KCA연구2020

전파산업 및 미래 경제적 가치에 관한 연구

(최종보고서)

2021. 03.

한국방송통신전파진흥원

연구수행기관 : **한국전자파학회**

이 보고서는 한국방송통신전파진흥원의 출연에 의한 재정지원으로 이루어졌으며, 한국방송통신전파진흥원의 의견과 다를 수 있습니다.

제 출 문

한국방송통신전파진흥원 귀하

본 보고서를 “전파산업 및 미래 경제적 가치에 관한 연구”과제의 보고서로 제출합니다.

2021. 03.

연구책임자 : 박 용 배

연 구 원 : 윤 대 영

연 구 원 : 허 준

연 구 원 : 전 혜 영

요 약 문

□ 본 연구과제는 제4차 산업혁명 시대에서 급격히 확장되고 있는 전파 분야를 포괄할 수 있는 광의적 전파 범의/개념 정의안을 제안함.

□ 또한 그에 따른 전파정책 수립을 위해 정의된 광의적 전파 범위/개념에 따른 분야별 경제적 가치 산출에 필요한 산출모델을 조사/분석하고자 함.

□ 본 보고서에서는 광의적 전파 범위/개념 정의안을 제안하고, 전파 이용 산업 시장 규모 예측에 필요한 주요 동향을 파악 및 분석하였고, 전파 분야 경제적 가치 산출 모델 조사 및 분석에 대한 내용을 다룸.

□ 전파 응용 확대:

❍ 전파산업은 방송에서 시작하여 무선통신을 거쳐 센싱(레이다), 에너지 전송으로 활용 범위가 급격히 확대되고 있음

❍ 전파는 과거 인프라 구축인 원거리 응용에서 근거리(스몰셀 등) 다중 접속으로 경향성이 바뀌고 있음

❍ 전파의 신산업으로 전파의 파동의 반사와 투과 특성과 에너지 전달 특성을 이용하여 의료 분야 활용이 늘어나고 있음

❍ 센싱(레이다) 분야 전파응용은 과거 군용에서 산업생활로, 고출력에서 저출력, UHF 대역 저해상도에서 mmWave 대역의 고해상도, 타켓 물리정보(위치, 속도, 방향)에서 미세움직임이나 심리상태 분석으로 확대되고 있음

□ HW 혁신 지속:

❍ HW 혁신은 정밀가공, 반도체 집적도 향상으로 과거 6 GHz미만에서 mmWave 대역으로 주파수 활용범위 확대되고 있음

❍ mmWave 대역의 전파활용을 위해 도전적 문제 해결을 위해 빔 포밍(주로 높은 대역), MIMO (주로 낮은 대역)을 적용하고, 원천적 소재가공 기술 개발 필요

□ SW/지능화 중심:

❍ 전파산업은 과거 HW 중심으로 형성되었으나 타 산업과 유사하게 2000년대 중반 이후 SW 지능화화 변화하고 있음.

❍ HW는 SW를 구동하기 위한 플랫폼화된 형태로 개발되는 경향이 있음

□ 군집/네트워크화:

❍ 과거 HW 기술 성숙으로 디바이스 수가 늘어나면서 디바이스를 네트워킹함으로써 성능을 개선하는 다양한 사례가 출연하고 있음

❍ 지상망 통신 인프라 구축의 경제성 한계로 최근 글로벌 서비스를 위한 저궤도 군집형 위성 산업 시대가 도래하고 있음

□ “전파핵심산업”은 국내/외 모두 정체 혹은 더딘 성장이 예측됨

□ 전통적 개념의 전파 핵심 산업 위주의 동향분석으로는 미래 신개념 전파 융합 산업 발전 예측에 한계가 있음

□ 신개념 융합 전파산업에서의 미래 먹거리 발굴과 전파산업 육성을 위해서 전체 전파산업 분야를 아우르는 “전파이용산업”의 카테고리 신설 및 통계조사가 요구됨

❍ 미래 산업에 대비하고 시장의 이해를 위해 전파산업의 정확한 이해와 분석이 요구됨

❍ 전파자원 활용 시장의 확대와 발전을 위해 국가적 차원의 통계 분석과 동향조사가 요구됨

□ 빅데이터에 기반한, 주파수 사용 신청 내역을 분석하면 전체 산업 분야에서의 전파 기여도 분석이 용이할 것임

❍ 국내의 주파수 사용은 국가의 승인이 요구됨

❍ 주파수 사용을 위해 제출한 신청 내역을 분석하여 사용되는 산업, 목적, 기관 등을 분석하여 통계자료를 산출 가능할 것임

□ 이를 기반으로 “전파핵심산업”과 “전파이용산업”의 동향분석을 위한 통계가 제공되어야 한다고 본 보고서에서 주장함

○ 전파핵심산업의 분석은 지속적으로 연구개발 기술분류를 갱신하며 현행과 같이 통계조사 및 원인 분석이 요구됨

○ 전파이용산업의 분석은 4차 산업혁명 시대에 대두된 전파 활용산업의 시장규모 분석과 발전 가능성, 향후 출현할 신산업들에 대한 예측과 이해를 요구함.

□ 전파 기술의 경제적 가치를 추정하는 데에 있어서 활용할 수 있는 경제학적 이론을 검토함

□ 구체적으로 경제성장 이론을 이용하여 전파의 경제적 가치를 추정하는 방법론을 논의함

□ 기본적인 경제성장 모형 하에서 전파의 가치는 산출물로서의 가치, 생산요소로서의 가치 그리고 기술로서의 가치로 구분할 수 있음

□ 따라서 세 종류의 전파의 가치를 추정하기 위해서는 각기 다른 방법론을 적용해야 함

□ 이러한 방법론을 선정하는 데에 있어서 일반적인 기술과 경제성장의 관계로부터 시사점을 도출할 수 있음

□ 우선 현재 기술 개발을 하기 위해서는 현재의 산출을 포기해야 하는 상충관계가 존재함

□ 또한 기술 개발의 속성으로 인해 향후 기술 진보의 속도가 둔화될 가능성이 있는 반면, 기술 개발 인력이 확대됨에 따라 기술 진보 속도가 더 빨라질 가능성도 동시에 존재함

□ 장기적으로 전파 분야의 기술 개발로 인한 생산성 증가가 전체 경제성장에 미치는 효과는 전파 분야와 다른 분야와의 관계가 보완적인지 대체적인지에 따라 달려 있음

목 차

제 1 장 연구목적 및 방법, 추진계획 대비 실적 진도

제 1 절 연구목적 및 방법

제 2 절 추진계획 대비 실적 진도

제 2 장 연구수행내용

제 1 절 광의적 전파 범위/개념 정의

1. 전파기술 진화와 ICT · 사회 공진(共進)화
2. 전파기술을 가속시키는 ICT 3 구동력(Driving Force)
3. 전파기술 트랜드와 미래상
4. 요약

제 2 절 전파이용산업 동향분석

1. 서론
2. ICT 주요품목 동향조사
3. 전파자원의 개념 및 범위
4. 전파 관련산업 시장 분석
5. 전파 이용산업 동향 분석의 지향점
6. 요약

제 3 절 전파분야 경제적 가치 산출모델 조사/분석

1. 서론
2. 경제성장론 개요
3. 전파의 경제적 정의와 가치 추정 방안
4. 기술과 경제성장
5. 요약

제 4 절 전파분야 전문가 연구반 구성/운영

제 3 장 결론

제 4 장 연구결과가 도출된 참고자료

제 1 장 연구 목적 및 방법, 추진 계획 대비 실적 진도

제 1 절 연구목적 및 방법

□ 본 연구과제는 초연결/지능화 사회를 지향하는 제4차 산업혁명 시대에서 급격히 확장되고 있는 전파 분야를 포괄할 수 있는 광의적 전파 범위/개념 정의안을 제안하고, 그에 따른 전파정책 수립을 위해 정의된 광의적 전파 범위/개념에 따른 분야별 경제적 가치 산출에 필요한 산출모델을 조사/분석하려 함.

□ 연구의 내용 및 범위를 구분한 내용은 표 1과 같음.

표 1 연구 내용 및 범위

연구 내용	연구 범위
광의적 전파 범위/개념 정의안 제안	- 기존 관련 자료 조사/분석 - 전파분야의 시대적 여건 변화 요인 조사/분석, 현황 파악 - 광의적 전파 범위/개념 정의안 도출
전파이용산업 시장 규모 예측에 필요한 중요 동향 파악 및 분석	- 전파핵심산업 현황 및 성장 추이 - 전파이용산업의 범위(분야) 및 성장 추이 - 전파이용산업 시장 규모 예측에 필요한 중요 동향 파악 및 분석(안) 도출
전파분야 경제적 가치 산출모델 조사/분석	- 기존 전파분야(산업) 관련 자료 조사/분석 - 경제적 가치 산정 관련 기법/모델 조사/분석 - 도출된 광의적 전파 범위/개념 정의안에 적합한 경제적 가치 산정 항목 검토/선정
전파분야 전문가 연구반 구성/운영	- 구성 : 발주기관/주관기관/과기정통부 관계자, 전파분야 종사자, 정출연 연구원, 전파분야를 경제적 관점에서 분석할 수 있는 경제학자 등 - 관련 전문가 초청 세미나 및 자문을 통한 과제 수행에 필요한 전문지식 습득 및 전파 - 정책워크숍을 통한 외부 의견 수렴 및 연구내용 홍보 (1회/년)

제 2 절 추진계획 대비 실적 진도

□ 본 연구과제의 추진계획 대비 실적 진도는 표 2와 같음. 점선은 계획을, 실선은 실적진도를 의미함.

표 2 추진계획 대비 실적 진도

연구 내용	추진 일정(개월)					
	1	2	3	4	5	6
광의적 전파 범위/개념 정의안 제안	┅ ━	┅ ━	┅ ━	┅ ━		
전파이용산업 시장 규모 예측에 필요한 중요 동향 파악 및 분석		┅ ━	┅ ━	┅ ━		
전파분야 경제적 가치 산출모델 조사/분석		┅ ━	┅ ━	┅ ━	┅ ━	
전파분야 전문가 연구반 구성/운영	┅ ━	┅ ━	┅ ━	┅ ━		
최종보고서 작성						┅ ━

□ 본 보고서에서는 광의적 전파 범위/개념 정의안 제안, 전파이용산업 시장 규모 예측에 필요한 중요 동향 파악 및 분석, 전파분야 경제적 가치 산출모델 조사/분석에 대한 내용을 다루며, 상세한 내용은 제 2 장에서 기술함.

