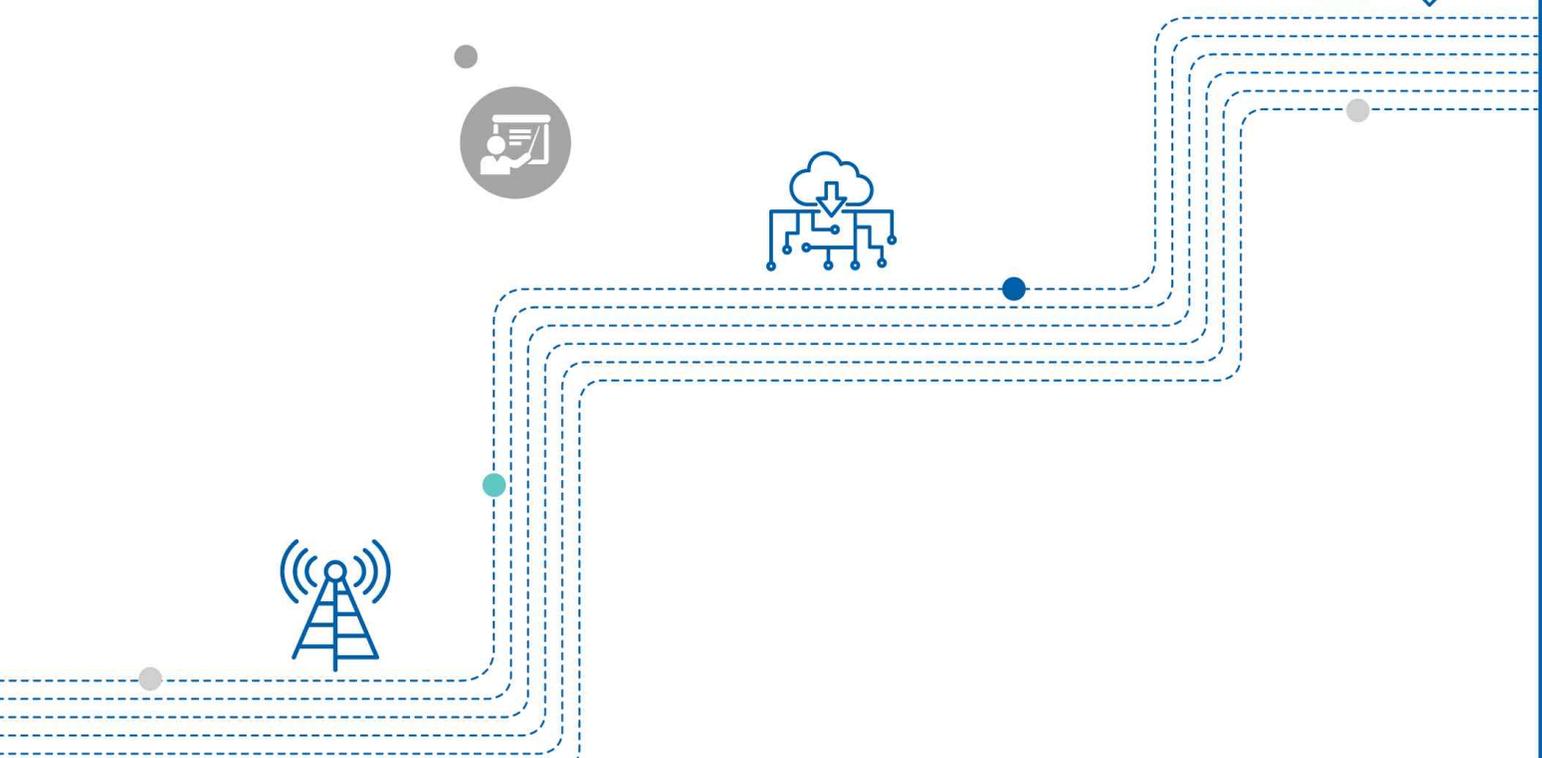


전파자원 활용과 융합의 핵심가치

장재혁



본 보고서는 ETRI 기술경제연구본부 주요사업인 "ICT R&D 경쟁력 제고를 위한 기술경제 연구"의 결과물입니다.





Contents

요약	1
I. 개요	3
1. 개념 및 범위	3
2. 기술분류	5
3. 중요성 및 특징	9
II. 주요 동향 및 전망	11
1. 산업구조 및 현황	11
2. 시장동향 및 전망	12
3. 정책동향	21
4. 기술동향	32
5. 기술역량	37
III. 주요 분야별 이슈	40
1. 기술진화의 특성	40
2. 새로운 시도와 융합 가능성	42
IV. 핵심가치 및 시사점	45
1. 핵심가치	45
2. 시사점	48
참고문헌	51

표목차



[표-1] '전파자원 활용과 융합'에 대한 범위	4
[표-2] 대상시장	5
[표-3] 2019년 전파 분야의 ICT 기술 분류체계	6
[표-4] 'ETRI 중장기 기술개발계획 2025' 에서의 전파분야 기술분류	7
[표-5] 'ICT R&D 기술로드맵 2023' 에서의 전파분야 기술분류	8
[표-6] 전파 분야 소분류별 세계시장 전망	9
[표-7] 전파 분야 소분류별 국내시장 전망	9
[표-8] 전파기반 분야별 시장 전망	14
[표-9] 전파응용 분야별 시장 전망	15
[표-10] 전파자원/환경 분야별 시장 전망	15
[표-11] 이동통신 사업자별 주파수 현황	16
[표-12] 이동통신 주파수 경매	18
[표-13] WRC-19 의제 AI 1.13	21
[표-14] 3GPP NR 주파수 대역	23
[표-15] 5GHz 무선랜 추가 분배 주요국 동향	24
[표-16] 주요국 네트워크 인프라 주파수 확보 동향	27
[표-17] 산업·생활 주파수 확보 방안	29
[표-18] 3GPP NR Feature	32
[표-19] 와이파이 기술의 진화	33
[표-20] 전파·위성 분야 주요국 기술수준 격차	38
[표-21] 이동통신 분야 주요국 기술수준 격차	38
[표-22] 5G Phase-2 addressing more on verticals	47

그림목차



[그림-1] 전자기파 스펙트럼	3
[그림-2] 새로운 전파 기능의 확대	10
[그림-3] 세계 모바일 데이터 트래픽 전망	12
[그림-4] 유무선 기술별 트래픽 비중 전망	13
[그림-5] 국내·외 IoT 시장 및 커넥티드 디바이스 수 전망	13
[그림-6] 전자파 유해성 인식 수준	14
[그림-7] 이동통신 사업자별 가입회선 및 점유율 추이	16
[그림-8] 사업자 기술별 가입회선 및 비율	17
[그림-9] 이동통신용 주파수 대역별 이용 현황	19
[그림-10] 5G 전략산업	20
[그림-11] IMT-2020 후보 주파수 대역	21
[그림-12] IMT 표준 주파수 지정 현황	22
[그림-13] 미국 3.5GHz CBRS 서비스 개념	26
[그림-14] K-ICT Spectrum Plan	28
[그림-15] 전파진흥기본계획 수평적 규제체계 도입(안)	30
[그림-16] 2018년 5G 주파수 할당 결과	31
[그림-17] Spectrum Toolbox 개념도	35
[그림-18] 네트워크 제어·관리 발전방향	36
[그림-19] 5G 이동통신 연도별 특허출원 동향	38
[그림-20] Wi-Fi 분야 특허 출원년도별 특허공보별 추이	39
[그림-21] 이동통신 네트워크 발전 방향	40
[그림-22] 5G 네트워크 핵심기술	41
[그림-23] 일본의 자영(自營) 주파수 할당 계획	42
[그림-24] 5G가 구현할 미래 스마트공장 모습	43
[그림-25] 전파응용 확대로서 무인이동체	44
[그림-26] 5G Vertical 개념	45

요약

개요 및 범위

- **(배경)** 전파는 방송·통신 등 무선 네트워크 위주로 활용되었으나, 4차 산업혁명 시대로 진입함에 따라 사회·경제·산업전반(교통, 제조, 물류, 의료 등)으로 활용 범위가 확장
- **(정의)** 전파의 물리적 특성을 이용한 기술로서 방송·통신·공공 네트워크의 정보 전송과 디바이스, 에너지, 전파환경 등의 전파융합 서비스 및 제품을 창출하는 분야
- **(범위)** ICT R&D 기술분류 체계에 근거하여 전파자원 활용과 융합 분야는 ‘전파기반’, ‘전파응용’, ‘전파자원·환경’ 등 3개의 카테고리로 구분 가능

동향 및 전망

- **(전파의 범용화)** 전파의 전(全) 산업 범용화 및 다양한 ICT 융합 산업분야로 활용이 다원화되면서 국가의 중요한 핵심자원으로 인식
- **(주파수 수요증가)** 전파자원의 무선 인프라와 응용서비스 주파수 수요가 함께 증가
- **(산업 경쟁력)** 주파수는 4G뿐만 아니라 5G에서도 광대역폭 주파수 공급 여부가 전송속도 및 비용절감 등 산업 경쟁력을 좌우하고 있음
- **(5G 생태계 확산)** 5G 주파수 공급을 통해 5G와 연계한 다양한 종류의 수직계열 및 디지털 솔루션과 연결되는 새로운 비즈니스 생태계 변화를 주도

주요 이슈

- **(전파분야 중장기 계획)** 전파분야 최상위 계획으로서 전파진흥기본계획을 수립하고, 면허제 도입, 무선국 개설, 전파이용대가 등 수평적 규제체제로 전파이용제도 개편
- **(5G 플러스 전략)** 5G+ 전략산업 선정 및 중점투자를 통해 5G 기반 신산업 육성
- **(5G+ 스펙트럼 플랜)** 5G 플러스 전략에서 추진하는 내용들이 차질없이 진행될 수 있도록 이를 뒷받침하는 주파수 중장기 계획 수립



핵심가치 및 시사점

[핵심가치]

- **(전파산업의 기반 기술)** 방송·통신을 포함한 전통적인 전파이용 산업뿐만 아니라 자동차, 로봇 등 새로운 전파이용 산업의 발전을 위한 기반 기술로 사용
- **(전파 기능의 확대)** 4차 산업혁명 시대로 진입함에 따라 사회·경제·산업전반(교통, 제조, 물류, 의료 등)으로 활용 범위가 확장
- **(융합 신산업 창출)** 5G 융합 신산업 창출을 위해 5G와 연계하는 비면허 주파수의 중요성이 부각되고 있으며, 비면허 주파수 공급 확대 및 기술규제 개선 추진

전파자원 활용과 융합의 핵심가치

전파기반	전파응용	전파자원·환경
소재·부품·장비의 원활한 공급	다양한 전파응용 기술과 서비스 개발	전파자원의 적기적량 공급 및 전파의 역기능 해소

[시사점]

- **(선 동향분석, 후 R&D 전략)** 전파자원의 개발은 독자적으로 수행하기 어려우며, 세계 주요국의 전파정책 및 기술동향 파악이 우선적으로 요구됨
- **(수요증가에 따른 기술의 발전)** 전파자원의 무선 인프라와 응용서비스 주파수 수요가 함께 증가함에 따라, 주파수 효율 증대 및 미개척 주파수 발굴 기술로 발전
- **(융합 전파산업의 확산)** 전파 센싱, 에너지 전송 등 융합 전파산업이 확산 중이며, 더 나아가 지능화 기술이 접목된 새로운 제품·서비스 창출 예상
- **(5G Vertical 강화)** 5G 주파수 공급확대 및 다양한 종류의 디지털 솔루션과 연결되는 비즈니스 생태계 변화를 고려할 때, 5G Vertical 중심의 기술개발 전략 필요

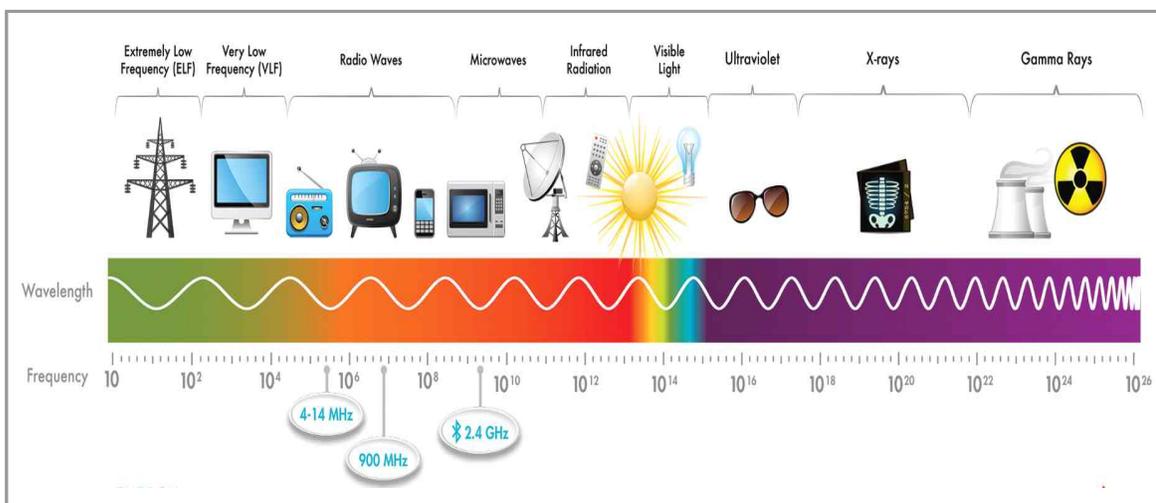
I 개요

1 개념 및 범위

가. 전파 및 전파자원의 의미

- “주파수(周波數)”는 공간을 진행할 때 생기는 파동이 1초 동안 진동하는 횟수
 - 1874년 전파의 존재를 증명한 헤르츠의 이름을 가져와 단위는 ‘Hz(Hertz)’를 사용하며, 1Hz는 진동 현상이 있을 때 1초에 한번 왕복 운동이 반복됨을 의미
- “전자파(電磁波)”는 전기장과 자기장이 교차하며 발생하는 파동으로서 공간에 전달되는 전자기 에너지
 - 전자파는 전기자기파(電氣磁氣波) 또는 전자기파(Electro-magnetic Waves)의 줄임말로 통신이나 방송 등에 사용되는 전파뿐만 아니라 적외선, 가시광선, 자외선 이나 X-ray, 감마선도 전자파에 속함

(그림-1) 전자기파 스펙트럼



- “전파(電波)”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
- “전파자원”은 무선통신 분야에서 가장 활발하게 이용되고 있는데, 전파를 국가에서 개발하고 활용해야 할 하나의 “자원”으로 인식할 때 사용하는 용어
- 전파는 송신설비만 갖추면 자원의 고갈 없이 무한정 발생시킬 수 있지만, 주파수의 혼신과 간섭의 물리적 특성 때문에 유한한 자원으로 평가

나. 개념 및 범위

- (정의) ‘전파자원 활용 및 융합’은 전파의 물리적 특성을 이용한 기술로서 방송·통신·공공 네트워크의 정보 전송과 디바이스, 에너지, 전파환경 등의 전파융합 서비스 및 제품을 창출하는 분야
- (범위) ICT R&D 기술분류 체계에 근거하여 전파자원 활용과 융합 분야는 “전파기반”, “전파응용”, “전파자원·환경” 등 3개의 카테고리로 구분 가능

< 표-1 > ‘전파자원 활용과 융합’에 대한 범위

구분	세분류	범위
전파기반	안테나/전자파 해석	- 안테나의 설계, 제작, 평가 기술을 의미 - 전자파 해석은 전파가 퍼져나가는 특성을 해석하고 측정하며, 채널 모델링, 전자기장 해석 기술
	전파기반 디바이스	- 전파 관련 부품, 소자, 필터 등의 기술을 의미
	전파계측	- 전파신호를 이용하여 계측하는 기술을 포함
전파응용	전파에너지 응용	- 전파를 이용하여 에너지를 전송하고 공간에 퍼져있는 전자파로부터 에너지를 수집하는 기술을 의미
	전파센싱 응용	- 전파신호를 이용하여 대상을 측정, 진단하는 기술
	정보전송	- 기존 방송 및 통신 외에 전파를 이용한 정보 전송 기술을 의미하며, 초음파, 적외선, 가시광선 등 전파 외 파동의 이용 기술도 포함
전파자원/환경	스펙트럼 공학	- 스펙트럼 공학은 전파간섭을 최소화시키고 전파의 공동사용 등 이용효율을 향상시키는 기술을 의미
	전파환경 보호	- 전자파 적합성, 인체영향, 전자파 펄스 대책 기술은 전자기파의 역기능을 최소화하는 기술 - 고출력 전자파 펄스로부터 시스템을 보호하는 기술

- (대상시장) 전파의 기술분류 체계와 같이 “전파기반”, “전파응용”, “전파자원·환경” 등 3가지 분야로 구분할 수 있으며, 각 분야는 하위 제품군으로 상세하게 분류

< 표-2 > 대상시장

구분	세분류	상세 제품군
전파기반	안테나	전체 안테나 시장 중 군사용 및 TV/Radio용 안테나 시장 제외
	전파기반 디바이스	RF용 GaN, RF 필터
	전파계측	RF Test 장비
전파응용	전파에너지 응용	무선충전, 에너지 하베스팅, 전파에너지 사용 의료
	전파센싱 응용	레이다, 전파기반 진단, 테라헤르츠 센싱, 밀리미터파 센싱
	정보전송	밀리미터파 정보전송, 테라헤르츠 정보전송, 가시광통신, FSO 통신
전파자원 /환경	스펙트럼 공학	이동통신용 주파수의 가치(추정), 이동통신 백홀
	전파환경 보호	EMC Shielding, EMC Test 장비

