제) IITP에서는 기술 발달에 따른 새로운 형태의 욕구 발생, 네트워크 기술 발달로 인한 패러다임 변화, 초고령화 시대로 인한 사회적 문제 발생, 환경 변화에 따른 건강 위협 증가, 환경 오염에 따른 생태계 변화 등의 미래 사회의 문제 도출
 - PESTEL(Political, Economic, Social, Technological, Environmental, Legal) 각 영역에서 34개의 메가트렌드를 도출하고, 이를 Grouping하여 미래사회의 문제 5개를 도출
 - * 자료: IITP, ICT 기술예측조사 2030 & 10대 미래 유망기술, 2015.12.
- (OECD, 10대 미래기술) OECD는 미래의 과학, 기술, 혁신에 영향을 미치는 8대 글로벌 메가트렌드를 도출하고, 사회·경제적 영향이 높은 10대 미래기술(사물인터넷, 빅데이터 분석, 인공지능, 신경기술, 나노 마이크로 위성, 나노소재, 적층가공기술, 첨단 에너지 저장, 합성 생물학, 블록체인지술) 선정

- 8대 글로벌 메가트렌드는 인구, 천연자원 및 에너지, 기후변화와 환경, 글로벌화, 국가의 역할, 경제/일자리/생산성, 사회, 부/건강/웰빙이며, 이에 영향을 미칠 기술을 선정

* 자료: OECD, Science, Technology and Innovation Outlook 2016, 2016.12.

● **(WEF, 유망기술)** 세계경제포럼(WEF)은 미래를 예측하여 30개의 위험요소와 13개의 트렌드를 도출하고, 이를 해결하기 위한 12개의 유망기술(3D 프린팅, 재료/나노물질, AI/로보틱스, 생명공학, 에너지 수집/저장/전송, 블록체인/거래기록 분산, 지구공학(토지개간, CO2 감축 등), IoT, 신경공학, 클라우드/양자 등 신규 컴퓨팅 기술, 우주기술, AR/VR)을 도출

* 자료: World Economic Forum, The Global Risks Report, 2017.1.

표 29 미래사회 변화에 요구되는 전파자원 이용 기술 도출

불연속적 변화 (ETRI)	미래사회 문제 (ITP)	10대 미래기술 (OECD)	유망기술 (WEF)	주요이슈그룹 (KISTEP)	전파이용시장
- IoT	- 네트워크기술 발달, 패러다임변화	- 사물인터넷 - 나노마이크로 위성	- IoT	- 정보, 통신	- 주파수경매, 스펙트럼공학 - 무선통신 시스템/서비스 - 이동통신부품 - 특수통신부품 - 전파응용센싱
- 인공지능 - 자율로봇		- 인공지능	- AI와 로보틱스	- 운송, 로봇 - 제조, 융합	- 고정통신 - 전파응용센싱
- 3D 프린팅		- 나노소재	- 재료,나노물질 - 3D 프린팅		- 특수통신부품 - 전파응용센싱
	- 환경 오염, 생태계 변화		- 지구공학	- 생태계,친환경	- 특수통신부품 - 전파응용센싱
- 인체플랫폼			- AR/VR		- 전파응용센싱
- 스마트 헬스케어	- 초고령화, 사회적 문제 - 환경 변화, 건강위협증가	- 신경기술 - 적층가공기술 - 합성 생물학	- 생명공학 - 신경공학	- 의료, 생명	- 인체영향/보호 - 의료진단/치료 - 전파응용센싱
		- 첨단 에너지 저장	- 에너지 수집, 저장, 전송		- 무선충전부품, 인프라
- 인가보안 - 금융산업		- 블록체인기술	- 블록체인		- 전파결제/보안
- ICT 패권 - 일자리 전쟁	- 기술 발달, 새로운 형태 육구 발생	- 빅데이터분석	- 신규 컴퓨팅 기술 (클라우드/양자) - 우주기술	- 사회 인프라	전파이용시장 전체에 적용 (특정 시장과 직접적 관련성 낮음)
미래사회 전체에 적용 (특정한 미래사회의 변화와 직접적인 관련성이 낮음)					- 전자파해석, RF회로설계 - 전자파적합성 - 전파응용계측

● **(KISTEP, 주요이슈그룹)** KISTEP(한국과학기술기획평가원)은 제5회 과학기술예측조사(2016~2040)를 통해 5개 메가트렌드(총 40개 트렌드)를 도출하고, 이와 관련한 주요 이슈 6개 그룹(사회 인프라, 생태계/친환경, 운송/로봇, 의료/생명, 제조/융합, 정보/통신)을 선정

* 자료: KISTEP, 제5회 과학기술예측조사, 2017.4.