제 2 장 연구 수행 내용

제 1 절 광의적 전파 범위/개념 정의안 제안

1. 전파기술 진화와 ICT · 사회 공진(共進)화 ··· 10

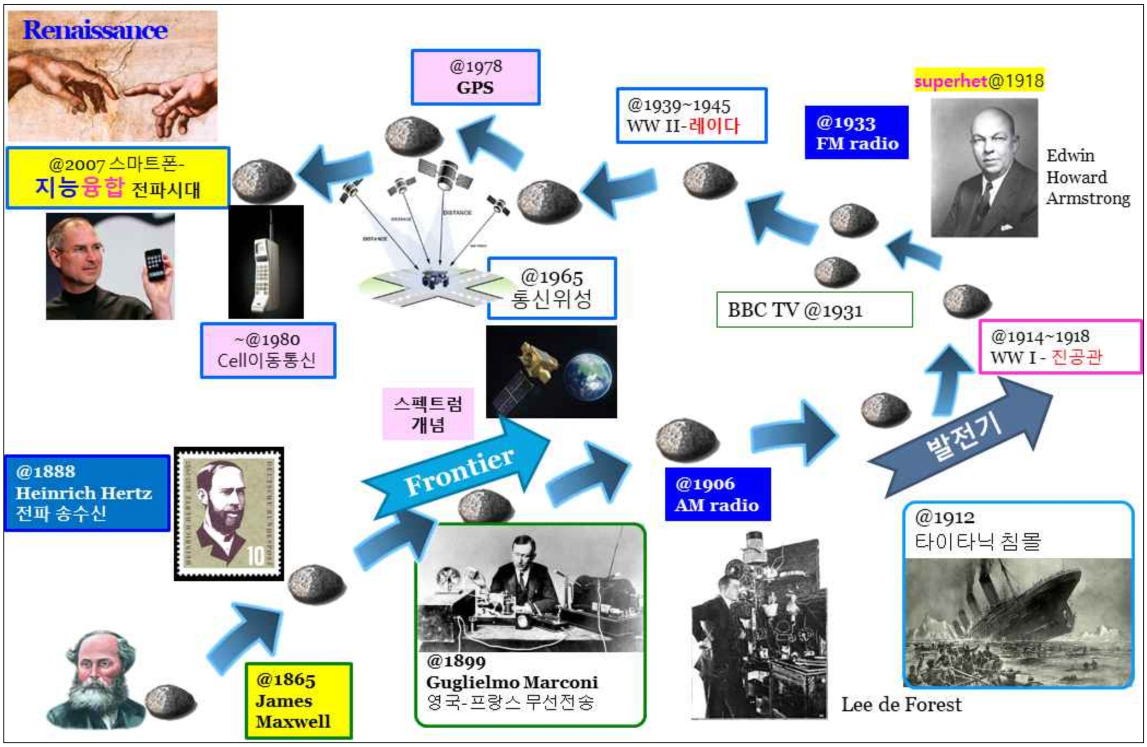
2. 전파기술을 가속시키는 ICT 3 구동력(Driving Force) ··· 15
   2-1. Moore의 법칙
   2-2. Metcalfe의 법칙
   2-3. 컴퓨팅 파워 가속과 AI 등장

3. 전파기술 트랜드와 미래상 ··· 21
   3-1. 방송 · 통신의 시대를 넘어
   3-2. Tesla가 꿈꾸었던 세상-무선 전력/에너지 전송
   3-3. 전파 신대륙을 찾아서-전파를 활용한 의료분야
   3-4. 지속되는 Moore의 HW 혁신
   3-5. 비면허/mmWave 대역, 버려진 돌이 모퉁잇 돌이 되어
   3-6. Networking의 힘!
   3-7. New Space 시대의 서막이 오르다
   3-8. if(전파 + 지능), -->
   3-9. 지금까지 이런 레이다는 없었다!

제 4 장 요약 ··· 48

1. 전파기술 진화와 ICT · 사회 공진(共進)화

전파기술 역사 및 이정표



o 전파기술 Mile stone

- **(Maxwell 방정식의 기술적 의미)** 전기장과 자기장에 관한 4개의 편미분 방정식과 자기장내에서 힘을 기술하는 Lorentz 힘의 방정식으로 맥스웰 이전 혹은 동시대의 수많은 전자기 실험적 현상을 수학적으로 정리함으로써 전파기술 발전의 토대가 마련됨
- **(Guglielmo Marconi의 전파 통신)** Heinrich Hertz의 임펄스 방식의 불꽃 방전의 송수신을 통해 전파의 정보전달 가능성을 확인 후 주파수 스펙트럼을 개념을 도입하고 전파를 통한 장거리 송수신장치를 고안하여 본격적인 전파기술 산업(상업화)을 개척
- **(타이타닉호 사건)** 1912년 4월 1523명 사망이라는 해운사상 최악의 사건이라 할 수 있는 타이타닉호 참사는 전파기술의 대중화를 알린 사건. 이전까지 신비의 영역이었던 대서양 한 가운데에서 일어난 사건이었지만 전파를 이용하여 사건발생 1시간 만에 뉴욕타임즈에 사건을 알리는 기사가 실리고 또한 바다 한 가운데서

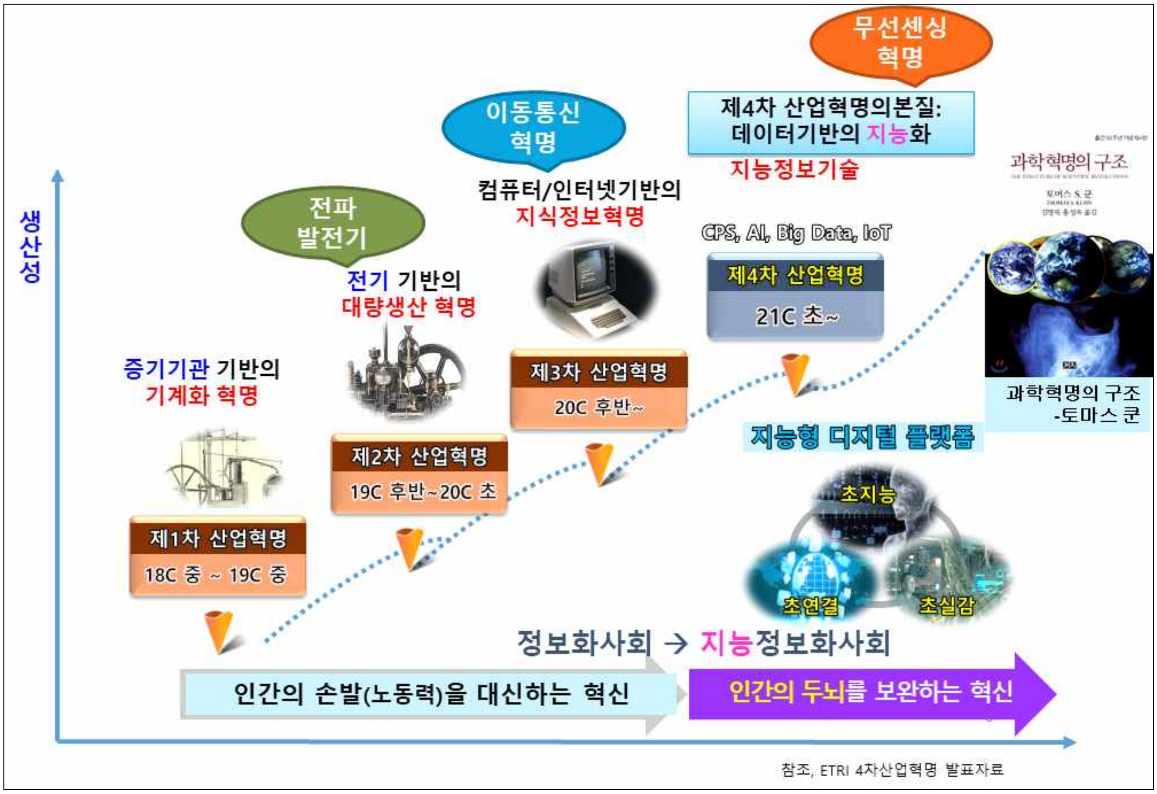
전파를 통한 조난 신호로 700여명을 구조할 수 있었음

- **(2차 세계대전과 레이다 기술)** 타이타닉 참사 후 진공관, 수퍼헤테로다인 수신기, 전파신호 변조기술의 발전 등을 통해 전파기술은 본격적인 발전기에 접어들어 군통신과 레이다가 개발되었고, 2차 세계대전은 전쟁에 전파기술을 경쟁적으로 적용하여 상호 경쟁을 통해 급격한 전파기술의 발전을 이룸
- **(정지궤도 통신 위성)** GEO(Geostationary Orbit) 위성의 아이디어는 1928년 Herman Potonik에 의해 처음 제안되었고 1945년에 SF 작가 아서 C. 클라크에 의해 통신위성 궤도가 발표된 이후 1965년에 통신용 정지궤도 위성이 이용되기 시작함. 위성은 전파를 통해 지구상 어느 곳에서도 통신이 가능한 시대가 도래함을 알림. 이후 전파통신은 아폴로 프로젝트 등 우주 프로젝트를 통해 우주로 까지 활용 범위가 넓어짐
- **(이동통신)** 군을 중심으로 발전한 이동통신이 1980년부터 민간 영역으로 들어와 1990년대 본격적인 민수 이동통신 산업 시작됨
- **(스마트폰 등장)** 2000년대 초 등장한 스마트 폰은 물리적 HW 중심으로 발전하던 전파기술에 지능화가 본격적으로 적용되기 시작하였고, 이후 4차 산업혁명의 흐름과 더불어 ICT 전 분야에 지능화가 본격 추진됨

o **전파기술 시대 구분**

- **태동기:** Maxwell에 의해 전파 특성의 수학적 모델이 완성되고 이 후 마르코니(Guglielmo Marconi, 1874~1937)가 1897년 마르코니 무선전신회사를 설립되어 본격 상업화 시대를 열렸음. 1912년 타이타닉(Titanic)호 사건을 통해 대중에게 전파기술의 중요성이 인식되기 시작
- **발전기:** 타이타닉 참사 후 전파기술 발전의 가속화를 이루는 시기로 본격적인 방송의 대중화, 레이다, 통신위성, 이동통신 등으로 “언제, 어디서나, 누구와”라는 통신 모토가 기술적으로 이루어진 시기
- **지능형 전파산업 태동:** 스마트 폰 이후 AI의 급속한 발전, 4차 산업혁명 시대의 도래로 전파산업 전반이 지능화, Networking화를 통해 지능・SW융합으로 전환하여 발전하고 있는 시기