* 출처 : IITP(2018), ICT R&D 기술로드맵 2023

2 기술분류

- (과학기술정보통신부 분류) 소관 법령에 따른 정보통신·방송(이하 “ICT”) 연구개발 사업의 기획·평가·관리에 관한 업무를 효율적으로 추진하기 위해 ICT 분야의 기술동향 및 지원분야 등을 고려한 ICT 연구개발 기술분류체계를 수립하여 활용
 - 기존 ICT 연구개발 기술분류 체계는 10개(창조융합, 이동통신, 네트워크, 전파위성, 방송, 정보보호, 기반SW 컴퓨팅, 융합SW, 스마트서비스, 디지털콘텐츠)로 구분
 - 2019년 개정된 기술분류 체계는 최상위 6개(미래통신·전파, SW·AI, 방송·콘텐츠, 차세대보안, 디바이스, 블록체인·융합)로 변경되었음
 - 이는 국가 차원에서 전파의 중요성을 반영한 결과로서, 구체적으로 미래통신과 전



파를 합쳐서 미래통신·전파로 최상위 분류체계를 가지며, 중분류에는 차세대통신, 양자정보통신, 전파·위성으로 나누어짐

- 그 중 전파는 전파기반, 전파응용, 전파자원/환경 등 3개의 카테고리로 구분되며, ICT 연구개발 기술분류 체계에서 전파의 중요성은 지속적으로 반영되어 유지

< 표-3 > 2019년 전파 분야의 ICT 기술 분류체계

대분류	중분류	소분류	세분류
미래통신· 전파	차세대 통신	통신 서비스	통신 서비스 등
		무선통신 시스템	
		유선통신 시스템	
		통신 단말/부품	
	양자정보통신	양자통신	양자 네트워크 등
		양자센서/이미징	
		양자컴퓨팅	
	전파·위성	전파기반	안테나/전자파해석
			전파기반 디바이스
			전파계측
		전파응용	전파 에너지 응용
			전파 센싱 응용
			정보전송
		전파자원/환경	스펙트럼 공학
전파환경 보호			
위성/무인기		탑재체	
		지상국/관제	
	위성항법/측위		
	통신·방송 및 ICT 응용		

* 출처 : 과학기술정보통신부(2019), 「정보통신·방송 연구개발 관리규정」 고시 제2019-10호

- (한국전자통신연구원 분류) 'ETRI 중장기 기술개발계획 2025'에서의 전파분야 기술 분류 체계를 살펴보면 < 표-4 >와 같음
- 전파부문은 크게 전파 관리 및 환경기술, 전파 통신 기술, 전파 센서 기술, 전파 에너지 기술로 분류하고 각 분류별 요소 기술은 도출함

< 표-4 > 'ETRI 중장기 기술개발계획 2025' 에서의 전파분야 기술분류

대분류	중분류	소분류	요소기술
전파	전파 관리 및 환경기술	스펙트럼 공학 기술	- 주파수 분배, 할당 관련 엔지니어링 기술 - 전파 서비스 간의 간섭분석 기술
		전파전파 특성 측정 및 모델링 기술	- 전파전파 특성 해석, 측정 및 채널 모델링
		전자파 환경 보호 기술	- 전자파장해 해석/측정/영향평가 기술 - 부품/모듈/기기/시설 설계 대책 기술 - 고출력 전자파(EMP) 해석/측정/방호 기술 - 전자파 인체영향 해석 및 역학적 분석
		전파감시기술	- 전파기기의 혼간섭 탐지 - 불법전파 전파측정 및 방향탐지
	전파 통신 기술	M/W 및 밀리미터파 주파수 이용 효율 향상 기술	- RF/안테나/통신 기술 - LOS-MIMO 기술 - 주파수 효율 향상 기술 - 새로운 안테나 기술 등
		테라헤르츠 초고속 무선통신 기술	- 테라헤르츠 인터커넥션 기술 - 테라헤르츠 근접 통신 기술 - 광-RF(THz 포함) 연동기술 기술 - 테라헤르츠 암호통신 기술 - 테라헤르츠 네트워크 기술
		주파수 공동사용 통신 기술	- 면허/비면허 상호공존기술 - 민군 주파수 공동사용 기술 - 동적스펙트럼 접속 기술 - 스펙트럼 센싱 기술 - 인지무선기술
		비면허 대역 통신 기술	- 비면허 대역 주파수 확보 기술 - 비면허 대역 활용 기술
		전파 트래픽 빅데이터 기술	- 모바일 트래픽 및 주파수 이용 예측 기술 - 트래픽 분산 및 스케줄링 기술 - 트래픽 빅데이터 분석 기술
		Real Aperture Radar 기술	- 레이더 간섭 제어 및 회피 기술 - 레이더 송수신 및 빔형성 기술
	전파 센서 기술	Synthetic Aperture Radar 기술	- 이미징 레이더 기술 및 속도보상기술 - 레이더 그리드맵 기술
		M/W 이미지 센서 및 치료 기술	- 질병의 영상진단/치료/모니터링 기술 - 물체/사람을 인식하고 추적하는 기술 - 그외 다양한 응용분야 적용 기술 포함
		THz 센서 응용 기술	- 의료/계측 등 THz 센싱 응용 기술
		전파 에너지 기술	무선 전력 전송 및 수집 기술

* 출처 : ETRI(2018), ETRI 중장기 기술개발계획 2025



- (정보통신기획평가원 분류) ICT R&D 혁신전략의 실현과, 미래 신성장동력 발굴을 위해 기술분야별 주요 핵심기술 설정 및 기술개발 추진전략 등을 주요 골자로 중장기 로드맵을 수립하여 ICT R&D 방향성을 제시
 - 전파는 ICT R&D 6대 기술분야(미래통신·전파, SW·컴퓨팅, 방송·콘텐츠, 디바이스, 블록체인·융합, 차세대보안) 중에 하나로서 중분류에서 전파·위성을 포함하며, 소분류에서 “전파기반”, “전파응용”, “전파자원·환경” 기술 등으로 분류
 - 전파기반 기술은 안테나/전자파해석, 전파기반 디바이스, 전파계측 등으로 세분류
 - 전파응용 기술은 에너지 전송, 센싱, 정보전송 등 전파를 응용하는 기술을 의미
 - 전파자원·환경 기술은 스펙트럼 공학과 전자파 적합성 및 인체영향과 전자파 펄스 대책 기술 등으로 분류됨

< 표-5 > 'ICT R&D 기술로드맵 2023' 에서의 전파분야 기술분류

중분류	소분류	세분류
전파·위성	전파기반	안테나/전자파해석 전파기반 디바이스 전파계측
	전파응용	전파 에너지 응용 전파 센싱 응용 정보전송
	전파자원/환경	스펙트럼 공학 전파환경 보호
	위성/무인기	탑재체 지상국/관제 위성항법/측위 방송·통신 및 ICT 응용

* 출처 : IITP(2018) ICT R&D 기술로드맵 2023

3 중요성 및 특징

- (시장 규모) 전파 분야의 시장규모는 “전파자원/환경” 부문의 비중이 가장 높음
 - 전파 분야의 세계시장은 '18년 1,432억 달러에서 '23년에는 2,361억 달러
 - 국내시장은 '18년 약 6조 4천억 원에서 '23년에는 약 9조 7천억 원에 이를 전망
 - 세계시장 대비 국내시장 비중은 약 4% 수준으로 유지될 전망
- (시장 성장률) 전파 분야의 연평균 성장률은 세계 10.5%, 국내 8.7% 수준
 - 세계시장은 '18년 1,432억 달러에서 '23년 2,361억 달러 규모를 기록할 전망 (그 중 전파응용 분야가 연평균 24.6%로 가장 높음)
 - 국내시장은 '18년 6조 원에서 '23년 10조 원 규모의 성장할 전망이며, 그 중 전파 응용 시장의 성장률은 26.4%로 가장 높음

< 표-6 > 전파 분야 소분류별 세계시장 전망 (단위 : 백만 달러)

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
전파기반	13,593	14,577	15,597	16,735	17,956	19,293	7.3%
전파응용	34,433	40,939	49,893	62,035	79,741	103,370	24.6%
전파자원 · 환경	95,206	98,579	102,038	105,836	109,556	113,443	3.6%
합계	143,232	154,095	167,528	184,606	207,253	236,106	10.5%

* 출처 : IITP(2018), ICT R&D 기술로드맵 2023

< 표-7 > 전파 분야 소분류별 국내시장 전망 (단위 : 십억 원)

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
전파기반	1,645	1,764	1,887	2,025	2,173	2,334	7.2%
전파응용	748	897	1,104	1,394	1,827	2,411	26.4%
전파자원 · 환경	4,008	4,187	4,365	4,556	4,749	4,951	4.3%
합계	6,401	6,848	7,356	7,975	8,749	9,696	8.7%

* 출처 : IITP(2018), ICT R&D 기술로드맵 2023



- **(전파자원의 공급과 패러다임 전환)** 방송·통신을 포함한 전통적인 전파이용 산업뿐만 아니라 자동차, 로봇 등 새로운 전파이용 산업의 발전을 위한 기반 기술로 사용
 - 우리나라가 ICT 강국으로 자리매김 할 수 있었던 근간은 유무선 통신에서 기술발전과 높은 보급률의 뒷받침이 있었으며, 무엇보다 무선통신 서비스 제공을 위한 필수설비로서 전파자원이 원활하게 공급되었기에 가능
 - 전파가 센싱, 에너지 전송, AI 등과 접목되면서 기술 및 서비스의 개선이 이루어지고 전파 융합 서비스 및 제품이 등장하는 전파이용의 패러다임 전환 중
 - 현재 전파응용 분야의 시장 규모는 작으나 높은 성장률을 보이고 있으며, 특히 무선충전을 포함하는 전파에너지 응용 분야가 높은 비중과 성장률을 보임
- **(전파 기능의 확대)** 전파는 방송·통신·공공 네트워크 위주로 활용되었으나, 최근 4차 산업혁명 시대로 진입함에 따라 사회·경제·산업전반(교통, 제조, 물류, 의료 등)으로 활용범위 확장
 - 전파는 정보전송 뿐만 아니라 센싱, 에너지전송 등 전파의 기능이 확장되고 있으며, 특히 5G 이동통신과 인공지능 SW 기술이 접목되어 융합서비스 가속화

(그림-2) 새로운 전파 기능의 확대

적용 분야	자율주행차	바이오 헬스	스마트시티·공장
전파 기능			
정보전송	● 차량통신(V2X)	● 수술용로봇 제어	● 실시간 물류관리
센싱	● 충돌방지 레이더	● 전파 바이오이미징	● 시설관리용 센서
에너지전송	● (전기차) 무선충전	● 고주파 피부치료	● 無배터리 무선전원

* 출처 : 과학기술정보통신부(2019), 제3차 전파진흥기본계획

II

주요 동향 및 전망

1 산업구조 및 현황

- **(범용화에 따른 필수자원)** 전파자원이 산업, 생활, 공공 등 사회경제 전 분야에서 광범위하게 활용되는 필수자원으로 자리매김
 - 그 동안 전파는 통신과 방송 산업의 진입장벽의 역할을 하였으나, 전파의 이용이 범용화되고 전파의 활용 범위가 방송·통신산업 외에 다양한 분야로 확장하는 추세
 - 전파의 수요가 다양한 ICT 융합산업 분야로 다원화되어 새로운 경쟁관계를 형성하고 있으며, 혁신적인 전파 활용으로 초연결 지능화 사회로 진입
- **(대용량 정보전달)** 스마트 사회로의 진입에 따라 대용량 정보전달 통로로서의 전파활용 인프라 및 서비스의 필요성 증가
 - 스마트 정보기기 보급이 급증하고 초연결 사회로의 진입이 가속화됨에 따라, 사용자간 콘텐츠 전송 및 공유 증대
 - 기기의 고성능화 및 게임, 동영상 등 대용량 콘텐츠 확산으로 언제 어디서나 이를 전송하기 위한 전파기술의 필요성 증가
- **(전자파 불안감 해소)** 무선전력전송, 5G 소형셀, 스마트시티 및 스마트팩토리, 자율자동차 통신 인프라 등 의도하지 않은 전자파로 인해 건강상의 불안감 증대
 - 방송·통신 기기뿐만 아니라 산업용 로봇, 자동차, 철도, 항공기, 방위산업, 원자로 등 다양한 분야에 전자파 저감 소재·부품 필요성 증가
 - 전파 교란, 대형 시설에 대한 전자파 펄스 공격 등 의도된 전자파로부터 기기 및 시스템을 보호하고, 국가적 차원에서 안보를 확보하기 위한 방호 대책 마련
 - 전자파의 유해성에 대한 막연한 불안감 해소를 위해 안전한 전파 환경을 조성에 대한 요구 증대
- **(이동통신 산업의 인프라)** 주파수 확보에 따른 네트워크 구축, 이동통신 관련 서비스, 단말 및 장비, 콘텐츠, 이용자 등 전파기반 이동통신 산업의 인프라 역할
 - 5G, IoT 등 4차 산업혁명 시대를 대비한 신산업 창출 및 발전 동력을 제공



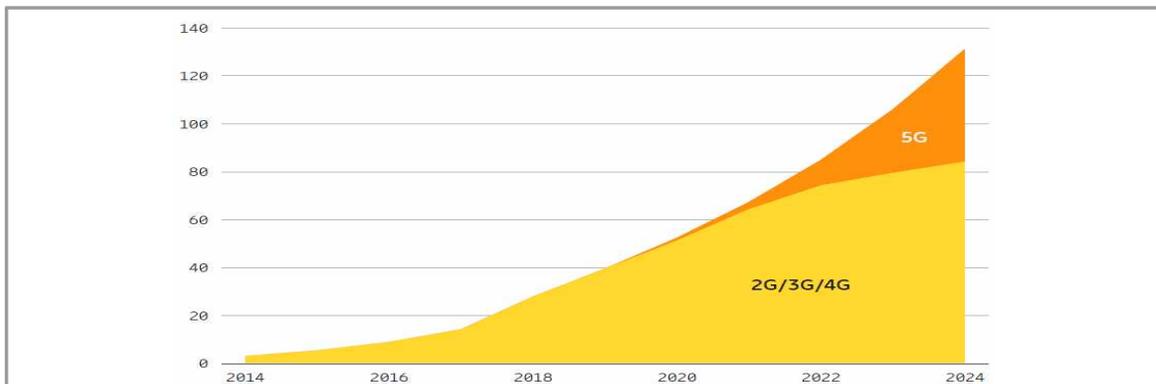
- (사물인터넷 생태계) ICT 융합서비스 확산을 위한 대규모 투자로 IoT 기반의 스마트시티, 스마트미터, 스마트투어 및 기가급 유무선 통신환경 구축
 - 통신망을 활용한 IoT 공통플랫폼 표준화를 통해 이통사들의 수익모델 확대
 - IoT 데이터 트래픽 수용과 주파수 간섭 배제를 위한 전용주파수 확보 추진
- ※ 영국은 870~915MHz(비면허), 870~873MHz(Light licensing), 4G 800MHz 대역, 3G/4G 2.1GHz대역, 3.4~3.6GHz 대역 등을 IoT 전용주파수 후보대역으로 제시

2 시장동향 및 전망

가. 주파수 수요 변화

- 전파자원의 무선 인프라와 응용서비스 주파수 수요가 함께 증가
 - 세계 모바일 데이터 트래픽은 지속적으로 늘어나고 있으며, '18년 이후 연평균 30%씩 증가하여 '24년에는 131 exabyte(EB)에 이를 것으로 예상

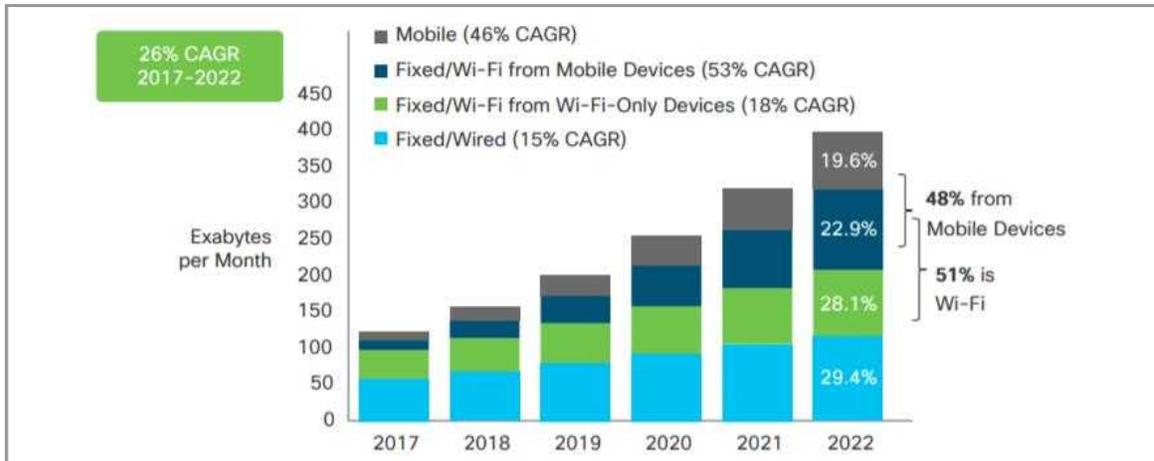
(그림-3) 세계 모바일 데이터 트래픽 전망



* 출처 : Ericsson (2019)

- 유무선 트래픽 비율을 살펴볼 때, '22년의 경우 모바일 트래픽이 19.6%이면 Wi-Fi 트래픽은 51%로 예상
 - 모바일 디바이스에서 Wi-Fi 접속으로 사용하는 트래픽 비율은 22.9%, Wi-Fi 전용 디바이스에서의 트래픽 비율은 28.1%

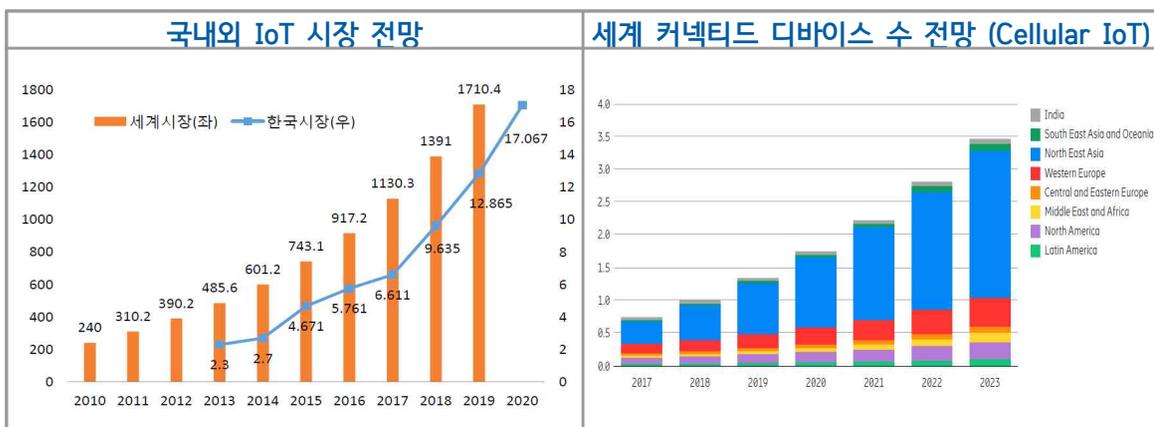
(그림-4) 유무선 기술별 트래픽 비중 전망



* 출처 : CISCO(2019)