● **(미래사회 변화와 전파이용 기술 대응)** 앞서 살펴본 미래사회의 변화와 전파이용 기술을 대응시키면 앞의 [표 29]와 같음

* 자료: 국립전파연구원, 2025 미래전파 기술수요 예측조사, 2013.3.

표 30 미래 전파사회 구현을 위한 핵심기술군 및 요소기술		
미래전파분야	핵심기술 군	요소기술
Healing Radio	건강관리 및 질병치료	Bio Sensor, 전파기반 의료, THz 치료, 전자파 의료/치료
	기기 간 전자파 영향 분석.평가.보호기술	EMI/EMC, 전자파 영향, 고출력 기기 및 송신국 영향, SAR, 전자파 저감
	전자파 인체영향 분석 및 평가 대책, 기술	인체 주변 통신 영향, 인체 주변 통신 채널, WBAN, 웨어러블 디바이스
	생체 친화적 미이용 주파수 활용 기술	밀리미터파 기술, THz 통신
Green/Eco Radio	초 광대역, 고효율 주파수 이용 기술	UWB, MIMO, 초광대역 이동통신
	전파예측, 분석 및 관리 기술	전파전달, 전파잡음 측정 및 DB, 친환경 무선국
	무선전력 및 전력 절감 기술	무선전력 하베스팅, 에너지 절약, 무선전력
	고효율, 저전력 부품 및 RF 기술	RF 및 RF 부품, 무선장비 부품
Security/Safe Radio	친환경 고효율 전파활용 기술	밀리미터파 및 나노미터파(THz, 적외선, 가시광, 자외선), 미래 신개념의 센서, 전파응용
	인체스캔 등 보안검색 기술	보안검색 영상, THz 영상, 인체스캔 보안
	재난, 방재, 경보 기술	재난/방재통신, 경보, 재난통신서비스, 위험 경보
	국방, 안보 및 공공 보안 기술	군 레이더, 지중/수중/해상/항공 군 통신, 경찰, 소방, 해경, 군 레이더, 군 통신
Life Radio	주변 환경 보안 감시, 감지 및 탐색 기술	탐색/탐지, CCTV, 환경 감지 센서, 자원탐사, 레이더 자원 탐색 및 CCTV 등 보안
	지구 환경 관측 및 모니터링 기술	기상/기후/환경오염 관측, 위성 감시, 항공 감시, 환경 모니터링 센서, 레이더
	차세대 방송 및 위성 기술	차세대 지상파/위성/케이블 방송, 고화질 방송, 증강현실, 차세대 방송, 디지털 광고, 홀로그래픽, 가상현실
	유무선 통합 네트워크 기술	차세대 이동통신, 차세대 무선통신, 유무선통합 네트워크, 지중/지상/수중/해상/항공 무선 통신 네트워크, 광대역 차세대 이동통신 서비스, M2M 기술
	신통신기술	인체, 자기장, THz, 가시광 통신, 양자통신, 수중통신
	소출력 무선전력 전송 및 충전 기술	소출력 기반 무선전력 전송, 무선전력 하베스팅, 무선전력 서비스