산업혁명 속 전파기술



o 산업혁명

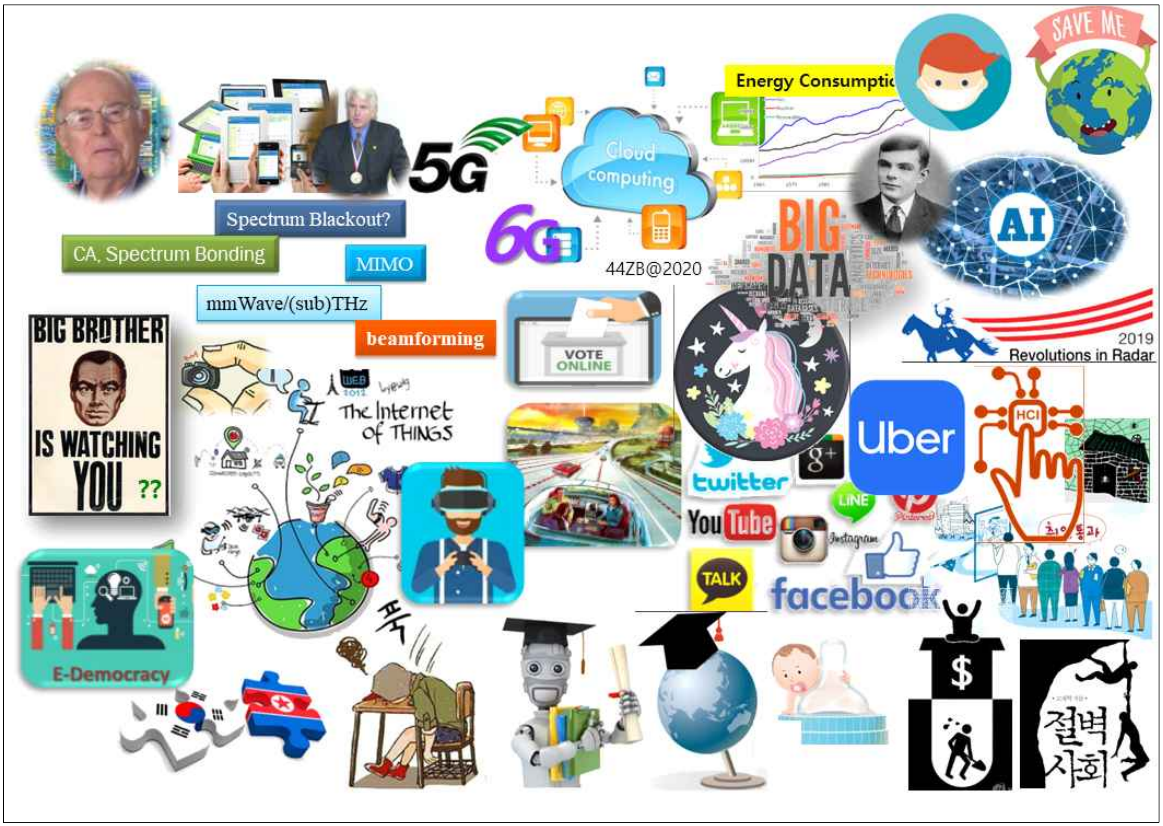
- (1차 산업혁명) 18세기부터 약 100년간 영국에서 진행된 산업혁명은 증기기관을 통해 인간의 노동을 기계가 대신하는 기계화 혁명
- (2차 산업혁명) 19세기 후반부터 20세기 초까지 진행된 산업혁명은 전기를 통한 생산 혁명으로 전기의 한 형태인 전파기술의 태동과 밀접한 관련이 있음
- (3차 산업혁명) 20세기 후반에 본격적으로 보급된 컴퓨터와 인터넷을 통한 지식정보화 혁명으로 지식의 유통, 저장 등 사이버 세계의 탄생
- (4차 산업혁명) 3차 산업혁명의 고도화 결과로 야기된 대량의 정보, 신호처리, 가상세계, 초연결 망 등이 고도로 발전하는 시기로 핵심은 AI의 기술 특이점

o 산업혁명과 전파산업

- (2차 산업혁명과 전파) 전기모터의 원리인 전자기 유도법칙(패러다이 법칙)에 의해 산업화에 기여하고 전기의 본격적인 활용은 전파의 태동기를 넘어 본격적인 발전 시기를 맞이함
- (3차 산업혁명과 전파) 컴퓨터와 인터넷의 보급은 가장 중요한 정보요소인 인간의 음성을 언제, 어디서나, 누구와도 통화가 가능한 무선 이동통신의 발전을 가속함

- (**4차 산업혁명과 전파**) 4차 산업혁명의 핵심 키워드인 CPS는 실제 세계와 사이버 세계의 결합을 의미한 것으로 현실 물리 세계와 사이버 가상 세계간의 연계가중요한 요소로 향후 전파의 통신요소 뿐만 아니라 레이다(센싱) 요소의 확대를 의미

복잡계: 기술과 사회의 공진화



o (ICT) 기술과 사회

- (**복잡계※**) 과학기술은 사회의 모든 시스템에 영향을 주고, 역으로 중세 르네상스 시대처럼 사회의 문화와 시스템 또한 과학기술 발전에 큰 영향을 줄 수 있음. 이처럼 수많은 요인들이 복합적이고 유기적으로 영향을 주고받으며 기술진보와 사회변화가 일어남

  ※ (복잡계) 사전적 정의는 자연계를 구성하고 있는 많은 구성성분 간의 다양하고 유기적 협동현상에서 비롯되는 복잡한 현상들의 집합체로 자연과학, 경제학, 생명과학 뿐 아니라 최근 인문 사회학 분야에서도 이를 도입하여 다양하고 복합적인 현상을 다룸

- (**기술과 사회의 공진화※**) 동시대의 여러 기술들과 사회 시스템 또한 상호 유기적 연관성을 가지고 함께 진보가 일어나는 공진화가 진행되고 있음

※ (공진화, 共進化 co-evolution) P. R. Ehrlich와 P. H. Raven(1964)에 의해 생명과학에서 나온 용어로 복수의 종이 서로 생존이나 번식에 영향을 미치면서 진화하는 현상. 포식자와 피식자, 기생자와 숙주, 경쟁자끼리의 공진화에서는 한쪽 종의 적응적인 진화가 다른쪽 종의 대항적인 진화를 일으킴. 또한 공생자끼리의 공진화에서는 한쪽 종의 적응적 진화가 다른 쪽의 협조적인 진화를 일으킴

o 복잡계 속 ICT 기술과 사회 공진화

- **(반도체 집적도와 환경문제)** 복잡계 속에서 기술과 사회가 공진화가 진행되고 상호 연관 관계를 주고받는 단편적인 한 예로 Moore법칙과 사회변화 연관성을 살펴봄: 반도체 집적도의 가속화로 건물 크기의 컴퓨터가 손에 쥘 수 있는 모바일 이동 단말로 진화하고, 이동 단말의 수적인 팽창은 데이터 전송의 폭증과 초대형 데이터센터 건설, edge/cloud computing의 기술과 Big Data 생산으로 이어지고, 부가적으로는 전력 수요 급증으로 전력생산시 발생하는 이산화탄소와 미세먼지 등 환경문제와 연결 고리가 존재함
- **(AI 등장)** 빅데이터의 처리는 AI 기술 수요로 이어지고 또한 AI의 발전으로 매시브 IoT 망의 가능해지고, 이로 인해 결과적으로 더 많은 데이터 처리 필요성이 등장. 빅데이터의 처리와 접근의 독접으로 정보 격차와 부의 격차로 이어져 약자층은 취업난과 이어진 저출산 문제 등 사회 구조적 문제가 진행될 수 있음
- **(직접민주주의 제도와 독재)** ICT의 발전은 모든 사회 구성원이 직접적인 의사표시가 가능한 직접민주주의에 대한 사회 변혁으로 이어짐. 역설적으로 ICT에 의한 정보 독점으로 빅브라더(독재자)가 등장할 우려가 있음
- 이처럼 현대는 독립적인 기술 발전으로 인한 기술주도 사회가 아닌 다양한 기술과 사회 변화에 유기적 연관관계 속에서 하나의 기술을 종합적으로 바라봐야 함. 특히 2000년 중반에 등장한 스마트 폰 이후 전파기술도 그간의 HW중심이 아닌 SW 지능중심으로 발전하면서 산업생활, 사회, 인류 문제 해결의 수단으로 R&D가 일부 진행되고 있음

o 지능형 디지털 전환

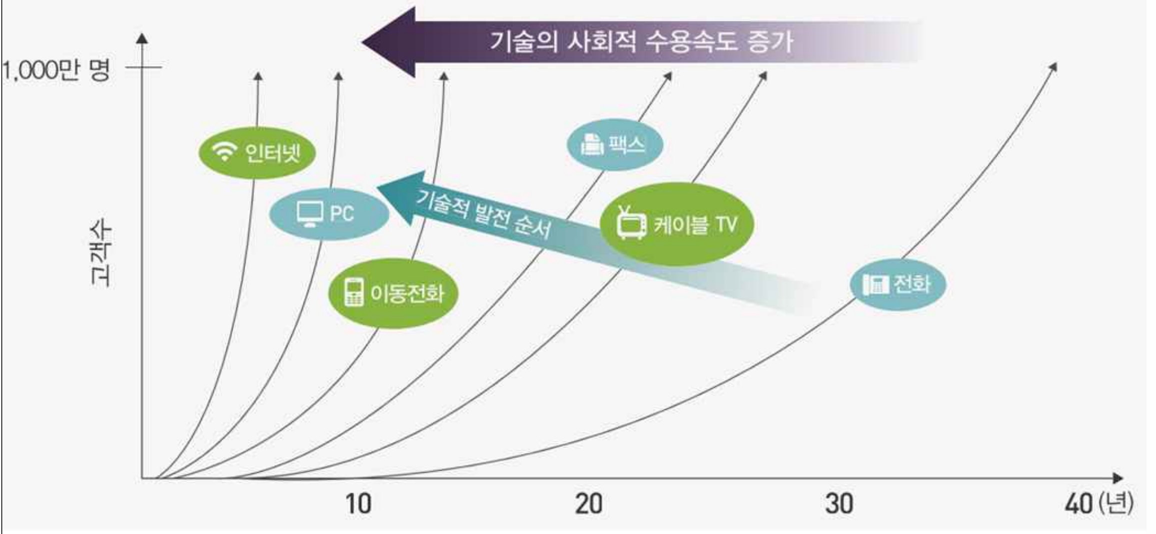
- **(디지털 전환)** 전파기술을 포함하는 ICT 기술(5G/6G, 인공지능, 정보보안, IoT, 클라우드/빅데이터, 자율차/드론, 지능형 로봇, 블록체인 등)은 다양한 기술간 공진화를 통해 발전하고 있고 사회 전반에 디지털 전환※을 가속시키고 있음

  ※ (디지털 전환) 디지털 신기술을 활용하거나, 기존의 물리적 영역에 디지털 요소를 결합·적용하여 사회 분야 및 기업 환경에 대해 선제적으로 대응하는 활동을 의미 - A. T. Kearney, 2016

2. 전파기술을 가속시키는 ICT 3 구동력(Driving Force)

2-1. Moore의 법칙

기술 가속 사회



출처: 기술이 세상을 바꾸는 순간, 미래창조과학부

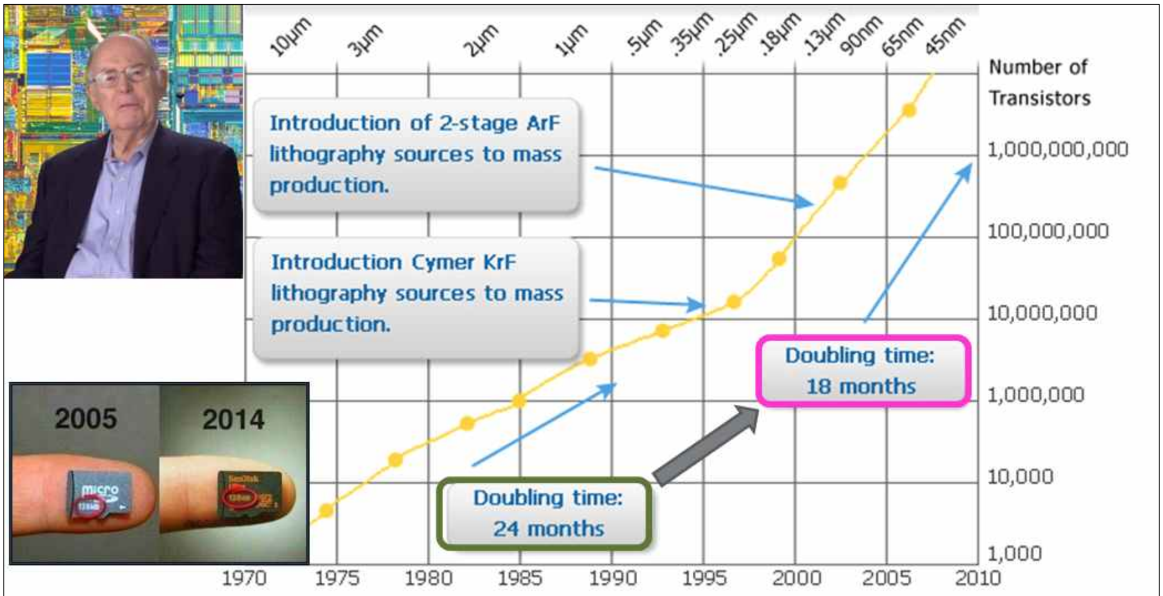
o **신기술 수용 속도의 변화**

- **(신기술 수용 속도)** 새로운 발명품이 등장한 후 그 발명의 사회 적응 시간이 짧아지고 있음
- 과거 전화기가 국내에서 1000만명에게 보급되는데 약 40년이 걸렸지만, 비교적 최근에 등장한 인터넷 가입자 1000만명은 4년밖에 걸리지 않았음
- ICT 기술 발전은 순차적으로 정보유통의 가속 즉 정보공유의 시간이 짧아져 사회 전반에서 압축 성장 변화를 경험하게 됨

o ICT 가속

- 전파기술에 속한 ICT 내에서도 3가지 구동력(Moore 법칙, Metcalf 법칙, SW · 지능화)에 의해 기술 발전의 가속이 일어나고 있음