- IoT 및 커넥티드 디바이스를 이용한 응용서비스 증가로 관련 주파수 수요도 증가
 - IoT 시장규모는 국외 7,431억 달러('15년)에서 1.7조 달러('19년), 국내 4.7조원('15년)에서 17조원('20년)으로 증가 예상
 - 커넥티드 디바이스 수는 2017년 175억 개에서 2023년 314억 개로 약 2배 증가 (그 중 셀룰러 IoT는 7억 개에서 35억 개로 5배 증가)

(그림-5) 국내·외 IoT 시장 및 커넥티드 디바이스 수 전망



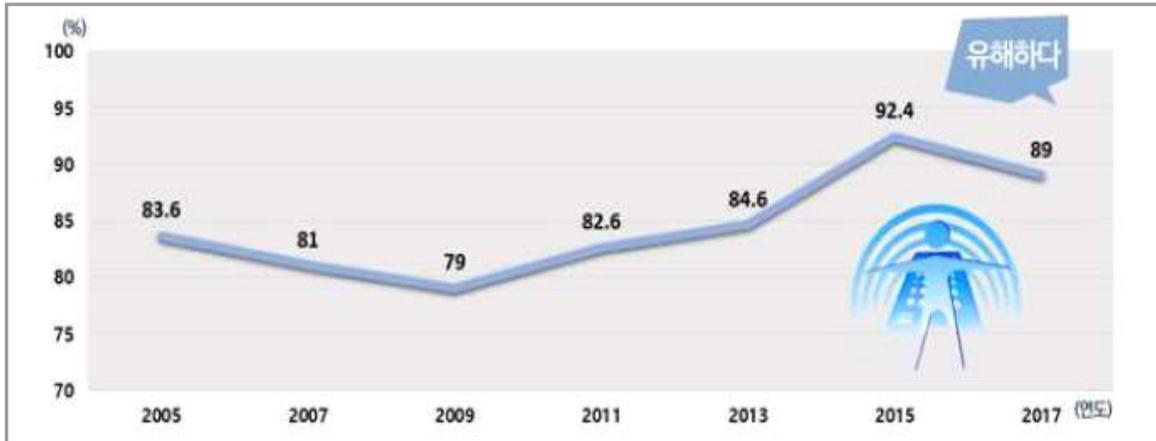
* 출처 : Statista(2018), Ericsson Mobility Report(2018)

- 전파 기기 폭증 속에 안전한 전자파 환경 요구가 커지고 있으며, 전자파 유해성에 대한 인식 수준은 89%에 이르고 있음



- 무선기기가 늘어남에 따라 눈에 보이지 않는 전자파에 대한 관심이 높아지고 있으며, 전자파 우려로 과도한 사회적 비용 발생

(그림-6) 전자파 유해성 인식 수준



* 출처 : 과학기술정보통신부(2019), 제3차 전파진흥기본계획

나. 분야별 시장동향 및 전망

- 전파기반 시장은 '18년 기준으로 세계 183억 달러 및 국내 2.2조 원 규모이며, 시장규모는 안테나 부문이 크지만 성장률은 전파기반 디바이스가 연평균 11.9% 예상

< 표-8 > 전파기반 분야별 시장 전망 (단위 : 세계 백만 달러, 국내 십억 원)

구분		2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
안테나	세계	10,948	11,614	12,316	13,056	13,836	14,657	6.0%
	국내	1,325	1,405	1,490	1,580	1,674	1,773	6.0%
전파기반 디바이스	세계	2,645	2,963	3,281	3,679	4,120	4,636	11.9%
	국내	320	359	397	445	499	561	11.9%
전파계측	세계	4,680	4,980	5,310	5,631	5,971	6,332	6.2%
	국내	566	603	643	681	723	766	6.2%
합계	세계	18,273	19,557	20,907	22,366	23,927	25,625	7.0%
	국내	2,211	2,367	2,530	2,706	2,896	3,100	7.0%

* 출처 : IITP(2018) ICT R&D 기술로드맵 2023

- 전파응용 시장은 '18년 기준으로 세계 344억 달러 및 국내 7천억 원 규모로 국내 시장의 비중이 적은 편이며, 정보전송 부문은 연평균 60% 이상 급성장 추세

< 표-9 > 전파응용 분야별 시장 전망 (단위 : 세계 백만 달러, 국내 십억 원)

구분		2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
전파 에너지	세계	14,743	18,678	23,933	30,427	38,906	50,020	27.7%
	국내	312	396	507	645	824	1,060	27.7%
전파 센싱	세계	16,828	17,879	19,042	20,284	21,680	23,265	6.7%
	국내	357	379	403	430	459	493	6.7%
정보전송	세계	2,862	4,382	6,918	11,324	19,155	30,085	60.1%
	국내	79	122	194	319	544	858	61.1%
합계	세계	34,433	40,939	49,893	62,035	79,741	103,370	24.6%
	국내	748	897	1,104	1,394	1,827	2,411	26.4%

* 출처 : IITP(2018) ICT R&D 기술로드맵 2023

- 전파자원/환경은 '18년 기준으로 세계 905억 달러 및 국내 3.4조 원 규모이며, 스펙트럼 공학 부문은 주파수 할당에서 대부분을 차지하고 있음

< 표-10 > 전파자원/환경 분야별 시장 전망 (단위 : 세계 백만 달러, 국내 십억 원)

구분		2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
스펙트럼 공학	세계	82,068	84,594	87,211	90,147	92,956	95,877	3.2%
	국내	2,419	2,494	2,571	2,658	2,740	2,826	3.2%
전파환경 보호	세계	8,458	9,005	9,517	10,058	10,629	11,234	5.8%
	국내	1,023	1,090	1,151	1,217	1,286	1,359	5.8%
합계	세계	90,526	93,599	96,728	100,205	103,585	107,111	3.4%
	국내	3,442	3,584	3,722	3,875	4,026	4,185	4.0%

* 출처 : IITP(2018) ICT R&D 기술로드맵 2023



다. 이동통신 경쟁 현황

- (사업자별 주파수 보유율) 이동통신용 주파수는 총 3,090MHz폭을 할당하였으며, 사업자별 구분에서 SKT는 1065MHz폭, KT는 1025MHz폭, LGU+는 1000MHz폭을 확보
 - 주파수 보유율 경쟁관계는 SKT 34.5%, KT 33.2%, LGU+ 32.3%로 대동소이함

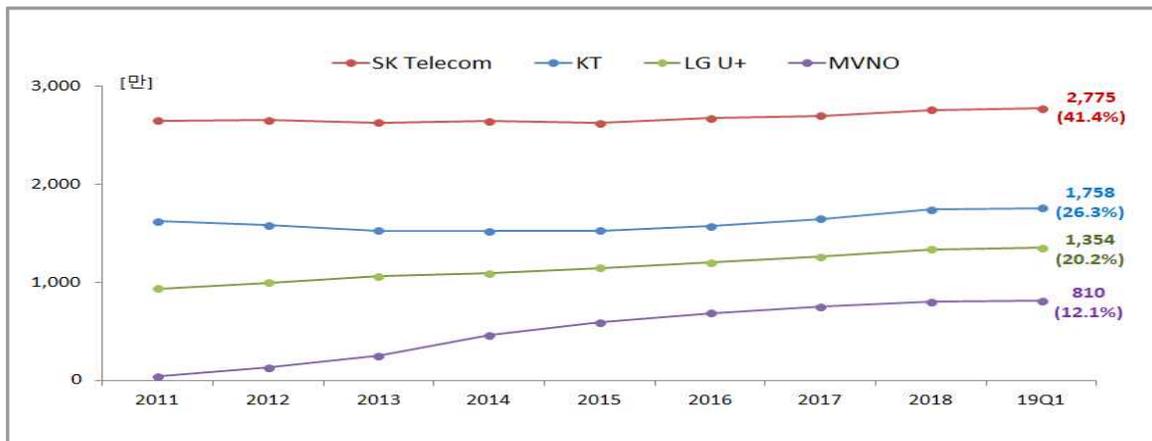
< 표-11 > 이동통신 사업자별 주파수 현황 (단위 : MHz폭)

구분		SKT	KT	LGU+	합계
2G	800MHz & 1.8GHz	10	-	20	30
3G	2.1GHz	10	10	-	20
4G	800/900MHz & 1.8/2.1/2.6GHz	145	115	100	360
5G	3.5GHz & 28GHz	900	900	880	2,680
합계		1,065	1,025	1,000	3,090
주파수 보유율		34.5%	33.2%	32.3%	-

* 출처 : 과학기술정보통신부(2019)

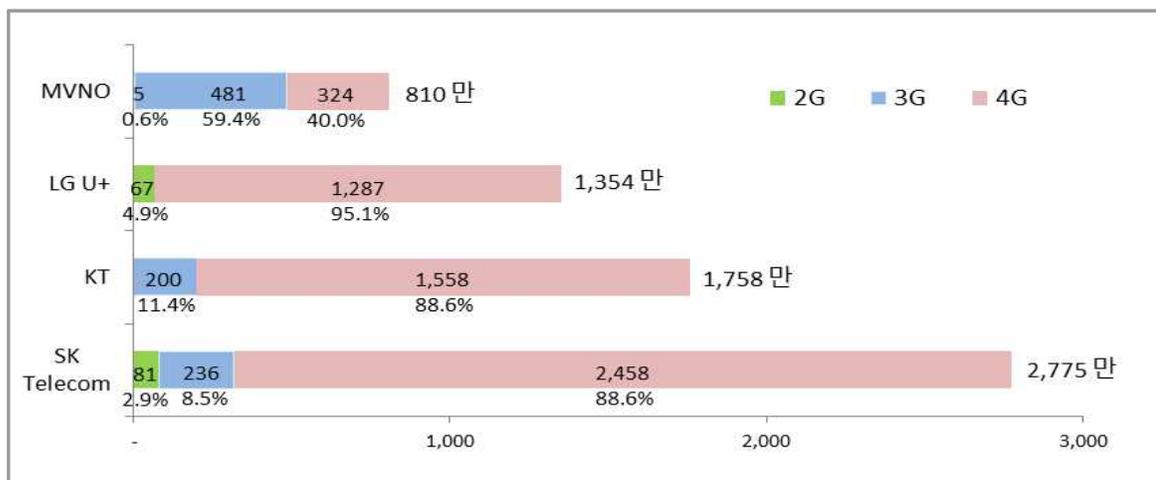
- (사업자별 시장점유율) '19년 3월 이동통신 사업자별 가입회선 및 시장점유율은 SKT 2,775만(41.4%), KT 1,758만(26.3%), LGU+ 1,354만(20.2%), MVNO 810만(12.1%)
 - 최근 MVNO(알뜰폰) 가입은 정체되어 유지 추세

(그림-7) 이동통신 사업자별 가입회선 및 점유율 추이



- (사업자 기술별 비율) '19년 3월 이동통신 사업자별 기술방식 구분에 따른 비율의 경우
4G 비율은 LGU+ 95.1%, KT 및 SKT 88.6%, MVNO 40.0% 순임
- 3G 비율은 MVNO가 59.4%로 가장 높으며, MVNO는 3G 서비스에 집중되고 있음을 알 수 있음
- 2G 비율은 LGU+ 4.9%, SKT 2.9%, MVNO 0.6% 순임

(그림-8) 사업자 기술별 가입회선 및 비율



라. 이동통신 주파수 전략

- (주파수 확보 전략) 이동통신 서비스 산업의 경쟁력은 저렴하고 다양한 서비스의 제공 여부와 더불어 우수 주파수의 보유 여부가 중요한 요인으로 작용
 - 주파수의 우수성 여부는 대역 및 전파특성, 대역폭, 국제 조화 및 표준화, 광대역 여부 등 여러 요인이 복합적으로 좌우
 - 과거에는 이동통신 기술별로 주파수 대역이 특정되어 있었고 주파수 할당은 사업자 허가와 연계되어 사업자간 주파수로 인한 경쟁력 차이는 크게 부각되지 않았으나,
 - ※ 셀룰러 사업: 800MHz 대역, PCS 사업: 1.8GHz 대역, IMT-2000 사업: 2.1GHz 대역 등
 - 이동통신 기술의 진화, 다중 대역의 활용기술 개발, 신규 주파수 대역의 발굴 및 할당 등으로 사업자별 주파수 차이가 발생하게 되었으며, 이는 사업자간 경쟁력의 차이로 이어지게 되었음
 - 이에 사업자들은 우수한 주파수를 확보하기 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있으며, 주



- 파수 할당 방법이나 조건 등 주파수 할당 정책에 있어 이해관계가 첨예하게 대립
- '11년 주파수 경매는 쟁점사항이었던 2.1GHz 대역은 기 보유 사업자(SKT, KT) 참여 제한으로 LGU+가 최저가로 확보하였고, 1.8GHz 대역은 낙찰가가 1조원에 육박하는 치열한 가격경쟁 끝에 1위 사업자가 확보함
 - '13년 주파수 경매는 1.8GHz/2.6GHz LTE 광대역 확보 경쟁이었으며, 이해관계 절충을 위해 사업자별 대립(안)을 입찰방식을 도입하여 밴드플랜 1과 2를 복수로 제시하여 경매 입찰가의 전체 합이 높은 밴드플랜과 블록별 낙찰자를 결정
 - '16년 경매의 주요 이슈는 복수의 광대역 주파수 확보 허용 여부 등의 총량제한, 2.1GHz 대역 재할당 관련 회수 대역폭의 경매 및 재할당 대가 산정문제 등임
 - ※ 2.1GHz 대역은 IMT-2000 주파수로 '16년 12월 이용기간이 만료되었으며, 정부는 기존 이용자 보호, 안정적인 서비스 제공 등을 고려하여 기존 보유사업자에게 각 40MHz폭씩 재할당하고 20MHz폭은 회수하여 경매하기로 결정함
 - '18년 5G 주파수 경매와 관련한 주요 이슈는 최저경쟁가격 산정과 총량제한이며, 엄격한 총량제한으로 치열한 가격경쟁은 주파수량을 확보하는 1단계보다 대역의 세부 위치를 정하는 2단계에서 나타남

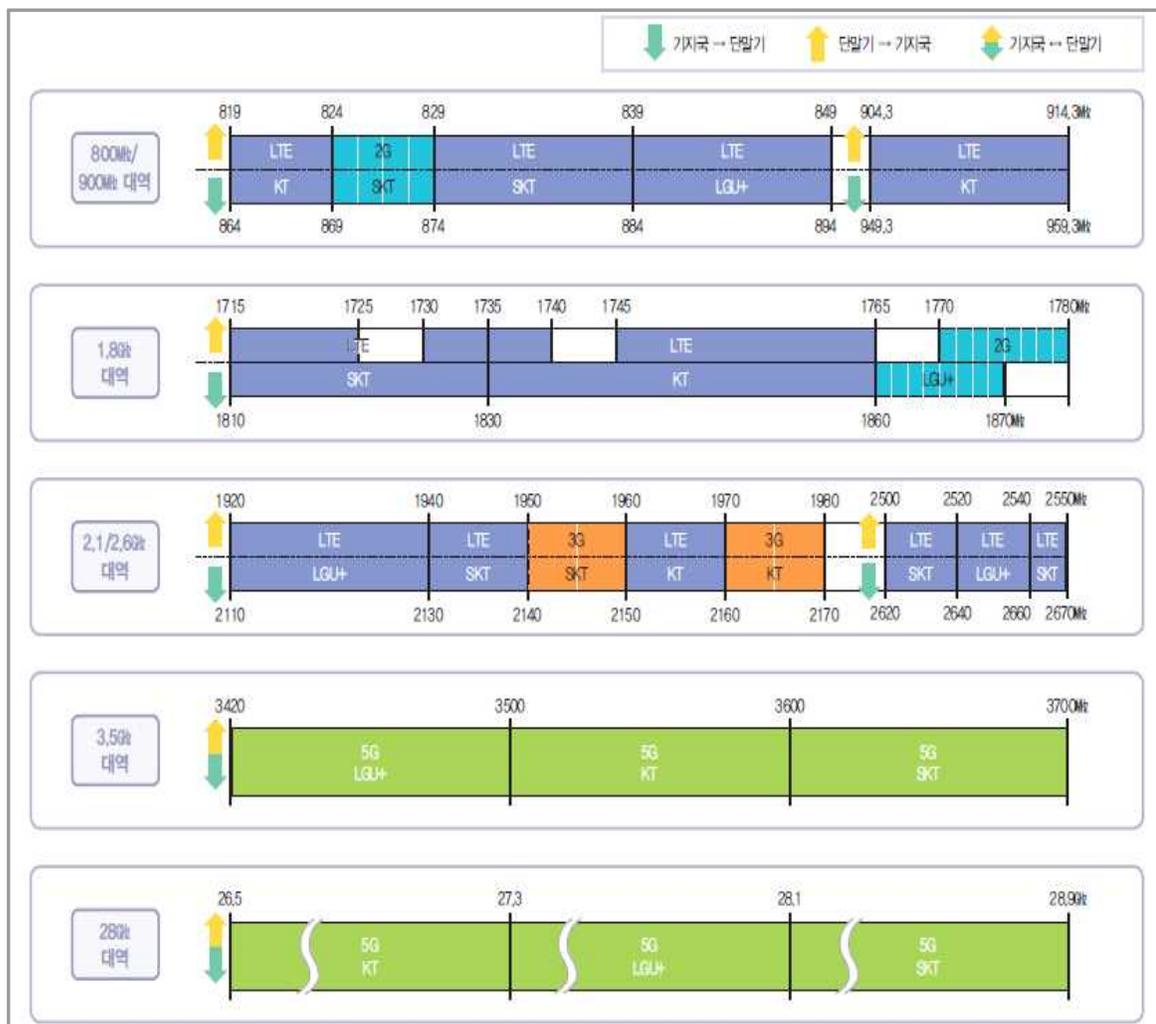
< 표-12 > 이동통신 주파수 경매

구분		KT	SKT	LGU+	합계
2011년	주파수 대역 (대역폭)	800MHz (10MHz)	1.8GHz (20MHz)	2.1GHz (20MHz)	(50MHz)
	낙찰가	2,610억원	9,950억원	4,455억원	17,015억원
2013년	주파수 대역 (대역폭)	1.8GHz (15MHz)	1.8GHz (35MHz)	2.6GHz (40MHz)	(90MHz)
	낙찰가	9,001억원	10,500억원	4,788억원	24,289억원
2016년	주파수 대역 (대역폭)	1.8GHz (20MHz)	2.6GHz (40MHz & 20MHz)	2.1GHz (20MHz)	(100MHz)
	낙찰가	4,513억원	9,500억원 & 3,277억원	3,816억원	21,106억원
2018년	주파수 대역 (대역폭)	3.5GHz(100MHz)& 28GHz(800MHz)	3.5GHz(100MHz)& 28GHz(800MHz)	3.5GHz(80MHz)& 28GHz(800MHz)	(2680MHz)
	낙찰가	11,758억원	14,258억원	10,167억원	36,183억원