미래의 전파기술 활용 분야 및 핵심 기술

- 이와 유사한 연구로, 2013년 국립전파연구원은 “미래전파 기술수요 예측조사”를 통해 미래사회의 니즈 충족에 필요한 4가지 분야의 전파 기술 도출
 - Healing Radio: 전파를 이용하여 누구나 건강하고 치유가능한 사회 구현
 - Green/Eco Radio: 한정된 전파자원을 효율적으로 사용하여 깨끗하고 친환경적인 사회 구현
 - Security/Safe Radio: 누구나 전파를 활용하여 안전하게 생활하는 사회 구현
 - Life Radio: 유선사회에서 진정한 무선사회로의 전이를 위해 전파를 이용함으로써 생활의 편의성이 획기적으로 개선된 사회 구현
- 또한, 위 4가지 미래 전파 기술을 실현하기 위해 요구되는 18가지의 핵심기술 군과 각 핵심기술 군별 요소기술을 앞의 [표 30]와 같이 도출하였음

전파이용 기술발전 전망

- 미래사회 예측결과 IoT 등 이동 및 고정통신과 관련된 분야는 과거와 같이 지속적으로 관심을 받게 될 것으로 보이며, 이와 관련된 시장과 기술(이동통신 관련 스펙트럼 공학 등)도 완만하고 꾸준한 증가세를 보일 전망
- 최근 새롭게 관심을 받고 있는 분야는 인공지능 분야 및 헬스케어 분야임
 - 자율로봇으로 대표되는 인공지능 분야는 로봇뿐만 아니라 스마트 자동차, 운송, 스마트 공장 등에도 사용될 수 있고, 이에 필요한 전파기술인 전파응용센싱이나 고정통신 기술도 발전할 전망
 - 또한, 헬스케어 분야의 경우 환경변화 및 고령화 추세에 따라 관심을 받고 있는 분야이며, 이와 관련하여 전자파 인체영향 및 보호, 전파 의료진단 및 치료, 전파 응용 센싱 등의 기술이 주목받게 될 것으로 보임
- 미래사회 전망을 통해 전파이용 기술의 수요를 분석해 볼 때, 미래사회의 변화에 대응하기 위해 공통으로 요구되는 전파기술은 전파응용센싱 분야 기술이며, 이동통신부품이나 특수통신부품 기술도 수요가 계속 발생할 전망
 - 이동통신 기술은 과거부터 주목받아 온 기술이나, 그 시장규모는 계속해서 증가하고 있고 최근 IoT 등 새로운 영역에서도 효율적 통신기술과 깨끗한 정보의 전달통로(주파수)를 계속 요구함에 따라, 스펙트럼 공학, 무선통신 시스템

및 서비스 기술에 대한 수요는 앞으로도 꾸준히 나타날 것으로 예상됨

- 또한, 헬스케어와 관련한 전자파 인체영향/보호 및 의료진단/치료 기술, 에너지 저장 및 전송과 관련된 무선전력전송 및 에너지 하베스팅 기술, 금융 및 보안과 관련된 전파 응용 결제 및 보안 기술이 주목받을 전망
- 이외에도, 특정 서비스와 직접적인 관련은 없으나 전파자원 이용을 위한 기반으로 전자파해석 및 RF회로 설계, 전자파 적합성 평가 및 대책, 전파 응용 계측 기술 등도 지속적인 수요가 발생할 전망