ICT 발전 가속의 제 1 구동력: Moore의 법칙



❖ Source: Moore's Law: https://www.cymer.com/moore-s-law,
❖ Photo: https://lorenzotondi.wordpress.com/2014/04/26/far-better-than-moores-law/

o Moore 법칙

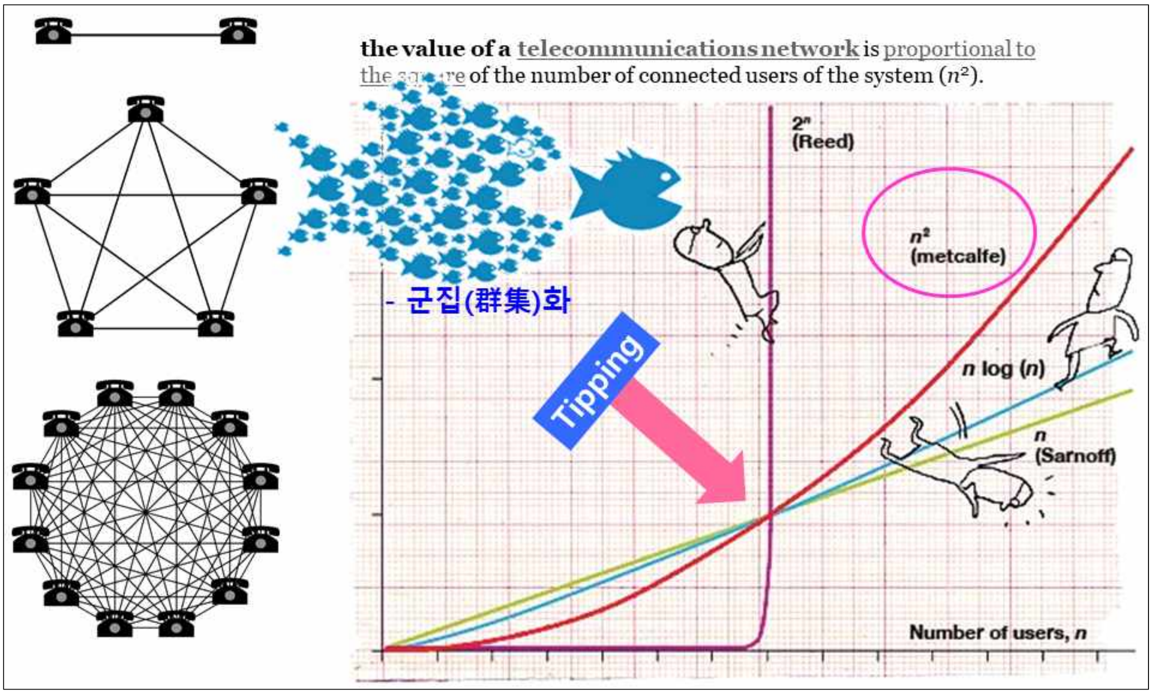
- **(Moore 법칙의 해석)** Moore 법칙※은 반도체 집적도의 발전 속도를 기술하고 있지만, 그 집적도 달성을 위한 HW 전반의 기술 진보가 있어야 가능하기 때문에 모든 HW진보에 비슷한 경향이 나타남
  - ※ (Moore 법칙) 인텔의 공동 창업자인 고든 무어가 1965년에 주장한 법칙으로 $1,000로 살 수 있는 반도체의 집적회로 성능은 2년마다 2배로 증가한다는 법칙
- Moore법칙으로 컴퓨터의 계산 능력을 나타내는 MIPS※도 일정 시기마다 배가하며 기하급수적으로 증가한다고 볼 수 있음
  - ※ (밉스, million instructions per second, MIPS) 컴퓨터의 수행 속도를 나타내는 단위의 하나로서, 1초에 백만 개의 명령을 수행할 수 있는 능력

o Moore 법칙과 전파기술

- **(HW 발전과 전파기술)** 전파기술은 반도체 트랜지스터 기반의 IC 부품이나 SAW 필터, PCB 등 다양한 반도체 공정 기반으로 구성되므로 Moore의 법칙은 전파산업에서 HW 발전속도로 이해할 수 있음. Moore 법칙을 발표한 논문※에서 반도체 발전 속도에 힘입어 1965년 당시 건물사이즈의 위상배열 레이다가 미래에 반도체로 구현될 구현되어 소형화 될 가능성을 제시하였음
  - ※ Gordon E. Moore, "The experts look ahead: Cramming more components

onto integrated circuits," Electronics, Volume 38, Number 8, April 19, 1965

2-2. ICT 발전 가속의 제 2 구동력: Metcalfe의 법칙



o **군집형 시스템**

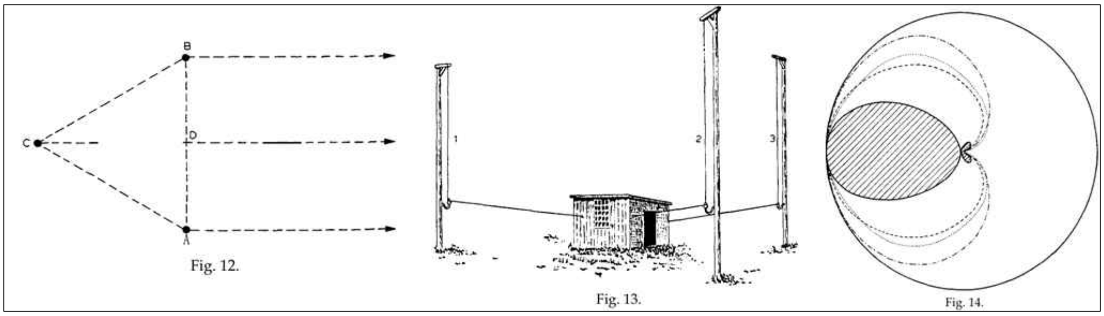
- **(네트워크의 가치)** 밥 메트칼프(Bob Metcalfe)의 주장※에 의해 네트웍에 참여하는 디바이스 수에 그 가치가 지수로 증가. 엘리베이터의 예로 1대 운용 보다 2대를 동시 운용하면 비용은 2배지만 가치는 4배로 증가함

  ※ (메트칼프의 법칙 Metcalfe's law) 이더넷을 발명하고 스리콤을 설립한 밥 메트칼프(Bob Metcalfe)가 1980년 "네트워크의 가치는 참여자 수의 제곱에 비례한다"고 주장한 데서 나온 법칙. 예를 들어 10명으로 구성된 네트워크에서 10명이 추가되면 구축비용은 두 배로 늘지만 네트워크 가치는 20명의 제곱인 400이 돼 원래보다 네 배나 증가한다는 것

- **(HW 산업의 발전 방향)** HW 성능이 높지 않은 시대에 하나의 기능을 구현하는 기계 개발이 중요하였으나, 일단 1대의 기계가 완성이 되면 여러 대의 기기를 동시에 운용(networking)하는 것이 중요해짐

o **전파산업에서 Networking의 예**

- **(전파산업과 networking)** 전파산업의 초기는 단말기 등 하드웨어 개발에 중점이 있으나, 단말기 기술이 성숙한 지금은 수많은 단말기를 네트워킹하여 그 가치를 올리는 것에 방향이 맞춰 있음 (예: 위키피디아, Youtube와 같은 플랫폼 서비스 등)
- **(빔포밍 안테나)** 단일 방사 안테나를 위상과 크기를 조정하여 결합함으로써 고성능 군집형 안테나의 성능을 발휘함 (다수의 안테나가 기능 구현에 참여하여 개별 안테나의 성능을 넘어섬)
- **(방향탐지)** 노벨상 수상자인 Karl Ferdinand Braun에 의한 안테나 배열에 의한 전파탐지 구조가 제안됨. 다음 그림과 같이 전파의 입사 방향 알아내기 위해 3개의 무지향성 안테나를 배치하여 지향성 특성을 최초로 구현. 송신기의 경우 위상을 조정하여 지향성 방향을 조정함



- **(ALMA 프로젝트)** 전 세계 전파천문학계가 공동으로 건설하고 있는 밀리미터/서브밀리미터(84GHz~950GHz) 파장대역에서 운영되는 초거대 전파간섭계(Radio Interferometer) 사업으로 지구상 여러 곳에 설치한 안테나의 수신 정보를 공유하여 분석함으로써 지구 직경사이즈의 전파 간섭계 성능을 얻고자 함

2-3. ICT 발전 가속의 제 3 구동력: 컴퓨팅 파워 가속과 AI 등장

o **Moore 법칙과 컴퓨팅 파워**

- **(computing power의 가속)** 고든 무어는 1965년에 반도체 집적도의 발전 속도를 예측하며 $1,000로 구매할 수 있는 컴퓨팅 능력을 동시에 예측하고 가까운 미래에 당시 처음 출연한 컴퓨터가 가정용으로 보급될 수 있음을 예언
- **(AI 역사)**