* 출처 : 과학기술정보통신부(2019)

- (대역별 경쟁력) 주파수 할당정책 시행 시에도 주파수 파편화(Fragmentation) 방지에 노력하며, 국제적 조화를 이룬 광대역 주파수를 많이 보유하는 것이 규모의 경제 측면에서 이동통신사업을 위한 가장 중요한 경쟁력으로 작용
 - 이동통신은 데이터 서비스를 위해 광대역 주파수를 요구하고 있으며, 연속된 주파수를 확보하여 고속 데이터 서비스를 제공하는 것이 핵심요소로 부상
 - 주파수 수요 증가에 비해 추가 발굴이 가능한 주파수 대역은 점점 감소
 - 특히 사업자의 경쟁 우위 확보에 큰 영향을 미치는 3GHz 이하 대역에서는 추가 대역 발굴이 어려움에 따라 5G 주파수 할당에는 3.5GHz(중대역), 28GHz(고대역) 활용

(그림-9) 이동통신용 주파수 대역별 이용 현황

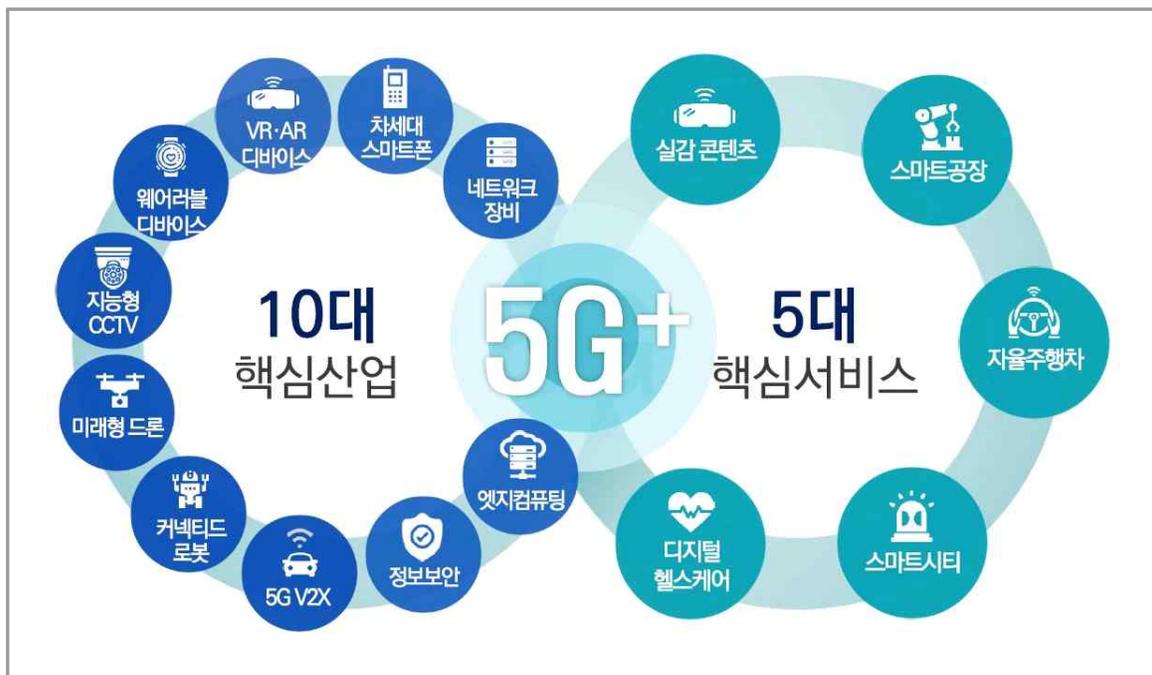


* 출처 : 과학기술정보통신부(2019)



- (5G 플러스 전략) 5G+ 전략산업 선정 및 중점투자를 통해 5G 기반 신산업 육성
 - 5G 주파수를 '26년까지 최대 2,510MHz폭을 신규 확보하여 현재의 2배 수준으로 확대 (現 2,680MHz폭 → 5,190MHz폭)
 - ※ 5G 주파수 추가 확보공급은 중대역(6GHz 이하)에서 최대 510MHz폭, 고대역(24GHz 이상)에서 최대 2,000MHz폭 확보
 - '21년 할당기간이 만료되는 2G~4G 주파수 대역을 재정비하여 5G 융합서비스 (자율주행차, 스마트공장, 스마트시티 등) 주파수 공급
 - 5G+ 전략을 지원하는 「5G+ 스펙트럼 플랜」 수립 예정 ('19년)

(그림-10) 5G 전략산업



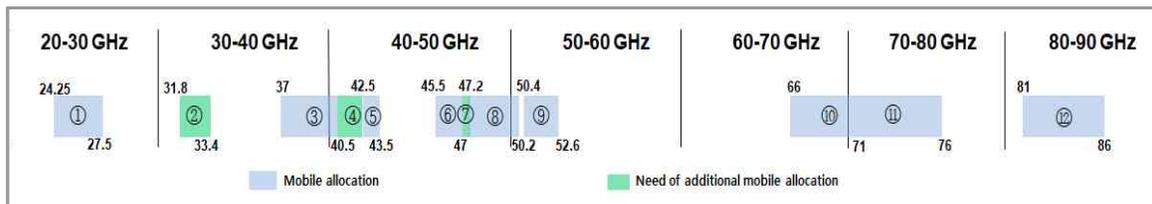
* 출처 : 과학기술정보통신부(2019), 5G 플러스 전략

3 정책동향

가. 해외 전파정책

- (WRC-19 주요의제) 차세대 IMT를 위한 이동업무 분배 및 IMT 지정 검토
 - 5G 실현을 위한 광대역폭(~1GHz) 주파수의 필요에 따라, 24.25~86GHz 대역에서 12개의 5G용 국제 공용 주파수 대역 검토 후 WRC-19에서 지정 예정
 - 26GHz 대역은 우리나라 5G 상용 대역(26.5~28.9GHz)과 일부 중첩(26.5~27.5GHz)
 - ※ 총 12개 대역 (24.25~27.5GHz, 31.8~33.4GHz, 37~40.5GHz, 40.5~42.5GHz, 42.5~43.5GHz, 45.5~47GHz, 47~47.2GHz, 47.2~50.2GHz, 50.4~52.6GHz, 66~71GHz, 71~76GHz, 81~86GHz)

(그림-11) IMT-2020 후보 주파수 대역



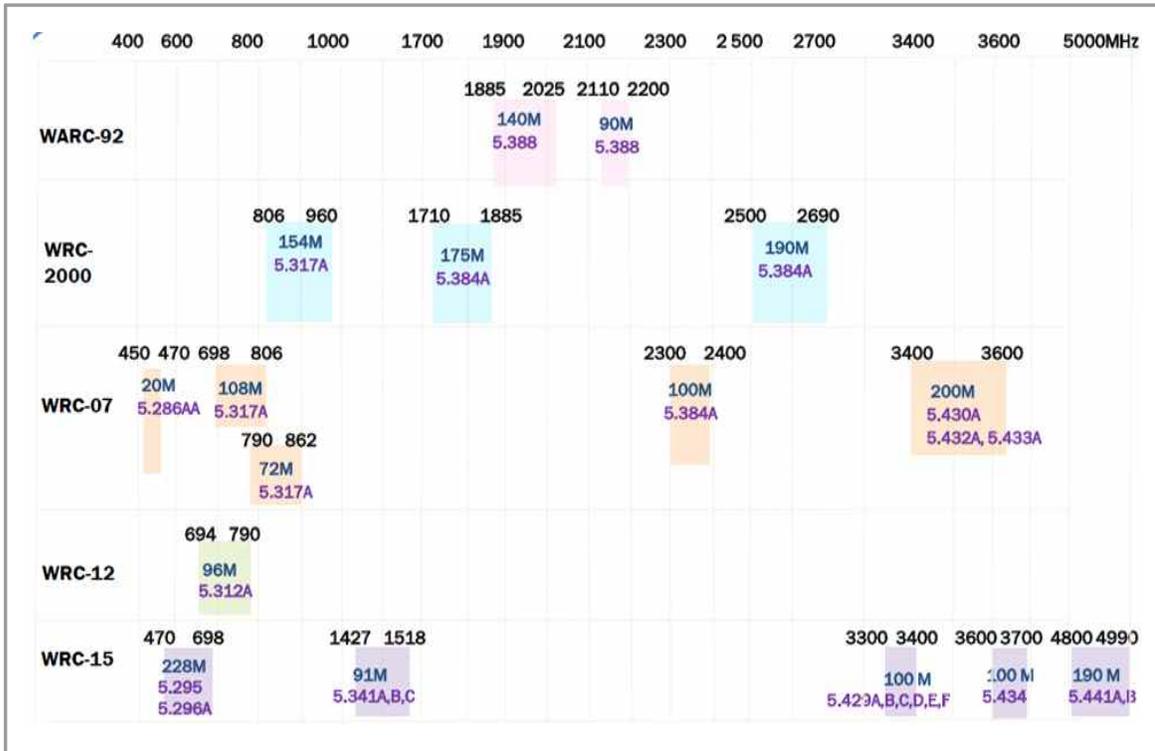
< 표-13 > WRC-19 의제 AI 1.13

- ✓ to consider identification of frequency bands for the future development of International Mobile Telecommunications (IMT) including possible additional allocations to the mobile service on a primary basis in accordance with Resolution 238 (WRC-15);
- ✓ WRC Resolution 238: Studies on frequency-related matters for IMT identification including possible additional allocations to the mobile services on a primary basis in portion(s) of the **frequency range between 24.25 and 86 GHz** for the future development of IMT for 2020 and beyond

- (IMT 표준 주파수) IMT 표준 주파수는 세계전파통신회의 (WRC : World Radio-communication Conference)를 통해 결정되며, ITU 전파규칙에 명시
 - 24GHz 이하 대역은 WRC-92 부터 WRC-15까지 5차례 회의를 통해 IMT 대역 지정 완료



(그림-12) IMT 표준 주파수 지정 현황



* 출처 : ITU(2018)

- (주요국 5G 주파수 정책) 그 동안 음성/데이터 중심의 이동통신은 3GHz 이하 주파수 대역을 사용해 왔으나, 다양한 단말 및 서비스가 출범하는 5G 시대에는 다양한 주파수 대역을 함께 활용하는 방향으로 변화
 - 주요국은 5G 주파수 할당 대상으로 3.4~4.2GHz 대역, 24.25~27.5GHz 및 27.5~29.5GHz 대역 등을 검토 중
 - 1GHz 이하 대역은 넓은 지역 커버리지 확보 및 초연결 서비스, 1~6GHz 대역은 일정 이상 커버리지 및 데이터 처리용량 동시 확보, 24GHz 이상은 고용량 전송 및 초저 지연 서비스에 적합한 용도로 활용
- (3GPP 주파수 동향) 6GHz 이하 대역 30개와 24GHz 이상 대역 4개로 총 34개의 주파수 대역에 대해 1단계 표준화(Release 15) 완료 ('18.6월)
 - 대부분 기존 LTE 주파수 대역이 많으며, 24GHz/ 28GHz/ 37GHz 대역 등을 신규로 추가

< 표-14 > 3GPP NR 주파수 대역

6 GHz 이하 (30개)

NR Band	Uplink(UL)		Downlink(DL)		Duplex Mode		
n1	1920 MHz	-	1980 MHz	2110 MHz	-	2170 MHz	FDD
n2	1850 MHz	-	1910 MHz	1930 MHz	-	1990 MHz	FDD
n3	1710 MHz	-	1785 MHz	1805 MHz	-	1880 MHz	FDD
n5	824 MHz	-	849 MHz	869 MHz	-	894MHz	FDD
n7	2500 MHz	-	2570 MHz	2620 MHz	-	2690 MHz	FDD
n8	880 MHz	-	915 MHz	925 MHz	-	960 MHz	FDD
n12	699 MHz	-	716 MHz	729 MHz	-	746 MHz	FDD
n20	832 MHz	-	862 MHz	791 MHz	-	821 MHz	FDD
n28	703 MHz	-	748 MHz	758 MHz	-	803 MHz	FDD
n34	2010 MHz	-	2025 MHz	2010 MHz	-	2025 MHz	TDD
n38	2570 MHz	-	2620 MHz	2570 MHz	-	2620 MHz	TDD
n39	1880 MHz	-	1920 MHz	1880 MHz	-	1920 MHz	TDD
n40	2300 MHz	-	2400 MHz	2300 MHz	-	2400 MHz	TDD
n41	2496 MHz	-	2690 MHz	2496 MHz	-	2690 MHz	TDD
n50	1432 MHz	-	1517 MHz	1432 MHz	-	1517 MHz	TDD
n51	1427 MHz	-	1432 MHz	1427 MHz	-	1432 MHz	TDD
n66	1710 MHz	-	1780 MHz	2110 MHz	-	2200 MHz	FDD
n70	1695 MHz	-	1710 MHz	1995 MHz	-	2020 MHz	FDD
n71	663 MHz	-	698 MHz	617 MHz	-	652 MHz	FDD
n75		N/A		1432 MHz	-	1517 MHz	SDL
n76		N/A		1427 MHz	-	1432 MHz	SDL
n78	3300 MHz	-	3800 MHz	3300 MHz	-	3800 MHz	TDD
n77	3300 MHz	-	4200 MHz	3300 MHz	-	4200 MHz	TDD
n79	4400 MHz	-	5000 MHz	4400 MHz	-	5000 MHz	TDD
n80	1710 MHz	-	1785 MHz		N/A		SUL
n81	880 MHz	-	915 MHz		N/A		SUL
n82	832 MHz	-	862 MHz		N/A		SUL
n83	703 MHz	-	748 MHz		N/A		SUL
n84	1920 MHz	-	1980 MHz		N/A		SUL
n86	1710 MHz	-	1780 MHz		N/A		SUL

24 GHz 이상 (4개)

NR Band	Uplink(UL)		Downlink(DL)		Duplex Mode		
n257	26500 MHz	-	29500 MHz	26500 MHz	-	29500 MHz	TDD
n258	24250 MHz	-	27500 MHz	24250 MHz	-	27500 MHz	TDD
n260	37000 MHz	-	40000 MHz	37000 MHz	-	40000 MHz	TDD
n261	27500 MHz	-	28350 MHz	27500 MHz	-	28350 MHz	TDD

* 출처 : 3GPP(2019), 3GPP specification series : 38 series



- (5GHz 대역 무선랜 추가 분배) 5150~5925MHz 전 대역을 무선랜으로 사용할 수 있도록 5350~5470MHz 및 5725~5850MHz 대역의 이동업무 추가 분배 및 5150~5250MHz 대역의 실외 사용 등 전반적인 규정 정비
 - 이동업무 추가분배 검토 중인 5725~5850MHz 대역의 경우 전 세계적으로 추가분배 지지
 - 5350~5470MHz 대역은 레이더 등 기존업무와 공유가 불가하다는 ITU 의견 제시

< 표-15 > 5GHz 무선랜 추가 분배 주요국 동향

대역(MHz)	주요국 입장
5150~5250	우리나라, 미국, 일본에서 무선랜 실외 사용금지 중국, 호주 : 위성업무와의 간섭 이슈가 있음에 따라 기존 업무 보호 입장 ※ 호주(2개의 MSS 시스템 운용 중), 중국(MSS Feeder 링크 사용 중)
5350~5470	중국 : 레이더 등 기존업무 보호 입장 러시아 : 무선측위 및 항공무선항행 업무 등 기존업무 보호 입장 유럽, 캐나다 : 기존 RR 유지 입장
5725~5850	영국 : 제1지역에서 이미 이동업무 사용, 전 세계/지역적 이동업무 분배지지 미국 : 지역적으로 고려되어야 하는 사항으로 지역적 이동업무 분배지지 우리나라, 베트남 : RR no.5.453 관련, 이미 이동업무 분배 사용 프랑스 : 레이더 보호를 위한 공유기술(DFS) 적용 필요
5850~5925	중국, 태국, 싱가포르, 뉴질랜드, 이란, 프랑스 등에서 위성업무와의 간섭을 고려하여 기존 RR 유지