VI 결론

- 앞서 살펴본 전파자원 이용 기술관련 시장 전망, 정책 동향 분석, 기술발전 전망 결과, 다음과 같은 시장 및 기술, 정책 변화를 전망할 수 있음
- 전파자원 개발 및 활용 기술은 방송, 통신 등 전통적인 전파이용 산업뿐만 아니라 자동차, 로봇 등 새로운 전파이용 산업의 발전을 위한 기반 기술로 사용되고 있음
 - 종전의 방송, 통신 등 전파이용 분야에서 센싱, 에너지 전송, AI 등과 접목되면서 기술 및 서비스의 개선이 이루어지고 융합 제품(웨어러블 기기, 자율주행 자동차, IoT 기기 등)이 등장하는 패러다임 전환중
 - 따라서, 전파자원 개발 및 활용기술의 핵심가치는 각 산업에서 필요로 하는 충분한 양의 전파자원, 부품 및 소자, 장비, 서비스를 적기에 안정적이고 간섭없이 공급하는 것임
- 전파자원 개발 및 활용 기술은 전파자원 및 환경기술, 전파기반 및 응용기술로 크게 분류되며, 그 성격에 따라 응용분야 및 시장특성이 다름
 - 전파자원 및 환경기술은 전파자원을 효율적으로 활용하기 위해 부족한 자원을 확보하고 특성을 분석하며 역기능을 최소화하는 기술로서 적기에 적량의 전파자원을 공급하고 다양한 환경에서 효율적인 전파 이용을 보장하는 것을 목표로 하며, IT 산업의 전반적인 성장과 함께 완만하고 꾸준한 시장 증가세를 보이고 있음
 - 전파기반 및 응용기술은 전파를 이용하기 위한 디바이스 등 기반 기술과 에너지 전송, 센싱 등 창의적인 응용 기술로서 미래의 전파 이용을 위한 소자, 부품, 서비스 등을 선제적으로 개발하여 제공하는 것을 목표로 하며, 현재 시장규모는 크지 않으나 가파른 증가세를 보이고 있음
- 전파자원의 이용에 관한 정책 분석 결과, 세계 각국은 5G용 주파수 확보를 비롯해 부족한 전파자원을 최대한 효율적으로 사용하기 위한 각종 정책을 개발하고 있으며, 특히 창의적인 전파이용을 위해 용도나 기술방식에 대한 규제는 완화하고 있는 추세임

- 전파이용 기술에 관한 동향 분석 및 미래 전망 결과, 전파자원을 적기에 공급하기 위한 주파수 확보 기술 및 효율적으로 활용하기 위한 응용 기술이 기술개발의 많은 부분을 차지하며, 미래 나타날 경제적, 사회적 문제를 해결하는데 전파이용 기술이 일정부분 기여할 전망
 - 전파자원 및 환경기술은 다양한 전파이용 서비스 및 기기가 공존하는 상황에서 적기에 전파자원을 공급하고 안전성을 확보하기 위한 주파수 확보 기술, 모델링 및 해석 기술이 요구됨
 - 전파기반 및 응용기술은 고대역 주파수 활용, 웨어러블 기기 확산, 전파에너지 응용 시장 확대에 대비할 수 있는 안테나, 소자, 센서 등의 개발이 요구됨
 - 미래사회 전망에 따른 전파기술의 역할을 살펴본 결과 이동통신 및 고정통신 분야는 현재와 같이 꾸준히 수요가 발생할 것으로 보이며, 인공지능 및 헬스케어 분야가 미래사회에서의 영향력이 높을 것으로 예측됨에 따라 이와 관련된 전파응용센싱, 전자파 인체영향, 전파 의료진단 및 치료, 특수통신부품 등의 기술에 대한 수요가 높을 전망
- 전파자원은 미래의 초연결, 초지능, 초실감 사회를 기술적으로 구현하기 위한 국가의 핵심 자원으로서 그 중요성은 계속 높아질 것으로 전망되고 그 활용 분야도 종전의 방송 및 통신 서비스에서 에너지, 환경, 복지, 교통 등 국가 경제 전체로 넓어질 것으로 예상되므로, 전파자원 개발 및 활용에 대한 기술 및 정책 방향의 중요성도 계속 높아질 전망

[국내 자료]

- 정보통신기술진흥센터, ICT R&D 중장기 기술로드맵 2022, 2016.10.
- 미래창조과학부, 4차 산업혁명에 대응한 중장기 주파수 종합계획인 K-ICT 스펙트럼 플랜 확정, 보도자료, 2017.1.17.
- 과학기술정보통신부, 무선통신서비스 통계현황, 2017.11.30.
- 과학기술정보통신부, 우리나라 5세대 이동통신기술(5G) 세계화 시동, 보도자료, 2017.10.11.
- 미래창조과학부, 정보통신기술(ICT) 신산업 활성화를 위한 용도자유대역 주파수 8GHz 추가 공급, 보도자료, 2016.6.
- 한국방송통신전파진흥원, 국제 5G 주파수 공급 추진 현황, Spectrum Map Trend & Technical Report, 2017.8.
- 김경섭, 전자, 통신기기의 전자파 간섭(EMI) 차폐 기술, 주간기술동향, 2017.11
- 권종화, 전자파 인체영향 연구동향, 전자통신동향분석 제31권 제3호, 2016.6.
- 변종길, 최신 안테나 기술 특허 동향, 한국통신학회 웹진, Vol.5, No.4, 2015.12.
- 박세환, 무선충전 기술동향 및 국내 기술개발 역량과 시장동향, Hello T 첨단뉴스, 2017.6.
- 이승민 외, ECOsight 3.0: 미래사회 전망, ETRI Insight Report 2015-01, 2015.6.
- IITP, ICT 기술예측조사 2030 & 10대 미래 유망기술, 2015.12.
- KISTEP, 제5회 과학기술예측조사, 2017.4.
- 국립전파연구원, 2025 미래전파 기술수요 예측조사, 2013.3.