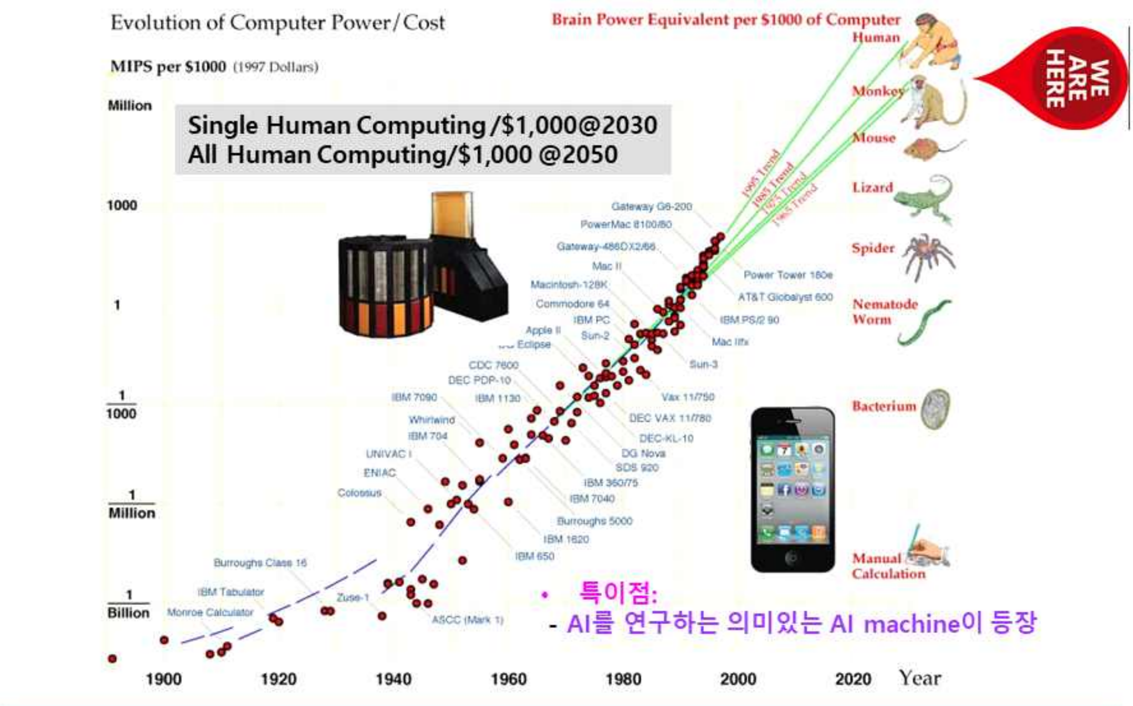
  1950 앨런 튜링, "생각하는 기계가 인간의 지능을 능가할 것"

  1958 폰 노이만, "인류 역사를 단절할 특이점 반드시 도래"

  1965 어빙 존 굿, "AI는 인간의 마지막 발명품"

  1988 한스 모리벡, "로봇이 Moore의 법칙에 의해 인공생명으로 진화할 것"

1993 비너 빈지, “AI-데이터베이스-인간 지능 확장으로 초월적 지성 창조, 디지털 新인류의 탄생”



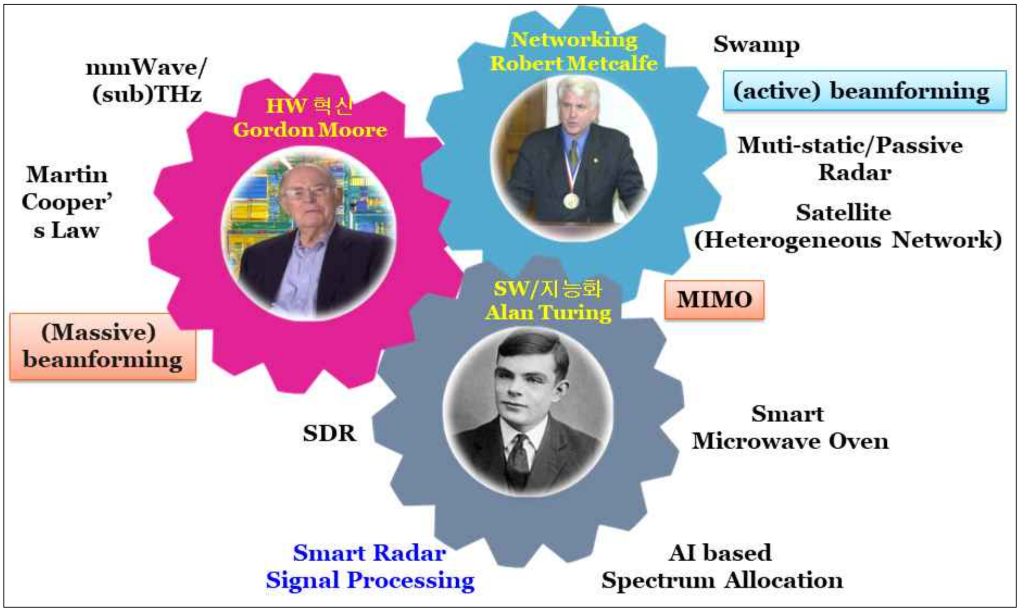
※ Computing power available per dollar has increased **by a factor of ten roughly every four years** _over the last quarter of a century (measured in FLOPS or MIPS).

- **(AI 등장)** 1950년 앨런 튜링에 의해 현대식 컴퓨터와 인공지능의 개념이 탄생하고 반도체 기술에 힘입어 컴퓨팅 능력이 지수적으로 높아져 2000년 중반 딥마인드와 인공지능의 상용화가 진행되고 있고 AI singularity※을 조만간 맞이할 것을 보임
  - ※ (AI singularity) AI의 발전이 급격히 이루어져 AI에 의해 통상 AI발전하는 시기를 의미함

o **전파산업 영향**

- **(전파산업과 컴퓨팅 파워)** 전파기술의 진화는 신호원(source), 수신기, 송수신기 구조, 집적화 등 1980년대까지 HW를 중심으로 발전해 왔으나 이후 전파의 신호처리 영역을 중심으로 진행되고 있음. 컴퓨팅 파워의 증가는 전파신호의 처리능력에도 획기적인 변화를 가져왔고, 특히 레이다의 신호처리는 전통적인 알고리즘 기반에서 학습기반으로 적용되며 2000년 이후 큰 변화를 맞고 있음

전파기술을 가속시키는 ICT 기술 혁신 구동의 힘(Driving Force)



o ICT 발전 가속 3대 구동력의 상호 관계

- (3대 구동력의 상호작용) 무어 법칙에 의한 HW 혁신, 메트칼프 법칙에 의한 네트워크 가치 상승, 컴퓨팅 파워 가속의 3대 법칙은 상호 연결되어 기술 발전을 가속함. HW의 혁신은 네트워크에 참여하는 디바이스 수와 컴퓨팅 능력의 증가를 불러오고 또한 컴퓨팅 능력은 하드웨어의 정교한 제어와 신호처리 능력을 상승시켜 ICT 기술 진보가 가속되고 있음

o 전파기술과 ICT 발전 가속 3대 구동력의 예

- (HW 혁신) HW 혁신은 전파 부품의 소형화를 가능하게 하여 mmWave와 THz의 상용화를 촉진함. 기존 GHz 대비 수 백배의 높은 주파수 대역의 응용을 위해서는 기계 가공성에서도 현재대비 최소 수십배 개선이 필요함
- (Networking, 군집화) HW의 혁신으로 단독(stand alone)으로 동작하던 기기들이 연동되어 성능의 혁신이 일어남. 이러한 예로 빔포밍(beamforming) 안테나 시스템, 멀티스태틱(multi-static) 레이다, 군집형 위성, massive MIMO 등이 있음
- (SW・지능화) HW의 혁신으로 인해 디바이스 기능을 software로 제어하는 것이 가능한 SDR(software defined radio)의 등장함. 미래의 전파산업은 SDR을 기반으로 하는 HW 플랫폼 산업으로 변화될 것으로 예상. 지능화의 예로는 지능형 전자레인지, AI 기반의 스펙트럼 할당, 스마트 레이다에서의 학습형 신호처리 등을 생각해 볼 수 있음

3. 전파기술 트랜드와 미래상

3-1. 방송·통신의 시대를 넘어

전파기술 Paradigm Shift

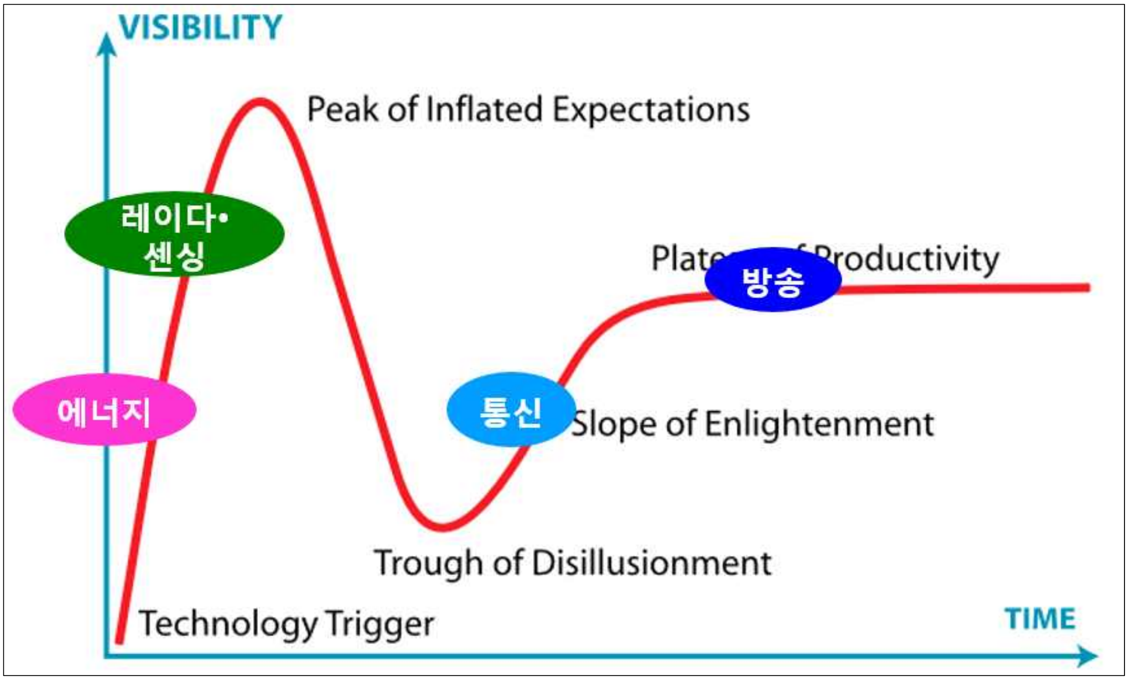
o **전파 산업의 시대적 변화**

- **(방송, 통신, 센싱, 에너지)** 전파산업은 기능적 측면에서 정보전송(방송, 통신), 정보수집(센싱, 레이다), 에너지 전달로 나눌 수 있음
- **(전파기술 발전 순서)** 전파산업은 방송에서 출발하여 통신, 센싱, 에너지 순으로 발전하고 있음. 전파산업 초기는 HW 기술의 미비로 HW 구조측면에서 가장 단순하고 정보면에서 가장 중요한 방송산업이 시작됨. 이후 개인별 정보 서비스인 무선 통신을 중심으로 발전하고, 미래 수요로는 정보수집 수단인 센싱(레이다) 산업이 발전할 것으로 예상됨
- **(전파산업 수요주체 변화)** 수요 주체 측면에서는 국가주도의 방송과 국방 수요에서 출발하여 개별 수요인 무선 통신과 connectivity를 중심으로 발전하다 미래에는 기계간 정보 수집·전달이 급증할 것으로 예상됨

o **미래 전파산업의 변화**

- **(미래 전파산업)** 전파산업은 방송·통신 분야에서 센싱 분야로 패러다임 전환이

전환되고 있으며, 센싱은 현실과 가상을 이어주는 중요한 기술로 신호처리 HW/SW 발전으로 산업생활 레이더가 확대될 전망



- (**전파 기술별 위치**) Hype Cycle의 시간과 기대치 곡선을 살펴보면 전파의 주요 활용 분야였던 방송·통신 분야에서 일부 신호처리부를 제외하면 기술적 포화상태에 도달하고 있으며, 레이다·센싱 분야는 AI와 결합되어 기대치가 높아지고 있고, 에너지 분야는 신규 서비스 발굴이 이루어지는 단계에 위치하고 있음