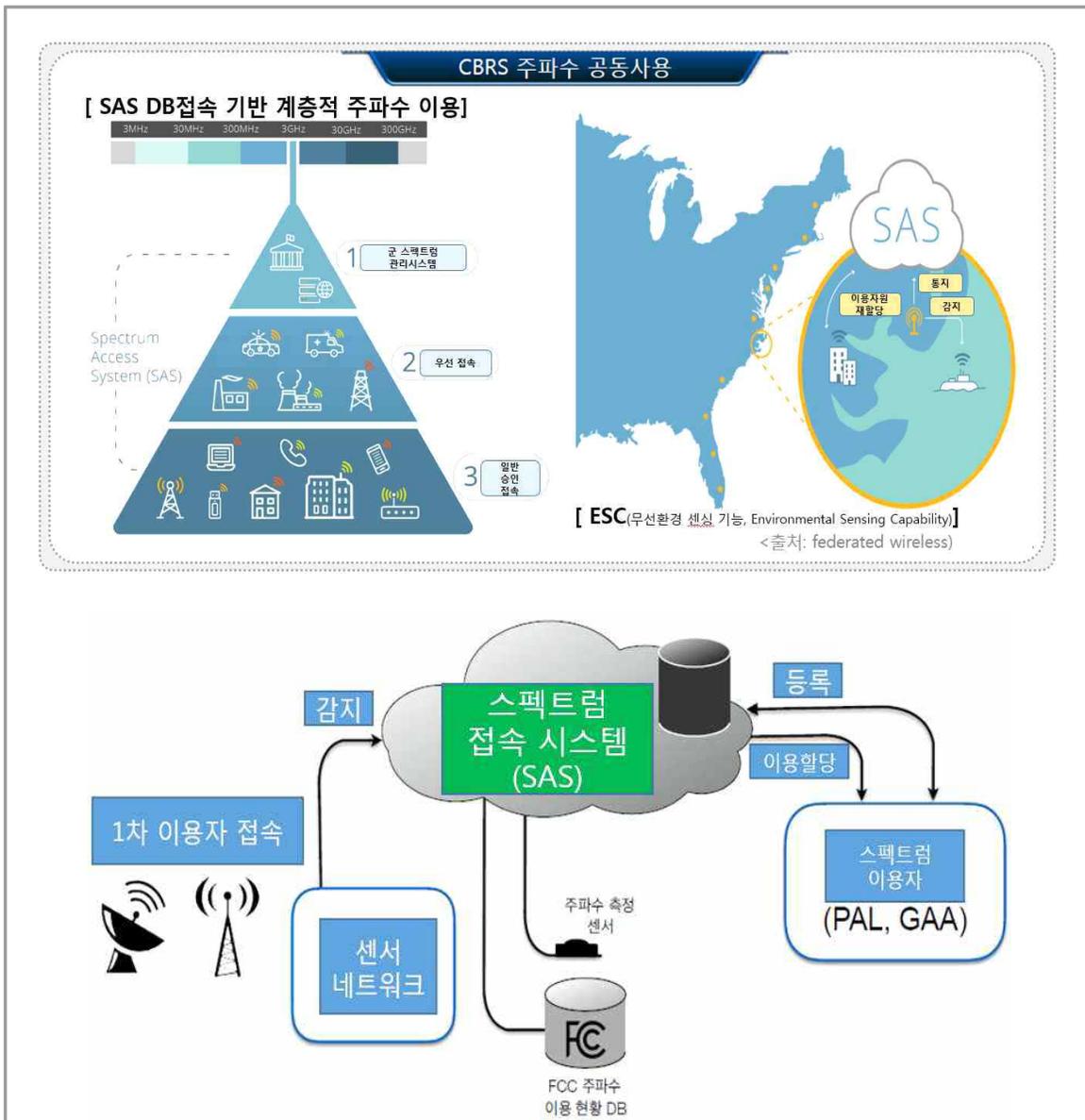
- (주파수 공유기술) 2.4GHz 및 5GHz대 무선랜의 전파간섭 영향 최소화를 위한 혁신적인 주파수 공유기술 개발을 위해 산학연이 개방적으로 참여하는 챌린지 방식 도입
 - 2.4GHz 주파수에는 Wi-Fi, 블루투스, 지그비, 무선전화기 등이 있고, 5GHz 주파수에는 Wi-Fi, LTE-LAA, 영상전송장치 등 다수의 무선기기 사용이 증가 추세
 - 미국 DARPA에서는 기계학습 기반의 주파수 공유기술 개발을 위한 스펙트럼 챌린지 대회를 개최하여 방송, 레이더, 위성통신, 방송중계 등의 기존 무선국 서비스를 안정적으로 보호하기 위한 전파식별 기술과 무선기기 사이의 공평성을 향상시킬 수 있는 기계학습 기반의 공유기술 개발
 - 미국은 AFC(Automated Frequency Control) 시스템을 통하여 기존 무선국을 보호 하면서 5.925~7.125GHz를 차세대 Wi-Fi 주파수로 이용하는 계획 발표('18.10월)

- **(중장기 주파수 정책)** 주요국은 '19년 세계전파통신회의(WRC-19)에서 5G, 위성서비스 의제 포함 등 중장기 주파수 정책을 수립하여 추진
 - 미국 FCC는 Spectrum Frontiers('16.7월), Spectrum Horizons('18.2월) 정책을 수립하고 선제적으로 mmWave 및 THz 주파수 대역 개척과 신규 서비스 활성화 추진
 - 일본 총무성은 5G 등 주파수 수요에 대응한 전파정책(Radio Policies Towards 2020s)을 마련하였고, 매년 '주파수 재편 실행계획'을 수립 중
 - 유럽은 유럽위원회(EC) 산하 전파정책그룹(RSPG)을 통해 유럽공동체의 중장기적인 주파수 관련 정책에 대한 전략적 의견을 마련 중
- **(주파수 공급체계)** 이동통신, IoT 등 다양한 주파수 수요에 관한 중장기 계획을 수립하고 시급성 등을 고려하여 주파수를 공급함
 - 영국은 모바일 데이터 전략('14년)을 통해 941MHz폭 확보계획(~'28년까지)을 수립하여, 대역별 우선순위 설정하고 환경변화를 반영해서 확보 추진
 - 호주는 '09년부터 매년 주파수 공급에 관한 5개년 계획(Five-year Spectrum Outlook)을 수립·공표하여 우선순위를 고려해 주파수 확보
 - 일본은 매년 주파수 이용현황 조사를 실시하고 대역별 이용실적 평가를 통해 주파수 대역 정비 등 재편에 관한 실행계획을 수립
- **(주파수 공동사용)** 미국, 영국 등을 중심으로 주파수 수요증가에 대비하여 주파수 공동사용 적용을 추진하고 추진체계 마련 중
 - 미국은 공공용 3.5GHz 대역을 CBRs(Citizen Broadband Service)으로 제공하고, 권한·간섭보호 수준 등에 따라 3개 계층으로 공동사용 추진
 - 미국은 주파수 공동사용을 위해 클라우드 컴퓨팅 기술의 주파수 접속시스템 (SAS, Spectrum Access System)을 활용하여 DB접속 기반의 3단계 군·위성(1차 사용자, Incumbent Users), 이동통신(2차 사용자, PAL), 일반 비면허 이동통신(3차 사용자, GAA) 서비스로 구성
 - 영국은 주파수 공동사용 추진체계(Framework)를 마련하고 위성, 중계용으로 사용 중인 3.8~4.2GHz 대역 공동사용 추진 중
 - TV 방송용으로 할당된 주파수 대역 중 비어있는 채널(TV White Space: TVWS)을 활용하는 주파수 공유 기반 서비스 이용 가능



- ※ PAL (Priority Access Licenses): 3.55~3.65GHz(100MHz 대역폭)는 주파수 할당을 받은 통신 사업자가 이동통신 서비스 제공
- ※ GAA (General Authorized Access): 3.65~3.7GHz(50MHz 대역폭)은 비면허대역으로 이동통신 서비스용으로 활용

(그림-13) 미국 3.5GHz CBRS 서비스 개념



* 출처 : Federated wireless(2018)

- **(초연결 무선 인프라)** 이종산업 융합 서비스의 인프라로서 5G 이동통신 등 광대역 주파수 공급의 지속적 확대
 - 미국은 자국의 글로벌 리더십 확보를 위해 공공용 주파수의 상업용 공동사용을 촉진하는 국가 주파수 전략 수립 추진
 - ※ '18.10.25 : 대통령 지침서(President Memorandum) 발표
 - 미국 유럽 등은 5G에 필요한 대용량 트래픽 전송을 위해 24GHz 이상의 고대역 확보 추진 미국 계획 (미국 Spectrum Frontier 계획, '17년)
 - 전파특성이 양호한 3.7~24GHz 범위의 중대역 추가 확보를 위해 3.7~4.2GHz 대역, 6GHz 대역 등 신규 확보 검토 중
 - IoT 용으로 영국 호주 등은 800/900MHz 대역 등의 공급을 추진
 - 미국, 유럽 등은 Wi-Fi 등에 활용 가능한 비면허 주파수로 5~7GHz 대역, 60GHz 대역 등을 추가 공급하는 방안을 검토

< 표-16 > 주요국 네트워크 인프라 주파수 확보 동향

구분	미국	영국	호주	일본
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> •이동통신용 715.5MHz폭 공급 •3.7-4.2GHz 공동사용 확보 추진 •24GHz 이상 5G 이동/고정대역 확보 계획수립 	<ul style="list-style-type: none"> •이동통신용 837MHz폭 공급 •3.8-4.2GHz 공동사용 검토 추진 •IoT 주파수 추진 (800/900MHz 및 VHF대) 	<ul style="list-style-type: none"> •이동통신용 약 700MHz폭 공급 •5G 주파수 (3.6GHz,26GHz) 공급 추진 •IoT 주파수 확보 (900MHz/2.4GHz/5.8GHz) 	<ul style="list-style-type: none"> •이동통신용 770MHz폭 공급 •5G 주파수 (4GHz/4.5GHz/28GHz) 공급 추진 -'20년 도쿄올림픽 상용화목표

* 출처 : 과학기술정보통신부(2019), 제3차 전파진흥기본계획

- **(미국의 5G 주파수 확대)** FCC는 5G 기술의 세계 우위 달성을 촉진하기 위해 포괄적 전략인 '5G FAST Plan'을 수립하여 추진 중
 - 전략의 핵심요소는 ① 시장에 더 많은 스펙트럼 공급 ② 인프라 정책 업데이트 ③ 구식 규제에 현대화 등임
 - High-band는 '19.1월에 28GHz 대역에서 5G 주파수 경매를 종결했으며, 24GHz, 37GHz, 39GHz, 47GHz 대역 경매를 통해 5G 주파수를 5GHz폭 공급할 예정이며, 26GHz 및 42GHz 대역에서도 2.75GHz폭 확보를 추진
 - Mid-band(3.7~24GHz) 스펙트럼은 적절한 커버리지와 용량 특성을 고려 5G 확장의



최적 대역으로 판단하고 2.5GHz, 3.5GHz 및 3.7~4.2GHz 대역에 대해 이해 당사자 의견 수렴 통한 5G 용도로 최대 844MHz 폭 확보 예정

- Low-band는 600MHz, 800MHz 및 900MHz 대역의 용도를 변경하여 5G 서비스에 저대역 스펙트럼(광역 서비스에 유용) 활용을 위한 노력을 강화하고 있음
- 비면허 주파수가 5G에서 중요할 것이라는 점을 인식하고 6GHz대역(5,925-7,125MHz) 및 95GHz(95GHz-3THz) 대역에서 차세대 Wi-Fi 및 새로운 통신 기술개발 장려대역으로 지정하여 새로운 서비스 기회를 창출할 수 있도록 유도

나. 국내 전파정책

- (K-ICT Spectrum Plan) '26년까지 총 40GHz폭 확보·공급으로 주파수 영토 2배 확대하는 주파수 중장기 계획 발표 (16년 44GHz폭 → 26년 84GHz폭)
- 이동통신, 산업생활, 공공, 위성 분야에 대한 주파수 수급계획 및 활용기반 조성으로 언제 어디서나 빠르게 주파수로 연결되는 모바일 사회 구현을 표방

(그림-14) K-ICT Spectrum Plan



* 출처 : 과학기술정보통신부(2017), K-ICT Spectrum Plan

■ (산업·생활 주파수) 전파 기반·응용 기술에 해당하는 산업·생활 주파수 공급계획을 K-ICT 스펙트럼 플랜에 포함하여 추진

- IoT, 무선랜, 무선백홀 등 무선 네트워크 분야에서 12,648MHz폭, 그 외 무인이동체 12,560MHz폭, 산업 센서·레이다 2,005MHz폭, 무선충전 1MHz폭 등 총 27,214MHz폭 주파수를 3단계에 걸쳐 공급 계획

< 표-17 > 산업·생활 주파수 확보 방안 (단위: MHz폭)

구분		~2018	~2021	~2026	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·레이다		1,005	1,000	-	2,005
무선충전		0.01	-	1	1
합계		6,009	2,692	18,513	27,214

* 출처 : 과학기술정보통신부(2017), K-ICT Spectrum Plan

■ (제3차 전파진흥기본계획) 전파법에 따라 수립하는 전파분야 최상위 계획으로 초연결 지능화 시대를 위한 5개년(2019~2023년) 중장기 정책방안 제시('19.1월)

- 면허제 도입, 무선국 개설, 전파이용대가 등 수평적 규제체계로 전파이용제도 개편
 - ※ 할당·지정·사용승인으로 구분되어 있는 현행 3분류 체계를 단일 주파수 이용체계인 '주파수 면허제'로 통합하고, 이용주체 유형별(사업용·일반용·국가용)로 구분하여 도입(~'21년)
 - ※ 전파이용대가는 現 할당대가와 전파사용료를 통합하고, 전파자원 이용 효율화를 위해 원칙적으로 모든 면허권자 대상으로 부과(~'21년)
- 이동통신 트래픽·주파수 분석 시스템 개발, 비효율 주파수 정비를 위한 공공주파수 수급 개선 등 효율적·과학적 주파수 수급체계 구축
- 초연결 혁신성장을 위한 무선 인프라 주파수 및 산업생활 주파수 공급 확대
 - ※ 5G 추가 주파수 확보·공급, 고신뢰 IoT 및 비면허 주파수 확대, 스마트공장 주파수 공급, 자율주행차·드론 주파수 확보방안 마련, 사회복지 인프라용 주파수 확보 등



- 전파 기반 산업의 활성화를 위해 전파활용 서비스·기기 활성화 제도 개선
- 국민생활환경 전자파 안전 강화를 위해 사람 중심의 안전한 전파 이용환경 조성

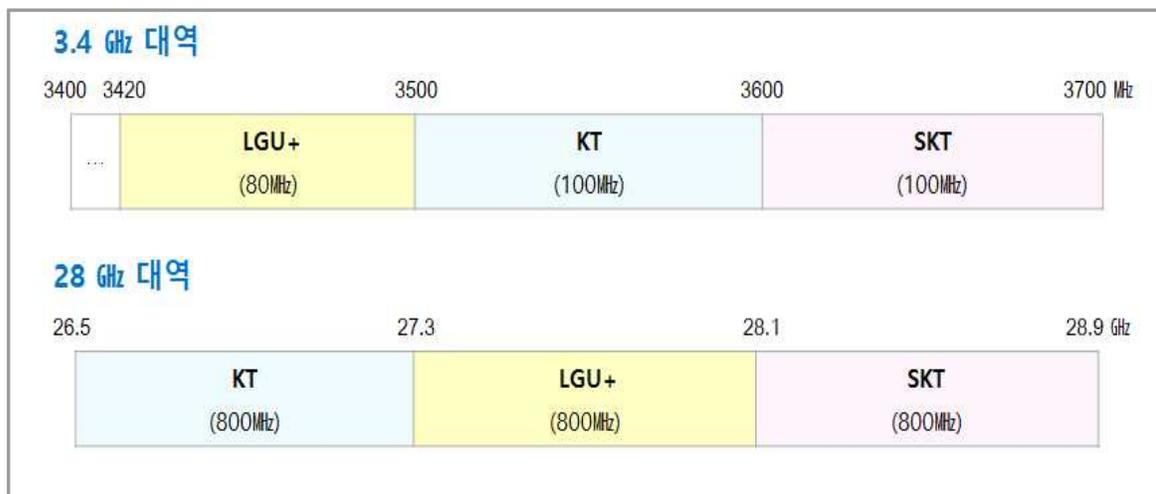
(그림-15) 전파진흥기본계획 수평적 규제체계 도입(안)



* 출처 : 과학기술정보통신부(2019), 제3차 전파진흥기본계획

- **(5G 주파수 할당)** 4차 산업혁명 시대에 대비한 중장기적 주파수 확보·공급·규제개선을 위한 정책을 마련하고 세계 최초 5G 상용화를 위한 주파수 할당 완료 ('18.5월)
 - 5G 서비스의 필수설비인 주파수를 중대역(3.5GHz) 280MHz폭 및 초고대역(28GHz) 2400MHz폭을 동시에 할당한 최초의 국가로서 총 2680MHz폭 공급
 - 5G 이동통신을 시작하는 최초의 주파수 공급이라는 점을 고려하여 1개사의 할당 총량은 3.5GHz 대역 100MHz폭, 28GHz 대역 1,000MHz폭으로 제한
 - 28GHz 대역은 투자 불확실성을 고려하여 이용기간 5년, 최저경쟁가격을 2,400MHz폭 6,216억원으로 대폭 낮춤

(그림-16) 2018년 5G 주파수 할당 결과



* 출처 : 과학기술정보통신부(2018)

- **(5G 플러스 스펙트럼 플랜)** 5G 플러스 전략에서 추진하는 내용들이 차질없이 진행될 수 있도록 이를 뒷받침하는 주파수 중장기 계획 수립 예정 ('19년 하반기)
 - '17년에 공표한 K-ICT 스펙트럼 플랜의 경우 이동통신, 산업생활, 공공, 위성 분야에 대한 주파수 수급계획을 제시하였다면, 5G 스펙트럼 플랜은 5G 추가 주파수 공급을 위한 6GHz 이하 및 28GHz 이상 대역의 확보 전략이 될 것임
 - 주요 내용으로는 세계 최대 폭의 5G 주파수 확보 공급, 주파수 관점에서 5G 융합 신산업 플러스(+) 지원, 주파수 제도·시스템 정비 등

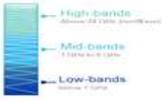
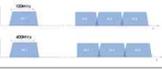
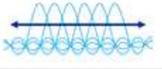
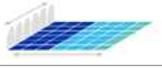