[해외 자료]

- ITU-R, Radio Regulations, 2016.
- Gartner, Forecast: Communications Services, 2017.9.
- Gartner, Forecast: Mobile Phones, 2017.9.
- Gartner, Forecast: Communications Service Provider Operational Technology, 2017.9.

- Infiniti, Global Mobile Backhaul Equipment Market, 2016.10.
- Infiniti, Global EMC Shielding Market, 2015.10.
- Infiniti, Global Electronic Warfare Market, 2017.9.
- BCC Research, Antennas for Systems and Devices: Technologies and Global Markets, 2017.1.
- Infiniti, Global GaN Semiconductor Devices Market, 2015.10.
- Infiniti, Global Radio Frequency Filter Market, 2016.4.
- Infiniti, Global Visible Light Communication Market, 2016.1.
- BCC Research, Free-Space Optical Communications Technology, 2015.3.
- Markets and Markets, Wireless Power Transmission Market, 2016.1.
- BCC Research, Global Markets, Technologies and Devices for Energy Harvesting, 2015.9.
- Grand View Research, Microwave Devices Market, 2017.4
- BCC Research, Radar Systems and Technology, 2015.6
- BCC Research, Light Detection and Ranging, 2017.10.
- Infiniti, Global RF Test Equipment Market, 2016.1
- Grand View Research, Near Field Communication(NFC) Market, 2016.12
- FCC, Use of Spectrum Bands Above 24 GHz for Mobile Radio Services, FCC Fact Sheet, 2017.10.
- EU RSPG(Radio Spectrum Policy Group), Strategic Roadmap towards 5G for Europe: Opinion on Spectrum Related Aspects for Next-generation Wireless Systems (5G), 2016.11.
- ACMA, Five-year Spectrum Outlook 2017~21, 2017.10.
- FCC, Report and Order and Second Further Notice of Rulemaking, 2015.4.
- Ofcom, Promoting investment and innovation in the Internet of Things, Statement, 2015.1.
- ITU-R, IMT Vision: Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond, ITU-R M.2083, 2015.9.



Qualcomm, Best Use of Unlicensed Spectrum, 2016.2.

OECD, Science, Technology and Innovation Outlook 2016, 2016.12.

World Economic Forum, The Global Risks Report, 2017.1.

[인터넷 사이트]

FCC, Incentive Auction Dashboard, <https://auctiondata.fcc.gov/public/projects/1000>

T-Mobile, T-Mobile Completes Nation's First Live Commercial Network Test of License Assisted Access (LAA), 보도자료, <https://newsroom.t-mobile.com/news-and-blogs/lte-u.htm>, 2017.6.

저자소개

김태한 ETRI 미래전략연구소 기술경제연구본부 산업전략연구그룹 책임연구원
e-mail: taehan@etri.re.kr Tel. 042-860-5889

도메인 분석 보고서

- 전파자원 개발 및 활용 -

발행인 : 한 성 수

발행처 : 한국전자통신연구원 미래전략연구소 기술경제연구본부

발행일 : 2017년 12월

ETRI 한국전자통신연구원
미래전략연구소

(34129) 대전광역시 유성구 가정로 218
전화 : (042) 860-6536, 팩스 : (042) 860-6504

* 주의 : 본서의 일부 또는 전부를 무단으로 전재하거나 복사하는 것은
저작권 및 출판권을 침해하게 되오니 유의하시기 바랍니다.