미래 전파통신 발전 방향

o 섀논법칙: 정보전송 한계

- (**Shannon의 채널 캐피시티**) 정보전송의 한계를 규정하는 Shannon 식과 연관하여 정보전송을 높이기 위한 전파기술의 접근은 아래와 같이 진행할 수 있음
  - (**MIMO M 인자**) 송수신 단말간의 정보 분리가 가능한 공간 경로※를 다중으로 확보하여 정보전송 능력을 향상시킴. Sub-6 GHz에서 반사에 의한 다중 경로가 많기 때문에 공간 다중화(Spatial Mutiplexing)에 유리함.
  - ※예: 2TX-2RX 적용하면 최대 MIMO factor는 2가 되어 정보전송 능력이 최대 2배로 향상됨
  - (**대역폭 BW 인자**) 정보 변조를 위한 대역폭을 넓게하여※ 정보전송 능력을 향상시킴. sub-6 GHz에서는 기존 상용서비스들이 선점하고 있어 대역폭 확대가

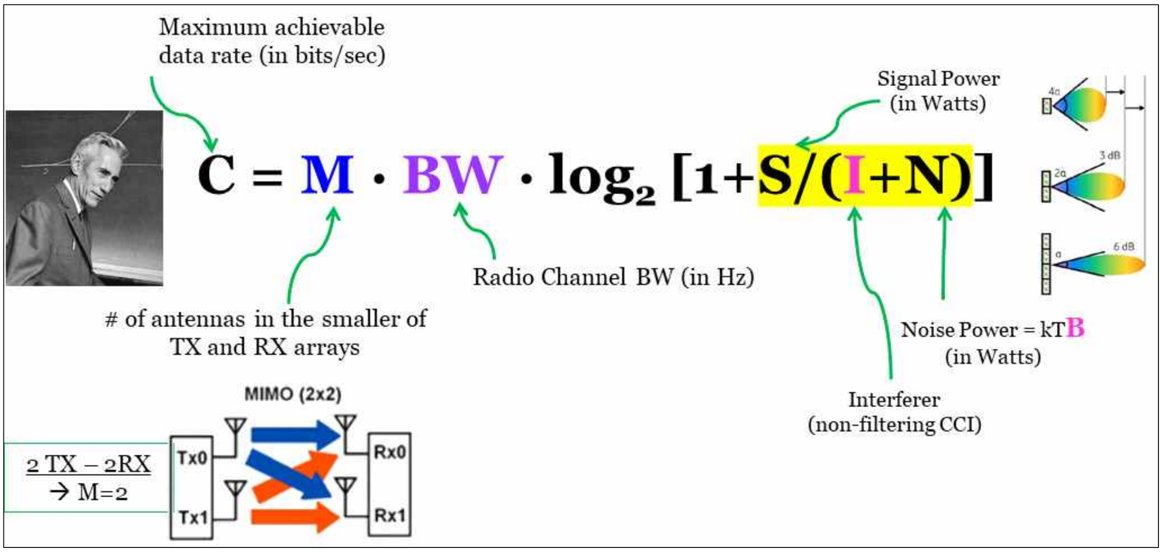
현실적으로 어려움. 연속적이지 않는 대역은 carrier aggregation 기법으로 베이스밴드에서 묶어서 처리함. mmWave 대역은 상용서비스가 거의 없고, 전파도달 거리가 짧아 충분한 대역폭 확보가 가능하여 향후 mmWave대역에 대한 관심은 높아질 수 밖에 없음

※ 예: LTE (20 MHz 대역폭)과 5G mmWave (800 MHz 대역폭)을 비교하면 mmWave 대역을 이용하면 최대 40배의 정보전송을 달성할 수 있음

- **(신호세기 S 인자)** 신호의 세기를 높여※ 정보전송 능력을 향상시킴. 신호의 세기는 신호대 잡음비(S/N)의 개선을 의미하고 $\log_2$의 인자로 개선됨.

  ※ 예: 스펙트럼 효율을 4 bps/Hz에서 2배인 8 bps/Hz로 높이기 위해서는 $\log_2$인자로 인해 17배의 신호세기가 필요하므로 단순 신호를 높이는 방법은 효과적인 방법이 못됨

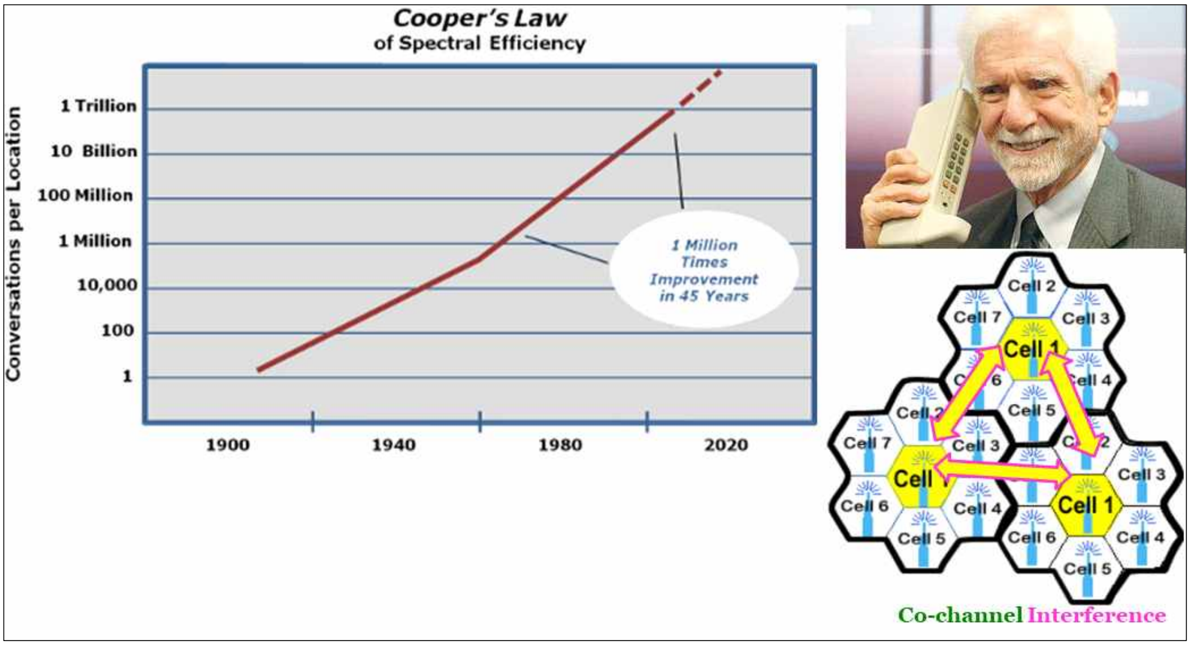
- **(빔 포밍 안테나 시스템)** 정보전송 능력을 개선하기 위해 단순 신호세기를 높이기 보다 안테나에서 원하는 방향으로 빔을 조향할 수 있는 빔포밍 방법이 효과적으로 N개의 안테나의 빔을 합성하면 Array Antenna Gain = 10 log N이 됨. 특히 mmWave의 경우 개별 안테나 사이즈가 작아지기 때문에 개별 안테나 마다 증폭기와 수신기를 부착하여 충분히 큰 안테나 개수를 합성하는 방법으로 이득을 높여 사용함



Cooper의 법칙: 정보 유통 속도의 가속

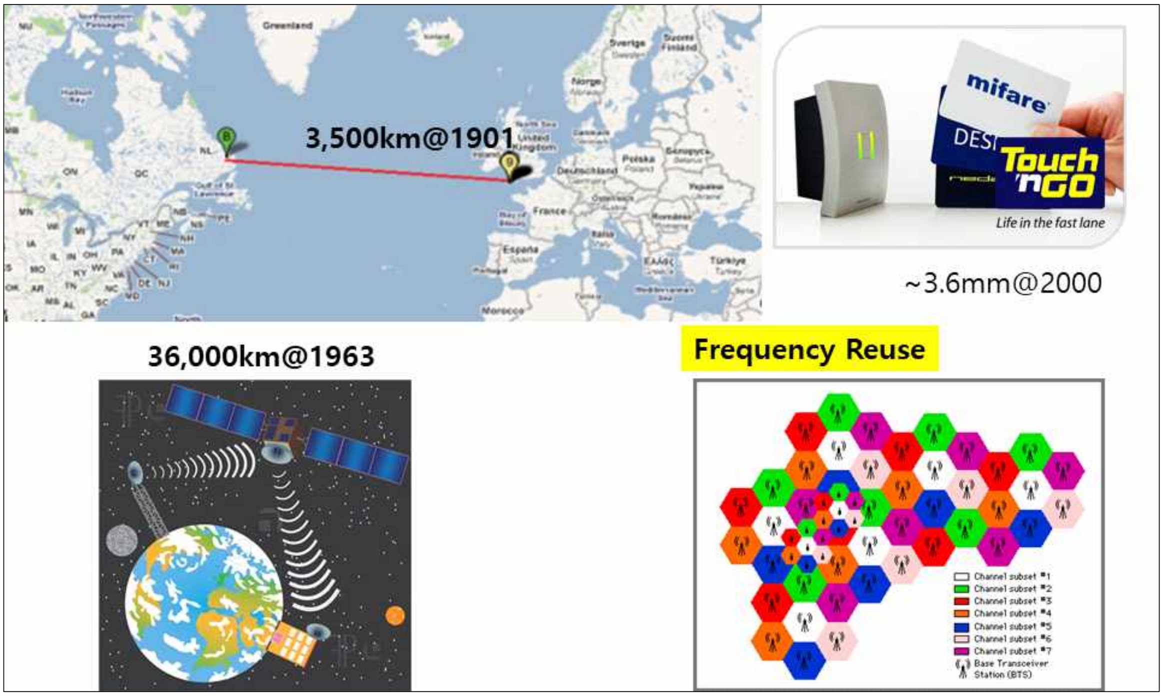
○ Cooper의 법칙

- **(스몰셀과 주파수 재사용)** Martin Cooper의 법칙※에 의하면 무선에 의한 정보량 유통은 지수적으로 증가하고 있음. 지수적 정보유통 증가를 달성하는 핵심요인은 무선통신의 셀 반경을 작게하여 주파수 재사용(frequency reuse) 율을 함으로써 대역폭을 높게 유지하는 것
  - ※ (Martin Cooper의 법칙) 특정 지역에서 무선 스펙트럼을 통해 전송되는 정보의 양은 1895년 이후로 대략 30개월마다 두 배씩 증가하고 있음



○ 전파 통신 트랜드: 대서양 횡단에서 근접(Proximity)으로

- **(무선 통신거리 트랜드)** HW기술이 성숙되지 못했던 과거에는 무선통신은 유선통신에 비해 설치비가 적게들기 때문에 원거리용(예: 대륙횡단 통신, 정지위성에 의한 지구 전역 통신 등)으로 주로 이용하였음. 하지만 HW 혁신과 정보량 급증으로 무선은 장거리보다는 근거리(셀룰라 통신, WiFi, BT, RFID 등)에서 유선대비 장점을 갖게 됨. **유통 정보량 급증으로 통신 공간에서 충분한 대역폭 확보를 위해 셀 반경은 점점 작아지고, 높은 대역폭 확보를 위해 무선 주파수는 더 높은 주파수 대역으로 이동**하고 있음