4 기술동향

가. 해외 기술동향

- (3GPP NR) 3GPP는 New Radio 특성으로 스펙트럼, 가변채널 대역폭, 확장 가능한 OFDM 파형, 유연한 슬롯 구조, 채널 코딩, 대용량 다중 입출력, 하이브리드 빔포밍 등이 가능하며, 이와 관련한 기술개발 및 표준화 강화

< 표-18 > 3GPP NR Feature

구분	특징	
스펙트럼	1GHz 이하 대역부터 24GHz 이상 대역까지 모든 스펙트럼 사용 지원	
가변적 채널 대역폭	(6GHz 이하) 최대 100MHz 대역폭, 최대 16개 CA (24GHz 이상) 최대 400MHz 대역폭, 최대 16개 CA	
확장 가능한 OFDM 파형	15kHz x 2 ⁿ 부반송파간격	
유연한 일체형 슬롯 구조	상하향 슬롯 변경을 자유롭게 선택 가능 eMBB/URLLC/mMTC심볼을 동시 전송 가능	
첨단 채널 코딩	(데이터 채널) 대규모 데이터블록 코딩(LDPC) (제어 채널) 고신뢰성제어채널 코딩(Polar Code)	
대용량 다중 입출력 (MU-MIMO)	커버리지 및 용량 증가를 위한 다수 안테나 효율적 활용	
하이브리드 빔포밍	밀리미터파 사용을 위한 빔포밍 및 빔 추적 최적화	

* 출처 : 3GPP(2018)

- (차세대 Wi-Fi 추진) IEEE 802.11에서 2.4/5/60GHz 지원 차세대 Wi-Fi 규격 작업이 진행 중이며, 초저전력, 초정밀 측위 등 다양한 응용 규격 개발이 추진 중
 - (IEEE 802.11ax) 밀집 AP 설치 환경에서 효율적인 통신을 위해 AP와 다수의 단말 간의 상/하향 동시 전송을 가능케 하는 상/하향링크 OFDMA 및 MU-MIMO 기술들을 표준 진행 중 ('19.12월 완료 예정)
 - (IEEE 802.11be) IEEE는 '19.5월부터 '802.11be EHT Task Group'을 결성하여 7세대 Wi-Fi 기술개발을 시작

< 표-19 > 와이파이 기술의 진화

구분	승인연도	명칭	주파수대역	최대속도
1세대	1997년	802.11	2.4GHz	2Mbps
2세대	1999년	802.11b	2.4GHz	11Mbps
3세대	1999년	802.11a	5GHz	54Mbps
	2003년	802.11g	2.4GHz	54Mbps
4세대	2009년	802.11n	2.4GHz/5GHz	600Mbps
5세대	2013년	802.11ac	2.4GHz/5GHz	6.9Gbps
6세대	19.12월 (예정)	802.11ax	1~7.125GHz	9.6Gbps
7세대	23.12월 (예정)	802.11be	1~7.125GHz	30Gbp

※ 와이파이 연합(Alliance)은 차세대 와이파이 규격인 IEEE 802.11ax의 명칭을 '와이파이 (Wi-Fi) 6'로 정하면서 Wi-Fi 규격을 세대 이름으로 표시 (2018.10월)

- (전파응용 자율이동체) 자율주행차, 무선충전, 드론 등의 전파응용 확대
 - 인피니언은 레벨3 자율주행 주요 부품을 공급('17.12월), TI는 76-81GHz 대역의 Automotive mmWave 센서(AWR), Industrial mmWave 센서 제품 출시('17.9월)
 - BMW의 전기자동차의 전략 모델 i8에 무선 충전과 '530e i퍼포먼스' 모델에 탑재 ('18.7월)
 - 독일 Colibrex는 드론의 활용 영역을 전파 측정에서 전파감시로 확대('17.4월)
- (EMI / EMC) 기술 선진국을 중심으로 기기 및 시설보호를 위한 전자파 측정평가, 전자파 장애 및 전자파 적합성 평가 연구 추진
 - 미국 미주리 과학기술 대학 산하 EMC 연구실에서 SI/PI/EMI 저감 기술개발을 선도하고 있으며, 유럽연합(EU)에서는 EMC Directive를 근거로 고정시설에 대한 EMC Engineering 기술 확보 및 적용
 - 유럽에서는 5G 이동통신 시스템에 대해 40GHz까지 전자파장해(EMI)와 18GHz까지 전자파내성(EMS) 요구사항을 개발하고 있으며, 6GHz 이상 주파수대역에 대한 EMI 기준과 측정방법 개발을 추진 중
 - 미국은 5G 이동통신 시스템에 대해 40GHz까지 전자파장해(EMI) 측정기술을 적용하고 있으며, 측정 주파수 범위를 5고조파 대역까지 확대 추진 중
 - 자율자동차, 로봇 등 ICT 기반 첨단 제품의 경우 5G 이동통신과 결합함에 따라 신뢰성 있는 전자파 적합성 평가연구가 미국 및 유럽 등을 중심으로 진행 중임



나. 국내 기술동향

- **(이동통신 주파수 분석기술)** 체계적인 이동통신 주파수 확보·공급을 위해 데이터과학에 근거한 주파수 이용분석, 수요예측, 수급체계 개발
 - 실환경 모바일 데이터 수집, 주파수 이용현황 분석, 주파수 포화율 및 이용 적정성 평가, 미래 트래픽·주파수 수요예측 시스템 개발
 - 주파수 수요예측에 따른 신기술 적정성 분석을 통해 잉여대역폭의 5G 전환, 할당 및 재할당 소요량 산출 등 주파수 공급 체계화 마련
- **(주파수 혼·간섭 예방 기술)** 새로운 대역의 주파수를 선제적이고 효과적으로 확보하기 위해 혼간섭 분석 기술력 강화
 - 이동통신 위성 레이다 등 이기종간 실환경 실시간 간섭분석 알고리즘 및 분석시스템 기술 개발
 - 신규 서비스 도입 및 주파수 공동사용에 따른 신속한 간섭분석 검증을 위하여 시험환경 구축 및 산학연관 협력체계 구축
- **(5G 단말기 및 기지국 기준)** 5G 이동통신 서비스의 도입이 추진되고 있어 5G 단말기 및 기지국 장비에 대한 EMC 기준과 시험방법, 6GHz 이상 전자파 측정방법 등의 기술 개발이 추진
 - '17년부터 5G 이동통신을 위한 6GHz 이상 전자파적합성에 관한 연구를 진행 중이며, '18년 5G 단말기 및 기지국 장비에 대한 EMC 평가 기술을 개발하고 있음
- **(밀리미터파 무선 기술)** 28GHz 밀리미터 대역기반의 무선전송 기술 개발로 5G 요구사항을 고려한 저지연 무선통신 시스템 및 다중대역 다중밴드 주파수 집성기술을 활용한 서비스를 제공
 - 밀리미터 대역을 이용한 NSA(Non-Standalone)/SA(Standalone) 기반의 5G 무선전송 및 접속 기술, 주파수 활용 기술, IoT 및 저지연/고신뢰 이동통신 기술들이 다양한 서비스를 제공할 것으로 예상
- **(B5G / 6G 기술개발)** 5G 성능을 넘어 현실, 가상, 혼합 공간에서 모든 사람-사물-데이터를 이동속도나 통신매체와 무관하게 즉시 지능적으로 안전하고 효율적으로 연결하는 미래 이동통신 대형 R&D 추진
 - 밀리미터파/테라헤르츠 대역 송수신칩, 디바이스, Massive 빔형성 안테나 등 전파소

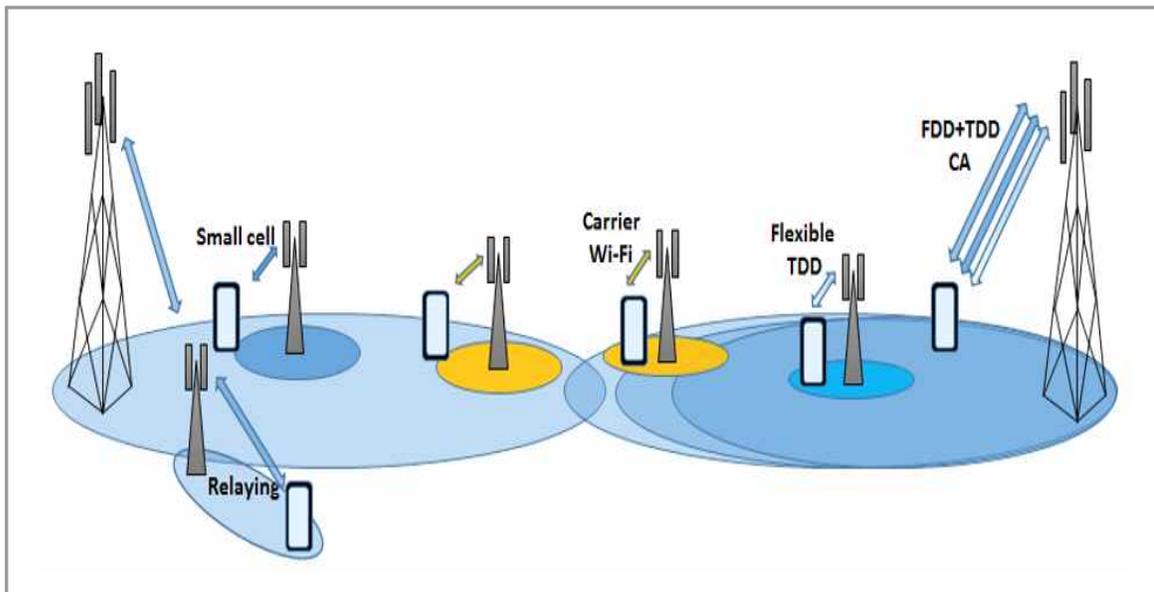
자부품 및 채널 모델링 전파계측 기술 개발

- 문제해결을 위한 도전형(Challenge) 방식 연구 등을 통해 Full Duplexing, AI를 활용한 주파수 공유 등 주파수 효율성 극대화 기술개발
- '19년 R&D 예비타당성을 시작으로 '20년 이후 필요요소기술 개발 추진

다. 국내외 연구개발 동향

- (METIS Project) 4G, 비면허 5G, 캐리어 Wi-Fi 등 다중무선 접속을 고려한 5G 주파수 이용기술 및 전략을 제시
 - 450MHz에서 100GHz에 이르는 광범위한 대역에서 이기종 네트워크 간의 매크로 및 소형 셀 등에서 주파수 다중접속 매커니즘을 구현
 - * METIS(Mobile and wireless communication Enablers for the Twenty-twenty Information Society) : 유럽을 중심으로 하는 글로벌 5G 연구단체

(그림-17) Spectrum Toolbox 개념도

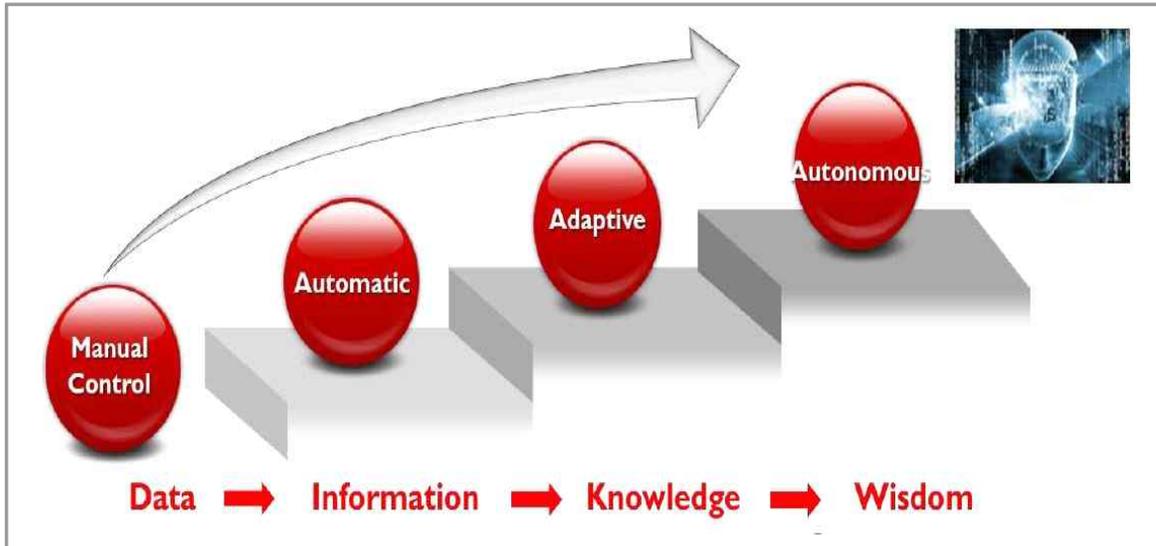


* 출처 : CROWNCOM(2016)

- (네트워크 지능화) ETSI는 5G 네트워크 제어.관리 발전을 위해 '경험적 네트워크 지능(ENI: Experience Network Intelligence)' 산업규격그룹을 신설하여 추진
 - 네트워크 구성과 모니터링 프로세스를 수치화하는 지표를 통해 기계학습과 추론을 이용하여 운영자 경험을 최대한 활용

- 데이터 수집과 분석을 매뉴얼 관리, 자동화, 적응 제어, 자율화 등으로 발전하는 모델을 제시

(그림-18) 네트워크 제어·관리 발전방향



* 출처 : ESTI ISF ENI(2018)

- (NR 성능 측정방법) 3GPP에서는 5G NR의 성능 측정을 위한 방법을 검토하여 표준으로 반영
 - 6GHz 이하의 주파수 대역에서는 5G NR의 성능 측정을 위하여 port 방식(측정 포트를 이용한 직결 측정 방법)과 OTA방식(자유공간 및 실사용 조건에서의 안테나 성능 측정 방법) 등 다양한 측정 방법을 제시
 - 밀리미터파 대역은 Massive MIMO의 성능검사는 안테나와 송수신 기간에 분리가 실질적으로 불가능하기 때문에 OTA 방식의 측정 방법을 제안
- (5G 전자파 적합성) 5G 기기에 대한 전자파 적합성 평가 기준이 개발되고 있으며, 5G 이동통신 주파수 확대에 따른 6GHz 이상 대역 측정기술 개발이 추진될 예정
 - 유럽은 5G이동통신 시스템에 대해 40GHz까지 전자파장해(EMI)와 18GHz까지 전자파 내성(EMS) 요구사항을 개발하고 있으며, 6GHz 이상 주파수 대역에 대한 EMI 기준과 측정방법 개발을 추진 중
 - 미국은 5G이동통신 시스템에 대해 40GHz까지 전자파장해(EMI) 측정기술을 적용하고 있으며, 측정주파수 범위를 제5고조파 대역까지 확대 추진 중

- 자율자동차, 로봇 등 ICT 기반 첨단 제품의 경우 5G 이동통신과 결합함에 따라 신뢰성 있는 전자파적합성 평가연구가 미국 및 유럽 등 기술 선진국 등을 중심으로 진행 중
- **(극한환경 자기장 통신기술)** ETRI에서는 300kHz 이하 저주파 자기장을 이용하여 지중/지하, 수중, 심해 등 극한환경에서의 정보전달 및 무선통신 기술 개발 추진중
 - 현재 자기장 통신기술은 NFC, WBAN, Bubee 등 근거리에 국한되어 사용
 - 10pT급 미소자계 검출 및 수백m 중장거리 전송기반의 자기장통신으로 극한환경의 추적, 탐색, 발굴, 탐사 등에 용이
 - AP용 고성능(100kHz대, BW=6.25kHz) 10fT급 미소 자기장 수신기술 개발 및 원거리전송 (300m 이상) 및 루프 안테나용 광대역 정합 기술 개발
- **(5G 전자파 인체 노출량 평가 기술)** 2019년 이후 5G 상용화 일정에 따라 측정 방법 개발이 추진될 예정
 - 유럽은 GSMA, Vodafone, Orange-Polska 등을 중심으로 차세대 무선망에 대한 전자파 인체 노출량 평가 기술 개발이 활발히 수행 중
 - 호주는 5G 무선국 인체영향 평가에 가장 적극적인 연구를 수행 중이고 관련 표준을 폴란드, 한국, 스웨덴 등과 ITU-T SG5의 표준제정 진행 중

5 기술역량

가. 기술수준 격차

- **(기술수준 격차)** 우리나라는 세계 최고 수준의 무선 네트워크 인프라를 가지고 있으나, 글로벌 시장에서의 전파기술 경쟁력은 부족한 상황
 - 전파·위성 분야에서 한국은 최고기술국 미국 대비 17.5%p의 기술수준 격차를 보임 (기초연구: 18.5%p, 응용·개발: 16.7%p, 사업화: 17.3%p)
 - 이동통신 분야에서 한국은 최고기술국인 미국 대비 7.7%p의 기술수준 격차를 보임 (기초연구: 8.8%p, 응용·개발: 7.6%p, 사업화: 6.7%p)



< 표-20 > 전파위성 분야 주요국 기술수준 격차 (단위 : %)

한국			미국			일본			중국			유럽		
기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화
81.5	83.3	82.7	100	100	100	86.5	86.4	85.8	81.5	82.8	85.2	92.9	93.1	92.8
82.5			100			86.2			83.2			92.9		

* 출처 : IITP(2017), ICT 기술수준조사보고서

< 표-21 > 이동통신 분야 주요국 기술수준 격차 (단위 : %)

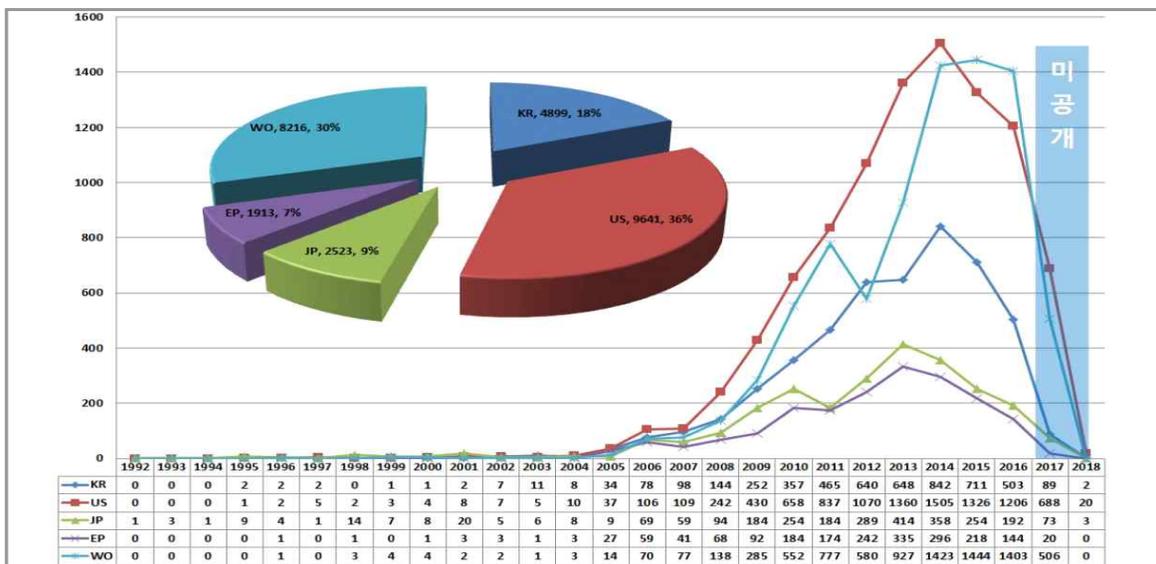
한국			미국			일본			중국			유럽		
기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화
91.2	92.4	93.3	100	100	100	90.6	90.7	90.7	91.2	93	95	93.5	93.8	94.7
92.3			100.0			90.7			93.1			94		

* 출처 : IITP(2017), ICT 기술수준조사보고서

나. 국내외 지식재산권 현황

- (5G 이동통신) 2018년 6월까지 5G 이동통신 분야 연도별 특허출원 동향을 살펴보면, 미국(US), 한국(KR)은 2014년도에 가장 높은 특허 출원량을 보이고 있음
- 특히 한국(KR), 미국(US), 국제(WO)에서는 2009년부터 2014년 사이에 매우 많은 특허가 지속적으로 출원되는 경향을 보임

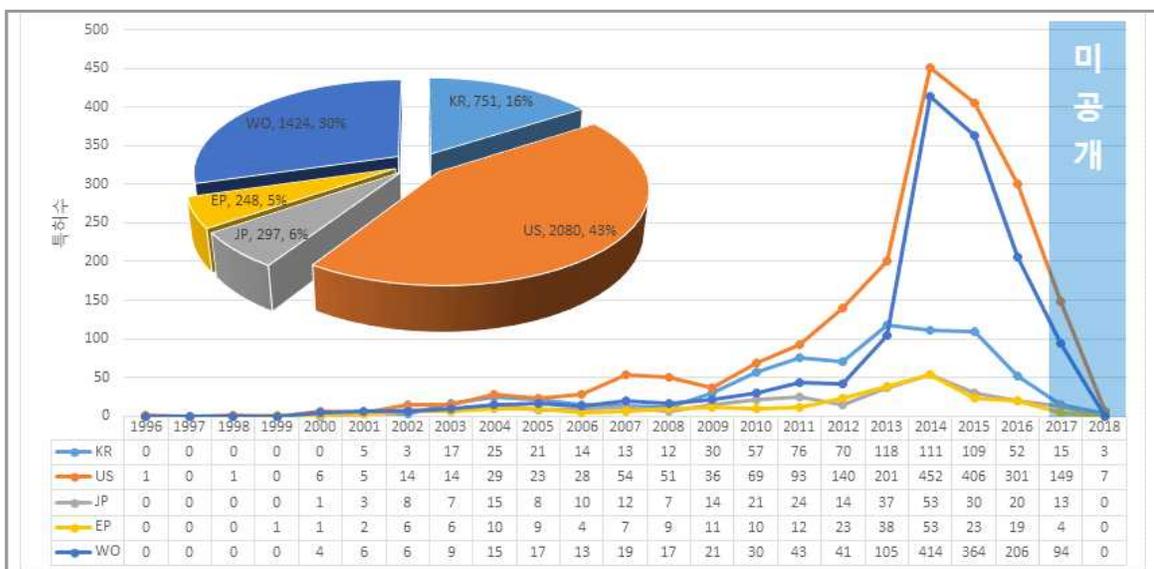
(그림-19) 5G 이동통신 연도별 특허출원 동향



* 출처 : TTA(2018), ICT 표준화전략맵

- (무선랜 분야) 미국의 Wi-Fi 출원량이 많은 것을 근거로 미국의 Wi-Fi 기반 주파수 공유기술 수준이 세계 최고인 것으로 판단하고 있으며, 한국은 미국의 약 50% 수준
 - 특허출원은 미국특허(US, 공개 및 등록 특허 포함) 2,080건(43%), 국제특허(WO) 1,424건(30%), 한국특허(KR) 751건(16%), 일본특허(JP) 297건(6%) 및 유럽특허(EP) 248건(5%) 순으로 분석

(그림-20) Wi-Fi 분야 특허 출원년도별 특허공보별 추이 (단위 : %)



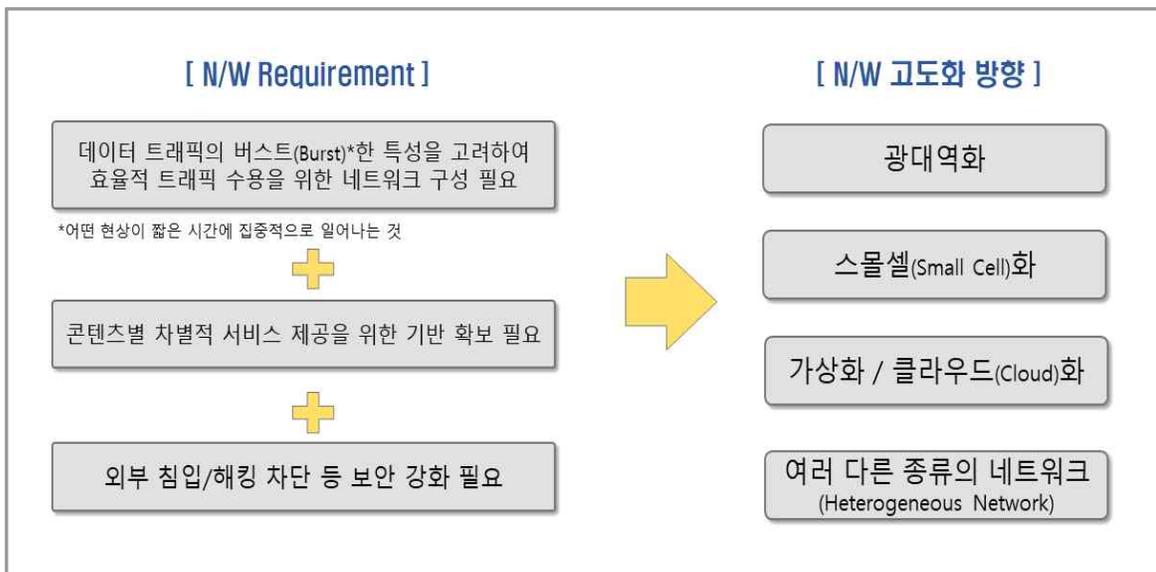
* 출처 : TTA(2018), ICT 표준화전략맵

Ⅲ 주요 분야별 이슈

1 기술진화의 특성

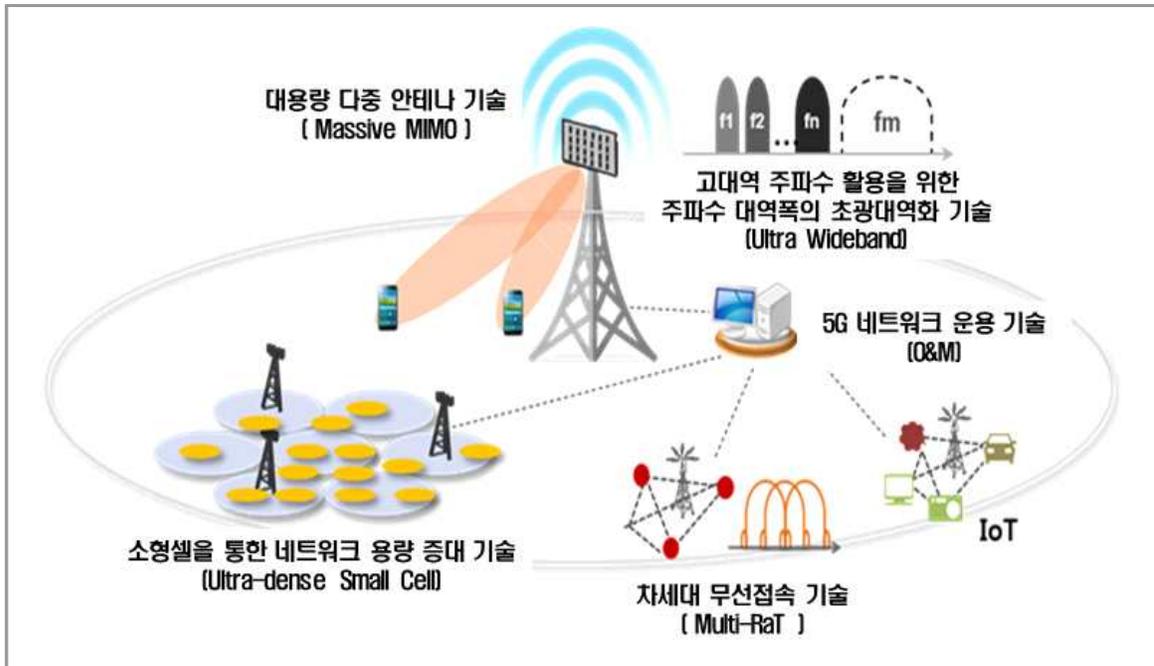
- (이동통신 네트워크 발전 방향) 폭증하는 데이터 트래픽을 효율적으로 수용하기 위하여 이동통신 네트워크는 광대역화, 스몰셀화, 가상화/클라우드화, 여러 다른 종류의 네트워크(Heterogeneous Network)로 고도화

(그림-21) 이동통신 네트워크 발전 방향



- (5G 핵심기술로 융합서비스 촉진) 5G 이동통신에 다양한 서비스를 제공할 수 있도록 대용량/고효율 전송 및 운용 기술 발전
 - 초고속, 저지연, 초연결 등의 서비스를 위해서는 네트워크 처리용량과 처리속도는 높아지고, 기기 연결 수는 대폭 늘어나게 됨
 - 이를 구현하기 위한 핵심기술로는 초광대역화 기술, 대용량 다중 안테나 기술, 소형 셀을 통한 용량 증대 기술, 차세대 무선접속 기술, IoT 등이 있음

(그림-22) 5G 네트워크 핵심기술



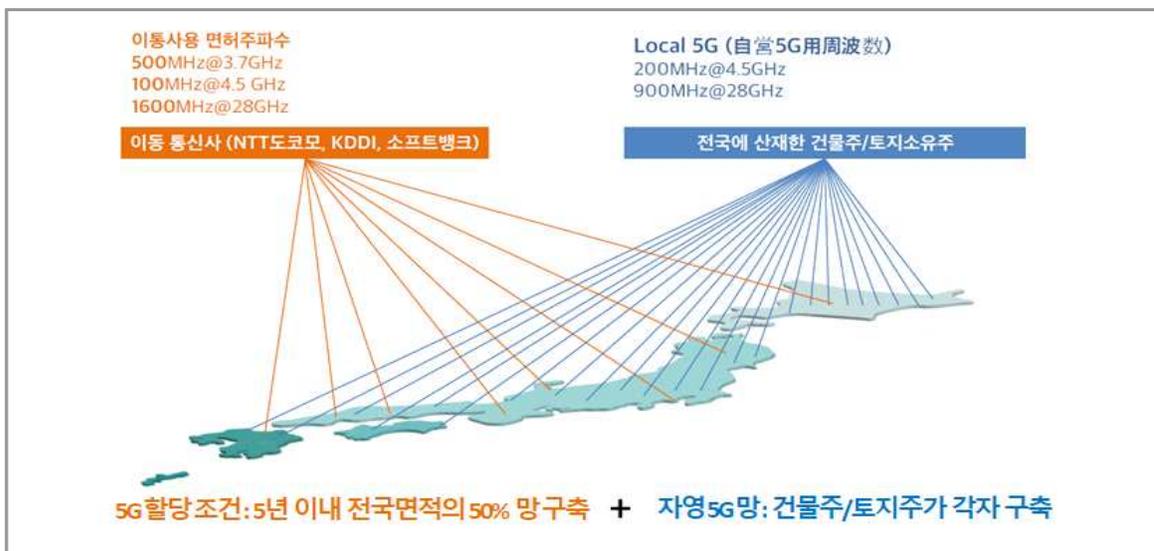
- (주파수 하모니이즈 고려) 국제적인 주파수 조화를 위하여 ITU는 주파수 요구사항, 3GPP는 장비 및 단말 표준에 초점을 맞추어 논의 중
 - 3GPP는 '18년 6월 3GPP의 5G 단독모드(standalone) 무선 표준 규격 개발 완료
 - 5G 주파수 프레임워크를 통해 규모의 경제 및 국경 간 조율을 용이하게 하고자 함
 - ITU는 '19년 11월 세계전파통신회의(WRC-19) 개최 예정
- (기계학습 기반 공유기술) 기계학습 기반의 주파수 공유 기술에 대한 다양한 주제의 연구가 학술적으로 진행되고 있음
 - 단말의 이동성 패턴 학습으로 LoS 환경 예측하여 안테나 조정 등을 통한 밀리미터파 대역으로의 트래픽 할당
 - 온라인 기계학습으로 시변 트래픽 패턴을 학습하여 미래의 채널 가용성 예측을 통해 혼잡 발생 확률 저감
 - 심층 신경망을 통한 단말의 전송기술 분류, LTE-U 환경에서 분산적 채널 접속, 인지 무선망에서 primary user 센싱 등



2 새로운 시도와 융합 가능성

- (Local 5G) 5G 기술 및 시장의 특성을 반영한 것으로 융합/특화 서비스, 신기술 투자촉진, 공유기반경제 활성화 기대
 - 특정 지역에서 로컬 운영의 고용량 네트워크 요구가 증대하고, 소규모 사업자는 인프라 투자관리 부담 없이 5G 서비스 제공 기회
 - 5G 생태계가 활성화되고, 통신산업의 구조도 혁신적으로 변화될 것으로 예상
 - 공장, 회사, 공항, 병원, 경기장, 상업시설, 공사현장, 지자체, 아파트 등에 활용

(그림-23) 일본의 자영(自営) 주파수 할당 계획



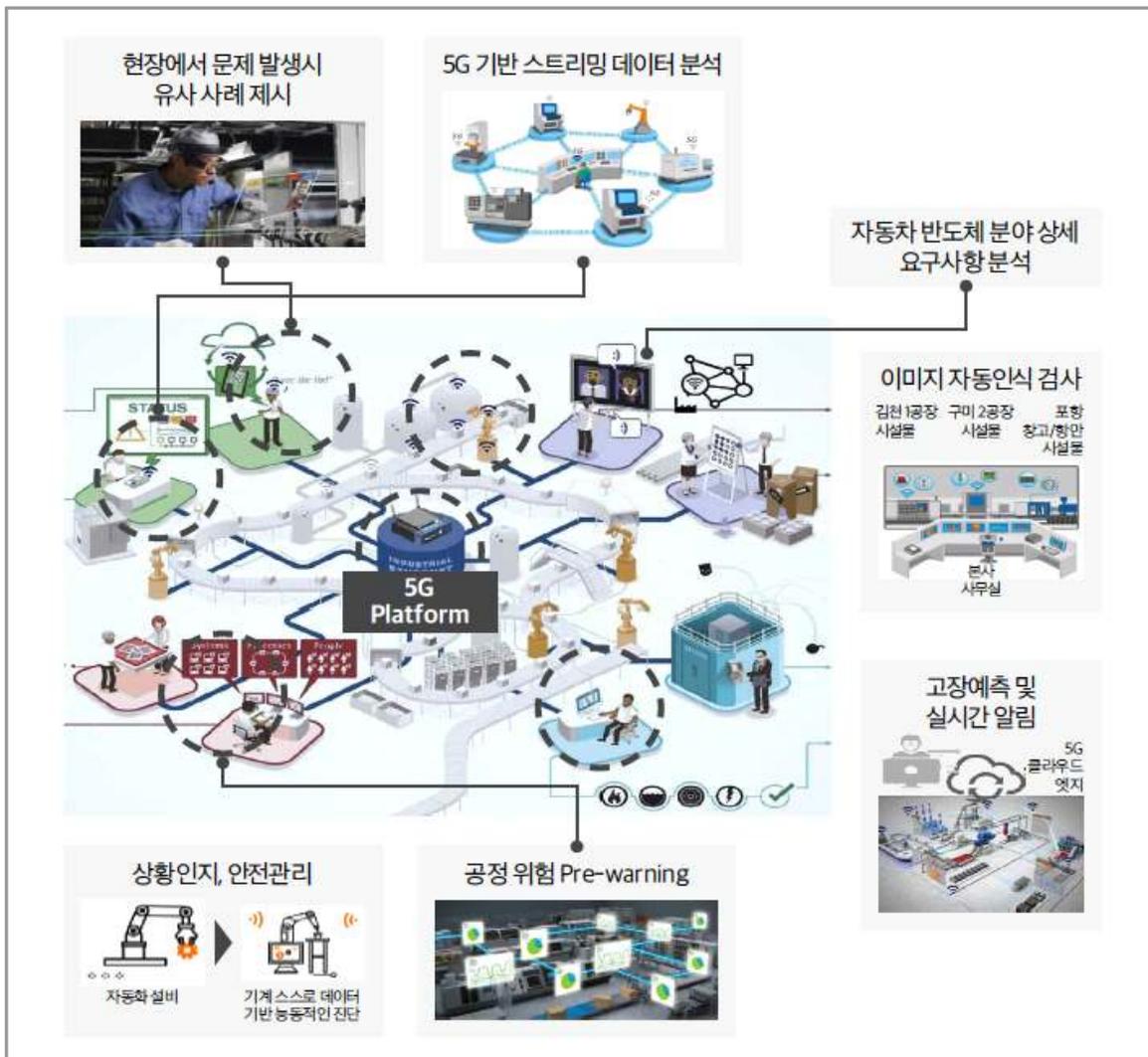
* 출처 : Netmanias(2019), 일본 정부의 5G 확산 전략

- (스마트 공장) 현재 스마트 팩토리 주파수는 정의되어 있지 않으며, 새로운 주파수 (New Spectrum)로서 Study Idea/Issue가 될 것임
 - 산업용 무선통신망으로 802.11(Wi-Fi) 및 802.15.4 기술을 사용하고 있으며, 최근 IEC(International Electrical Commission) 에서 대역폭(80MHz), 주파수 (1.4GHz ~ 6GHz)를 ITU에 제안
 - 독일에서 5G 기반 ICT 기업들이 5G-ACIA(Alliance for Connected Industries and Automation) 구성하였으며('18.4월), 세계 각국의 기업 참여를 통해 5G 기술을