3-2. Tesla가 꿈꾸었던 세상 – 무선 전력/에너지 전송

ㅇ 무선 전력 전송 개념

- (개념) 전파는 그 자체가 에너지 파동으로 정보전송 뿐 아니라 에너지 전달

기능으로 사용이 가능. 유선에 의해 손실을 최소화하여 전달하는 것에 비해 무선 에너지 전달은 전파를 가이드(도파)하는 기술이 필요하므로 코일의 상호 결합에 의한 근접장 응용이 대부분이나 특수한 경우 방사 특성을 이용하여 원거리 전송에 응용하기도 함

- **(장점)** 물리적 커넥터가 필요없어 물리적 커넥터에 의한 제약이 없음, 여러 개의 디바이스에 동시에 충전이 가능, 위치 변화의 자유도가 높음
- **(단점)** 전력 전달 효율이 낮음, 주변 전자기에 EMI 문제 발생

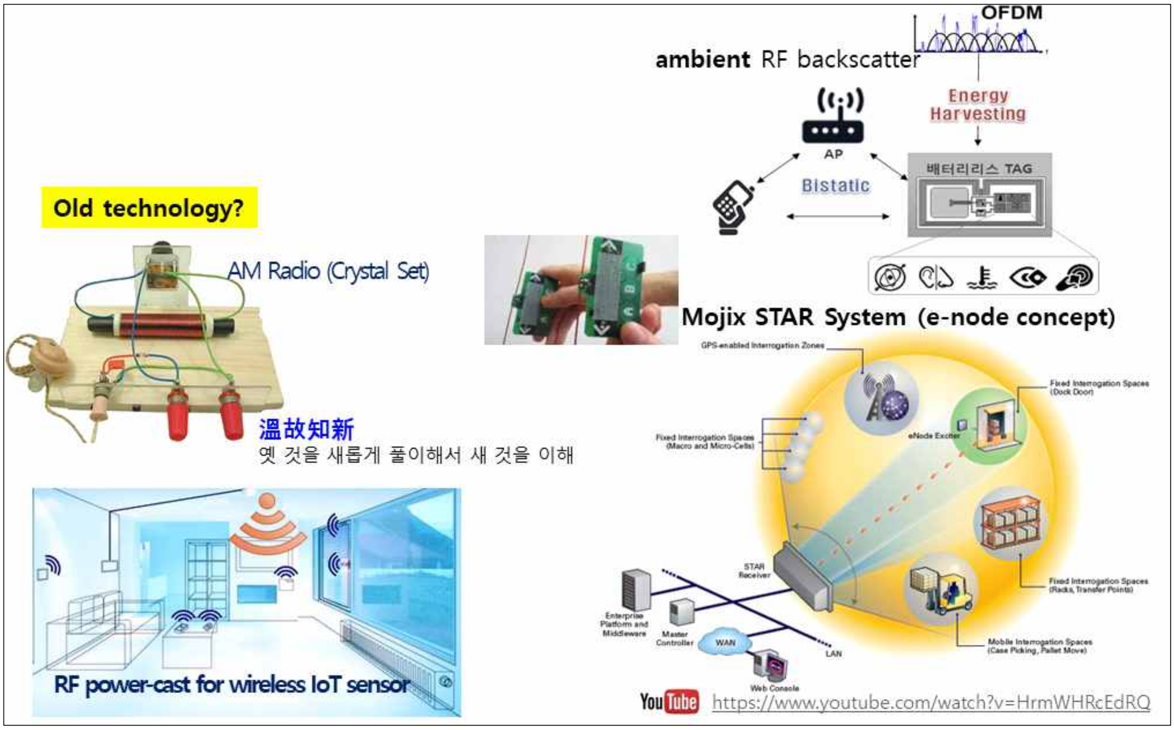
○ **응용분야**

- **(전파 에너지 전달 분야)** 소형 차량용, 인플란트 소자, 저전력 IoT 소자, 플라즈마 발생장치, 산업용 마이크로웨이브 용접, 스마트 팜에서 서리제거, 시위진압용 시스템(active denial system) 등 다양

- **(근접응용, 저전력, 중전력 대전력 구분에 의한 응용)**

구분	활용분야	주파수 및 성능
근접	①휴대폰, 스마트폰 ②노트북, 테블릿, ③벽걸이TV, 휴대용 TV ④디지털 카메라 캠코더 ⑤휴대용 음악재생기 ⑥음향장비(스피커, 헤드폰 등) ⑦조명장비 ⑧산업용 장비 ⑨의료장비, 헬스케어 장비 ⑩게임기 장난감 ⑪장착 장비	(1)주파수:10㎑~30㎒, ISM대역, 110~205㎑(WPC),6.78㎒ (A4WP) (2)송신전력: 10W (3)전송거리: 5㎜
저전력	①휴대폰, 스마트폰 ②노트북, 테블릿, ③벽걸이TV, 휴대용 TV ④디지털 카메라 캠코더 ⑤휴대용 음악재생기 ⑥음향장비(스피커, 헤드폰 등) ⑦조명장비 ⑧산업용 장비 ⑨의료장비, 헬스케어 장비 ⑩게임기 장난감 ⑪장착 장비	(1)주파수:10㎑~30㎒, ISM대역, 110~205㎑(WPC),6.78㎒ (A4WP) (2)송신전력: 50W (3)전송거리: 수㎝
중전력	①바닥에 세우는 가전 제품류(냉장고, 세탁기, 에어컨) ②가열제품(드라이기, 다리미, 밥솥 등 가열기구) ③진공청소기, 오디오, 비디오 기기(대형 TV 등), 미용장비 ④고출력 조명장비 ⑤전기를 사용하는 이륜차(전기자전거 등)	(1)주파수:10㎑~30㎒, ISM대역 (2)송신전력: 50W에서 수㎾ (3)전송거리: 수십㎝
대전력	①전기자동차	(1)주파수: 20㎑, 60㎑, 85㎑ (2)송신전력: 수십㎾ (3)전송거리: 30㎝
	①트램 ②산업용기기	(1)주파수: 60㎑(철도연구원) (2)송신전력: 수MW (3)전송거리: 30㎝

○ 배터리 없는 IoT 전력 공급



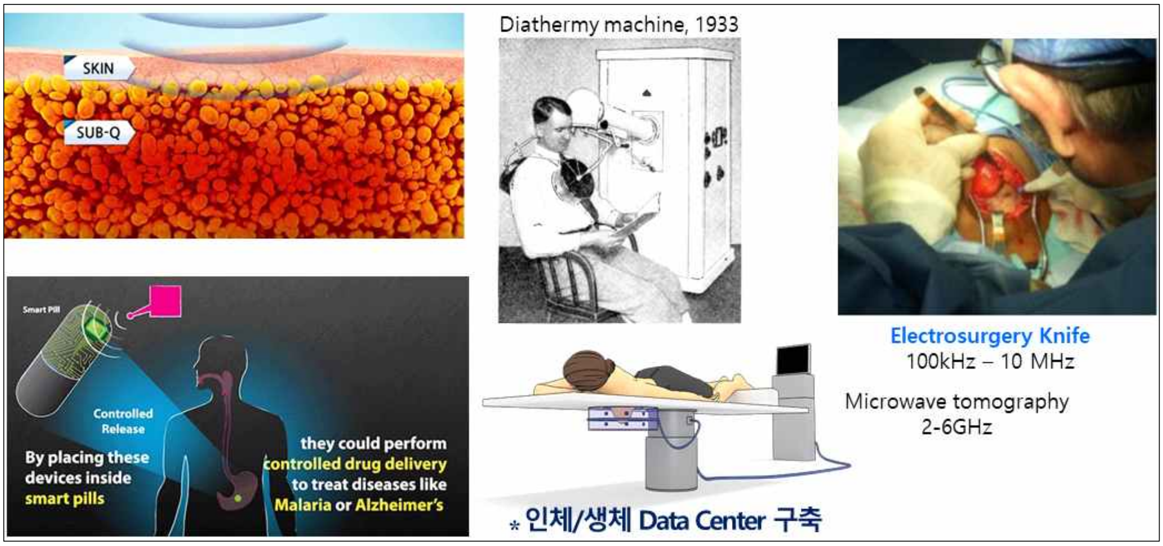
- (IoT 응용) 저전력 IoT 센서 디바이스의 문제 중 하나인 배터리 교체 문제를 무선전력 전송으로 해결, 데이터와 에너지 전송을 동시에 할 수 있는 기술 등장, 이러한 기술은 기존 AM 방송에서 전원 없는 크리스털 라디오※ 수신기의 원리와 유사

  ※ **(광석 라디오)** 기술적으로 전원없이 동작하는 크리스털 검파기(지금의 다이오드 역할)와 주파수 선택을 위한 가변 안테나 공진회로로 구성된 가장 간단한 수신기. 진공관이나 트랜지스터처럼 소리를 증폭하는 기능이 없어 라디오 전용 이어폰이나 헤드폰으로만 청취가 가능한 개인용 라디오 수신기

그림 소스: http://www.epsic.ch/cours/Audiovideo/audio/laradio/radio/La_galene.htm

- IoT 망 운용을 위한 공간 자유도가 높은 2D/3D 무선충전, 1:N, N:N, 무선 전력 애드혹, 무선 전력 그리드 망 구축, 에너지와 통신 공용 채널 주파수 할당 등 기술 개발 필요

3-3. 전파 신대륙을 찾아서 - 전파를 활용한 의료분야



○ 전파의료 개념

- (개념) 전파는 초음파나 광파와 그 특성※을 달리하며 주파수와 인체 조직의 특성 변화에 따라 반사, 투과, 산란의 특성을 갖고, 그 자체가 에너지 파동으로 인체 조직에서 열작용을 일으킴. 이러한 전파 특성을 이용하여 인체 내부를 센싱·영상화해 질병을 진단하거나 국부 조직과 영역에 조사(照射)하여 열작용으로 비침습 치료를 수행할 수 있음

※ 전파는 광파나 초음파에 비해 투과성이 좋아 초음파의 제약점인 뼈, 공기 조직을 포함하는 부위에 적용 가능하며, 광파에 비해 인체 전달 특성이 좋고 위상 제어 등 시스템 구성에 유리한 특성을 가지고 있음

- **(전파의료 기술)** 전파의료 기술은 MRI, 진단 영상기술, 열효과에 의한 마이크로파 집속 암 치료, 온열효과 헬스케어, 피하지방 제거, 마이크로파 수술용 칼, 조직 자극 전자약, THz 피부암 진단·치료기, TMS 등 다양한 분야에 응용되고 그 범위가 확대되고 있음

구분	활용분야	주파수
과거	① MRI	① 10㎒~80㎒ (MRI)
	② 온열 치료기	② 8㎒(온열치료기)
현재	① 고주파 침습치료기	① 350~500㎑(고주파침습치료기)
	② 고주파 온열 치료기	② 5-120㎒(고주파 온열 치료기)
	③ 유방암 진단 MT	③ 1~6㎓(유방암 진단 MT)
미래	① 뇌졸중 진단기, 심장병 진단기, 폐암 진단기	① 0.5-2㎓ (뇌졸중 진단기, 심장병 진단기)
	② 마이크로파 열치료기(척추 디스크 염증 치료, 목 디스크 염증 치료, 종양 치료)	② 915㎒~2.45㎓ (마이크로파 열치료기)
	③ 집속 초음파 치료기(HIFU), 초음파융합 미용치료기	③ 0.5-3㎓(초음파 융합진단기, 미용치료기)
	④ mmWave침습치료기	④ mmWave(mmWave침습치료기)
	⑤ ㎔ 치과진단기	⑤ ㎔(㎔ 치과진단기)