포함한 인터스트리 4.0 기술 고도화를 추진하는 중

- 국내에서도 5G 기반의 '5G-SFA(Smart Factory Alliance)'를 출범시키며 스마트공장 고도화를 위한 본격적 행보를 시작 ('18.12월)
- ※ 5G-SFA는 스마트 공장기술 상호 운용성 규격 기준 및 다양한 비즈니스 모델 논의 등을 위해 SK텔레콤, 에릭슨-엘지, 마이크로소프트코리아, 현대BS&C 등 ICT 기업과 삼성전자, 지멘스 코리아, 오모론코리아, 엔스퀘어, 키엔스 등 운영 기술개발 기업을 중심으로 출범한 단체

(그림-24) 5G가 구현할 미래 스마트공장 모습



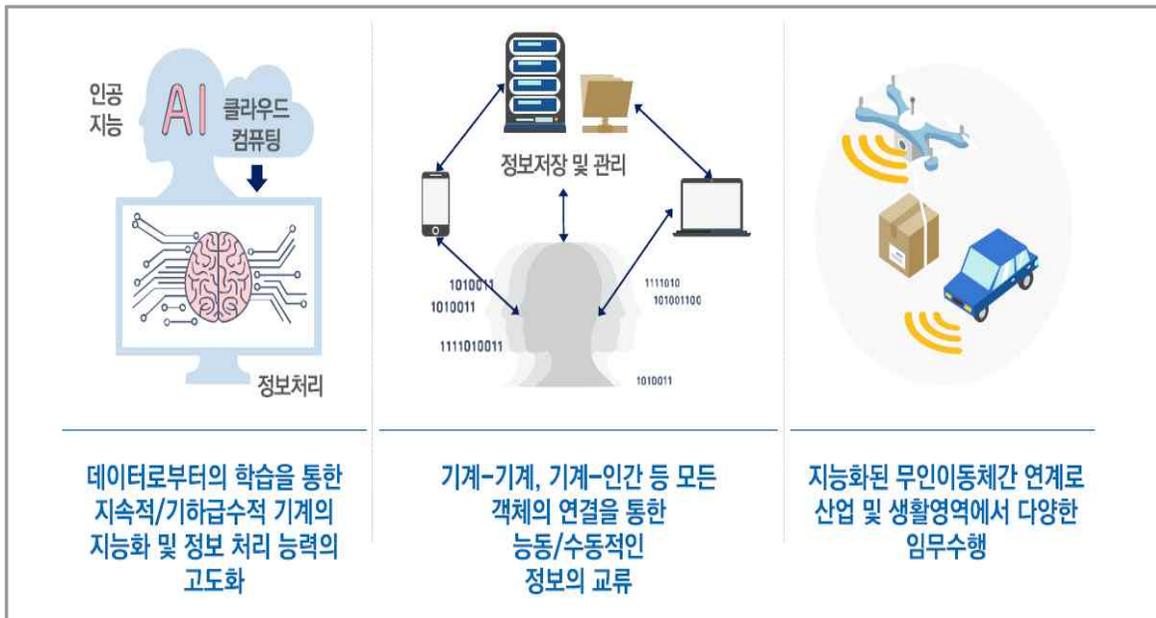
* 출처 : MFG(2019), 5G 데이터 고속도로를 만드는 스마트공장 인프라

- (전파응용 무인이동체) 전파응용 분야의 확대로서 4차 산업혁명 시대에 초연결·초지능 기술혁신을 가장 먼저 적용하여 확산시킬 매개체로 무인이동체를 주목



- 무인항공기(UAV)는 전파를 이용하여 지상에서 원격조종 또는 자율비행하는 것으로 상업적 활용이 늘어나면서 다양한 분야로의 활용가치 증대
- 자율주행차 주행의 안전과 차량 내 대용량 고속 데이터 전송 및 V2X 통신을 위한 기술 개발이 활발하게 추진

(그림-25) 전파응용 확대로서 무인이동체



* 출처 : 항공우주연구원(2018), 무인이동체 제어 편의성과 활용성 향상을 위한 HMI 기술

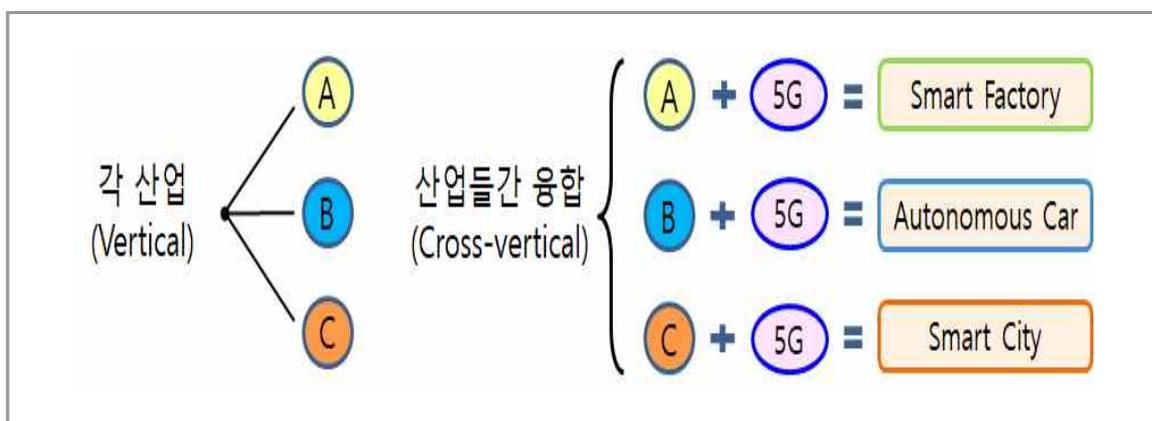
IV 핵심가치 및 시사점

1 핵심가치

가. 유망시장 영역

- (전파의 범용화) 전파자원이 산업, 생활, 공공 등 사회경제 전 분야에서 광범위하게 활용
 - 전파의 이용이 범용화되고 전파의 활용 범위가 방송·통신산업 외에 다양한 분야로 확장하는 추세이며, 전파응용설비 허가제도의 간소화를 통해 산업 생태계를 활성화
 - 전파의 수요가 다양한 ICT 융합산업 분야로 다원화되어 새로운 경쟁관계를 형성하고 있으며, 혁신적인 전파 활용으로 초연결 지능화 사회로 진입
- (5G Vertical) 5G 성공 여부는 5G Vertical이 견인할 것으로 예상
 - 5G 차별화 요소는 Vertical Market에 있으며, 이에 대한 비즈니스 모델 확충에 집중
 - 5G Vertical은 5G와 각 산업들 간의 융합(Cross-vertical) 또는 융합서비스를 의미

(그림-26) 5G Vertical 개념



- (5G 주파수 추가 공급) 앞으로 신규 주파수가 추가로 할당되면 5G 인프라를 이용한 융합서비스의 활성화로 관련 시장의 규모도 지속 성장할 것으로 전망



- 현재 국내 5G 주파수는 2680MHz폭 할당되었으며, '26년까지 최대 2,510MHz폭을 신규 확보하여 현재의 2배 수준으로 확대 예정 (現 2,680MHz폭 → 5,190MHz폭)
- 6GHz 이하에서는 이미 공급한 5G 주파수 3.5GHz 인접대역에서 연속된 광대역 주파수 공급 및 재활용 등을 510MHz폭 확보 예상
- 24GHz 이상에서는 WRC-19에서 논의 예정인 고대역 12개 후보대역을 중심으로 주파수 공급 여건을 고려하여 최대 2,000MHz폭 추가 확보
- **(5G 비즈니스 생태계 변화추세)** 5G는 서비스뿐 아니라 다양한 종류의 수직계열, IoT, 디지털 솔루션 연결로 모바일 가치사슬 개방 및 외곽주도형 생태계로 변화
 - 기존 배타적 주파수 이용권에서 공유주파수 대역의 운영 확대 예상
 - 특정 위치(학교, 병원, 경기장, 플랜트, 쇼핑몰)는 매크로에서 소형 셀 전환이 중요
 - 다수의 지역 마이크로 사업자 출현을 통해 기존 MNO를 보완하는 맞춤형 서비스 제공이 필요
 - 지역 사업자를 위한 맞춤형 네트워크 임대 및 지역 주파수 면허제 도입으로 저렴한 비용으로 신속한 5G 도입 촉진
- **(융합 신산업 창출)** 5G 융합 신산업 창출을 위해 5G와 연계하는 비면허 주파수의 중요성이 부각되고 있으며, 비면허 주파수 공급 확대 및 기술규제 개선 추진
 - 자율주행차, 스마트공장 등 5G 융합서비스는 5G뿐만 아니라, 레이더·센서 등 다양한 기술이 복합적으로 구성
 - 자율주행차는 '두뇌'에 해당하는 AI가 판단·제어 기능을 수행하고, '눈'에 해당하는 센싱(라이더, 레이더, 카메라 등)과 차량통신(V2X)이 상황인지 기능을 수행
 - 스마트공장은 정보를 수집·전달하는 디바이스(센서, 로봇 등) 및 네트워크 플랫폼, 제조 과정을 실행하는 SW 어플리케이션으로 구성
- **(비면허 대역 5G NR-U)** 3GPP 5G Phase2(Release16) 에서의 융합기술 표준화를 통해 5G 발전 방향 및 시장을 확대할 것으로 예상
 - 5G는 단순 데이터나 음성을 전송하는데 그치지 않고 다양한 산업별 융합 기술을 지속 추가하면서 4차 산업혁명 주도
 - Connected Vehicle, Smart Factory 등 NR 기술을 활용한 B2B 시장 확대
 - NR-U, Vertical LAN 등을 활용하여 기업 및 개인 네트워크 서비스를 제공

< 표-22 > 5G Phase-2 addressing more on verticals

Connected Vehicle	<ul style="list-style-type: none"> • NR V2X (NR Vehicle-to-Everything) • eV2XARC (5GS enhancements for 3gpp support of advanced V2X services) • mV2X (V2X Media Handling and Interaction)
Smart Factory	<ul style="list-style-type: none"> • NR IIoT (NR Industrial Internet of Things) • NR eURLLC (NR PHY enhancement for URLLC) • 5G URLLC (Enhancement of URLLC supporting in 5GC)
Enterprise/Private Network	<ul style="list-style-type: none"> • NR-U (NR-based Access to Unlicensed Spectrum) • Vertical LAN (5GS enhanced support of Vertical and LAN Services)
Others	<ul style="list-style-type: none"> • CIoT5G (5GS Cellular IoTsupport) • NR-NTN (NR Non-Terrestrial Network) • IAB (NR Integrated Access and Backhaul)

* 출처 : 삼성전자(2018), 5G The trigger for verticals (5G Vertical Summit)

나. 활용 및 융합의 핵심가치

- **(전파자원의 적기적량 공급)** 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
- **(전파의 역기능 해소)** 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
- **(소재부품 공급)** 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



- **(전파응용 기술)** 미래 사회의 변화로 전파 기반 서비스 이용자의 욕구가 다양해짐에 따라, 이를 위한 서비스를 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
- **(전파의 융합화 및 확대)** 전파 센싱, 에너지전송 등 융합 전파산업이 확산 중이며, 더 나아가 지능화 기술이 접목된 새로운 제품·서비스 창출 예상
 - 주파수 공동사용 및 미개척 주파수 발굴을 통한 효율성 강화 기술로 발전
 - 비면허 5G, 밀리미터파 5G 등 주파수 이용 관련하여 3GPP 국제 표준 진행 중
 - 면허/비면허 공동사용 등 주파수 자원의 효율적 사용 기술과 테라헤르츠파, 적외선, 가시광선 등 새로운 주파수 자원을 확보하는 기술 병행 개발

2 시사점

- **(선 동향분석, 후 R&D 전략)** 희소한 전파자원을 효율적으로 이용하기 위해 ITU의 국제조약 및 국가별 중장기 주파수이용계획을 수립하여 정책방안을 마련하고 있음
 - 전파의 물리적 특성으로 인해 전파기반, 전파응용, 전파자원·환경 등 분야별 전파 자원의 개발은 독자적으로 수행하기 어려우며, 주요국의 전파정책 및 기술동향 파악이 우선 요구됨
 - 미국, 유럽, 중국 등 지역별 이해관계 및 자국의 주파수 이용현황에 따라 정책방안이 다르며, 산업별 특성 및 목적에 맞게 표준화기구, 얼라이언스, 컨소시엄 등을 적절히 구성하고 활용하여 추진
- **(수요증가에 따른 효율성 및 인프라 측면)** 전파자원의 무선 인프라와 응용서비스 주파수 수요가 함께 증가함에 따라, 주파수 효율 증대 및 미개척 주파수 발굴을 통한 효율성 강화 기술로 발전
 - 스마트 정보기기 보급이 급증하고 초연결 사회로의 진입이 가속화됨에 따라, 기기의 고성능화 및 대용량 콘텐츠 확산으로 언제 어디서나 이를 효율적으로 전송하기 위한 주파수 효율성 증대 기술의 필요성 증가
 - 면허/비면허 공동사용 등 주파수 자원의 효율적 사용 기술과 테라헤르츠파, 적외선,

- 가시광선 등 미개척 주파수 발굴을 통한 주파수 자원을 확보하는 기술 병행 개발
- 스마트시티, 스마트팩토리, 무인이동체(드론·자율주행), 실감형 콘텐츠(AR, VR) 등 혁신 응용서비스 도입에 필요한 새로운 주파수 수요에 대응
- **(융합 전파산업의 확산)** 전파 센싱, 에너지 전송 등 융합 전파산업이 확산 중이며, 더 나아가 지능화 기술이 접목된 새로운 제품·서비스 창출 예상
- 미래지향적 기술개발뿐 아니라 전파의 활용 분야 확대를 위한 연구도 추진
 - 주파수 활용영역 확장을 위해 밀리미터파/테라헤르츠 대역 기술개발 및 주파수의 효율적 사용을 위해 주파수 공유기술 개발 필요
 - 센싱/이미징/에너지전송 등의 응용 분야가 확대 중이며, 전기자동차 모델의 무선 충전시스템 및 자율주행 차량을 위한 밀리미터파 레이다 센서 제공 등 필요
- **(5G Vertical 강화)** 5G 주파수 공급확대 및 다양한 종류의 디지털 솔루션과 연결되는 비즈니스 생태계 변화를 고려할 때, 5G Vertical 중심의 기술개발 전략 필요
- 5G는 단순 데이터나 음성을 전송하는데 그치지 않고 다양한 산업별 융합 기술을 지속 추가하면서 4차 산업혁명 주도
 - 전파진흥기본계획, 5G 플러스 전략, 5G 스펙트럼 플랜 등의 추진으로 신규 주파수가 추가로 할당되면 5G 인프라를 이용한 융합서비스의 활성화로 관련 시장의 규모도 지속 성장할 것으로 전망
 - 3GPP 5G Phase2(Release16) 에서의 융합기술 표준화를 통해 5G 발전 방향 및 시장을 확대할 것으로 예상



참고문헌

◆ 국내자료

- 「무선 통신서비스 통계 현황」, 과학기술정보통신부, 2019.
- 무인이동체 제어 편의성과 활용성 향상을 위한 HMI 기술, 항공우주연구원, 2018.
- 일본 정부의 5G 확산 전략, Netmanias, 2019.
- 「정보통신·방송 연구개발 관리규정」 고시 제2019-10호, 과학기술정보통신부, 2019.
- 제3차 전파진흥기본계획(2019~2023), 과학기술정보통신부, 2019.
- ICT 기술수준조사보고서, IITP, 2017.
- ICT 표준화전략맵, TTA, 2018.
- ICT R&D 기술로드맵 2023, IITP, 2018.
- 「K-ICT Spectrum Plan」, 과학기술정보통신부, 2017.
- 5G 데이터 고속도로를 만드는 스마트공장 인프라, MFG, 2019.
- 「5G 플러스 전략」, 과학기술정보통신부, 2019.
- 5G The trigger for verticals (5G Vertical Summit), 삼성전자, 2018.



◆ 국외자료

Defining closed-loop AI mechanisms for network management, ESTI ISF ENI, 2018.

Federated wireless, 2018.

Mobility Report, Ericsson, 2019.

ITU, 2019.

Spectrum Toolbox Survey: Evolution towards 5G, CROWNCOM, 2016

Statista, 2018.

VNI, CISCO, 2019.

3GPP specification series : 38 series, 3GPP, 2019.

◆ ETRI 내부자료

ETRI 중장기 기술개발계획 2025, ETRI 미래전략연구소, 2018



저자소개

장재혁 ETRI 미래전략연구소 기술경제연구본부 통신정책연구그룹 선임연구원
e-mail: sapaha@etri.re.kr Tel. 042-860-5125

그 외 도움주신 분들

이성준 ETRI 기술경제연구본부 통신정책연구그룹 그룹장

전파자원 개발 및 활용

발행인 한 성 수

발행처 한국전자통신연구원 미래전략연구소 기술경제연구본부

발행일 2019년 6월 25일



www.etri.re.kr

ETRI 한국전자통신연구원 미래전략연구소

34129 대전광역시 유성구 가정로 218
TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504