○ **전파의료 산업**

- **(전파의료 산업)** 전파의료 산업은 전체 의료기기 시장에서 아직 태동기이나 매년 15% 수준※의 높은 속도로 성장하고 있음

  ※ RF/Microwave 치료시장은 2009년 이후 연 15%씩 성장 (Medimarket diligence, 2018)

- **(전파의료 시장 규모)** 중소기업 기술로드맵 (중소기업청, 2015) 자료를 바탕으로 고주파 치료, 지방 흡입, 레이저 박피 시장규모를 아래와 같이 추정

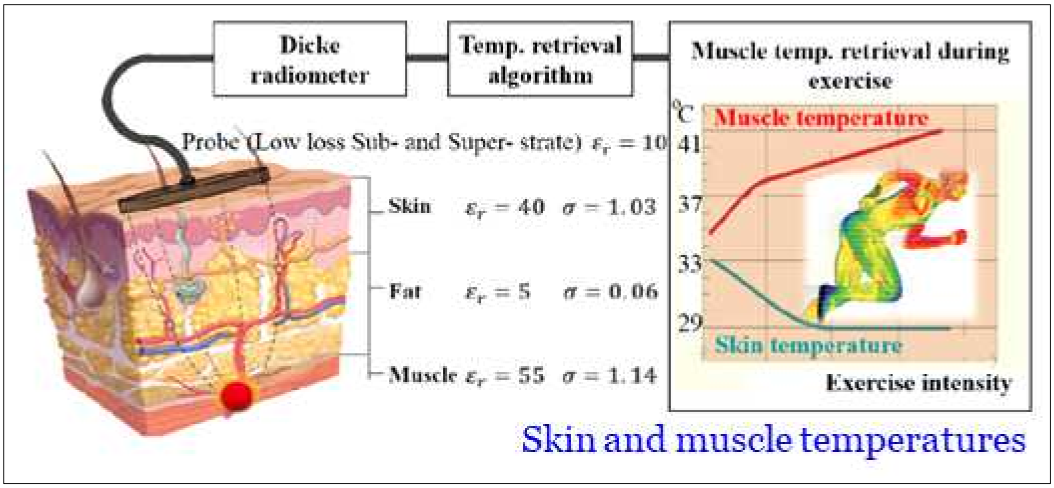
구분		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	CAGR
전파기반 의료기기	세계	6,099	7,067	8,211	9,565	11,121	12,942	15,075	16.3%
	국내	375	375	368	430	500	583	678	'10.4%

※ Global Radiofrequency Ablation Devices Market (Infiniti, 2015), Global Medical Aesthetic Market (Mordor Intelligence, 2015),

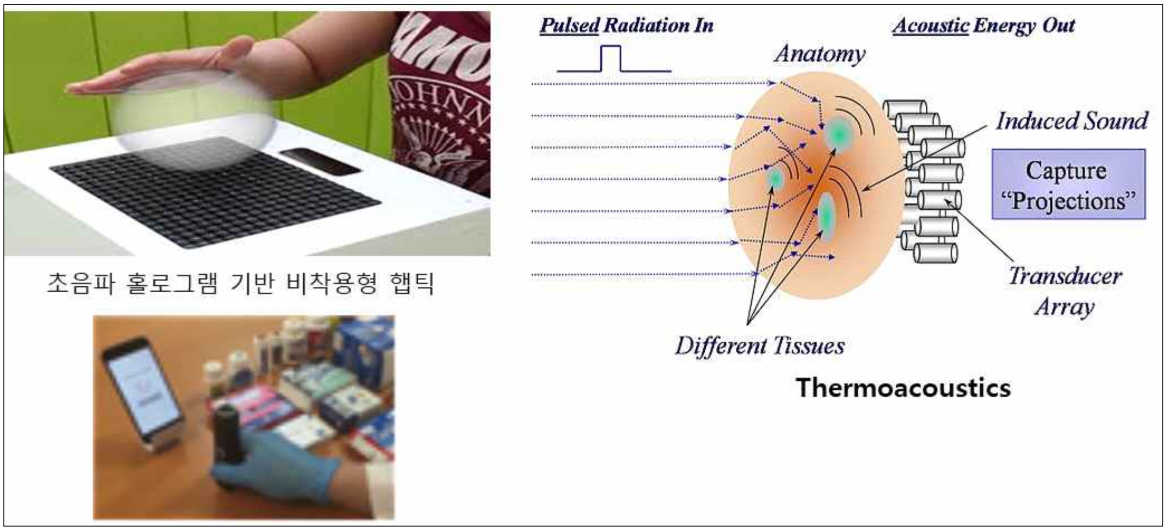
- **(전파의료 시장의 특징)** 전파의료 기기 시장은 의료시장의 특징인 임상 등 초기 진입장벽이 높아 소수의 기업이 독점하는 독과점 시장※에 가까움. 국내 시장은 2015년 진단 분야 2조원 및 치료기기 분야 1조 7천억 원에서, 2019년 진단 분야 6조원 및 치료기기 분야 3조원으로 급격한 성장 전망
  ※ GE, Siemens, Philips 등 선도기업이 전 세계 시장의 약 70% 가까이 시장을 점유하고 있음

o 기타 응용

- **(라디오 메터, radiometry)** 전파는 피부온도 측정에 사용되는 근적외선 카메라의 특성과 달리 피부 안쪽에서 일어나는 온도변화나 혈류의 속도를 모니터링 할 수 있어 운동량 평가 등에 응용할 수 있음

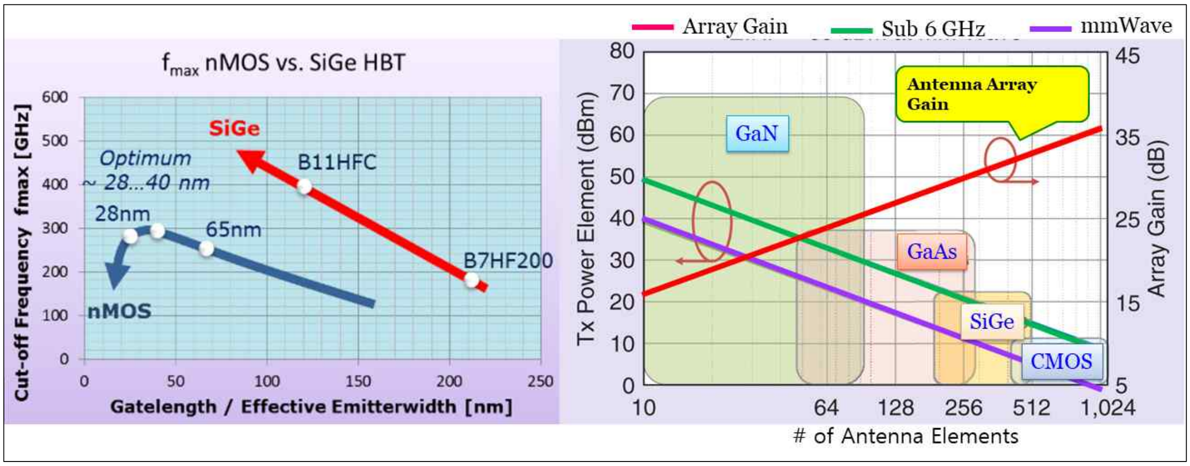


※ Source: Momenroodaki, Parisa. "Radiometric Thermometry for Wearable Deep Tissue Monitoring." (2017).



- **(초음파, 광파 등 융합)** 초음파, 전파, 광파는 공통적으로 파동에 의해 반사, 투과의 현상을 가지고 있고 그 물리적 특성(매질내 파장, 물리적 침투전달, 파의 성질)이 서로 달라서 융합을 통해 다양한 응용분야에 적용이 가능함. 예: 열음향효과 (thermo-acoustics)

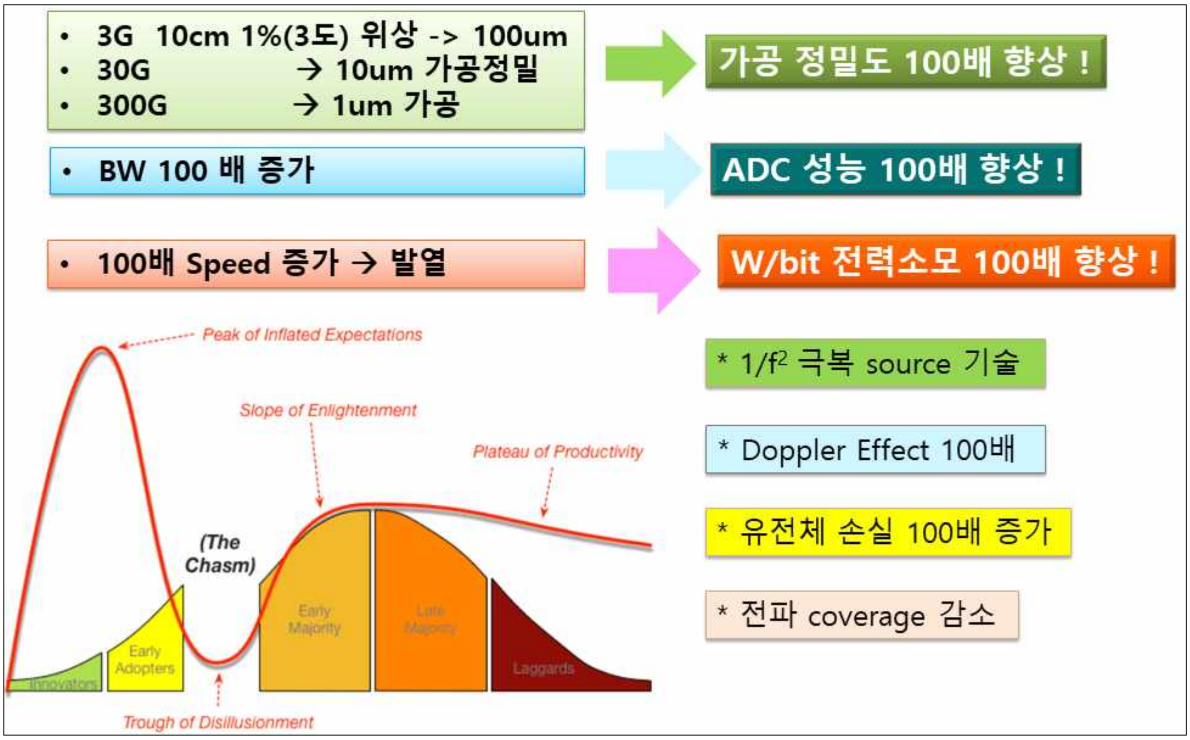
3-4. 지속되는 Moore의 HW 혁신



o 반도체 집적도 향상과 mmWave 활용 가능성

- **(무어의 법칙과 mmWave)** 무어의 법칙은 기본적으로 반도체 트랜지스터의 집적도 향상으로 지속적인 gate length scale down을 의미함. 이는 트랜지스터 동작주파수의 상승으로 이어져 40nm 게이트 길이 CMOS의 fmax는 300GHz에 이르고 있음.

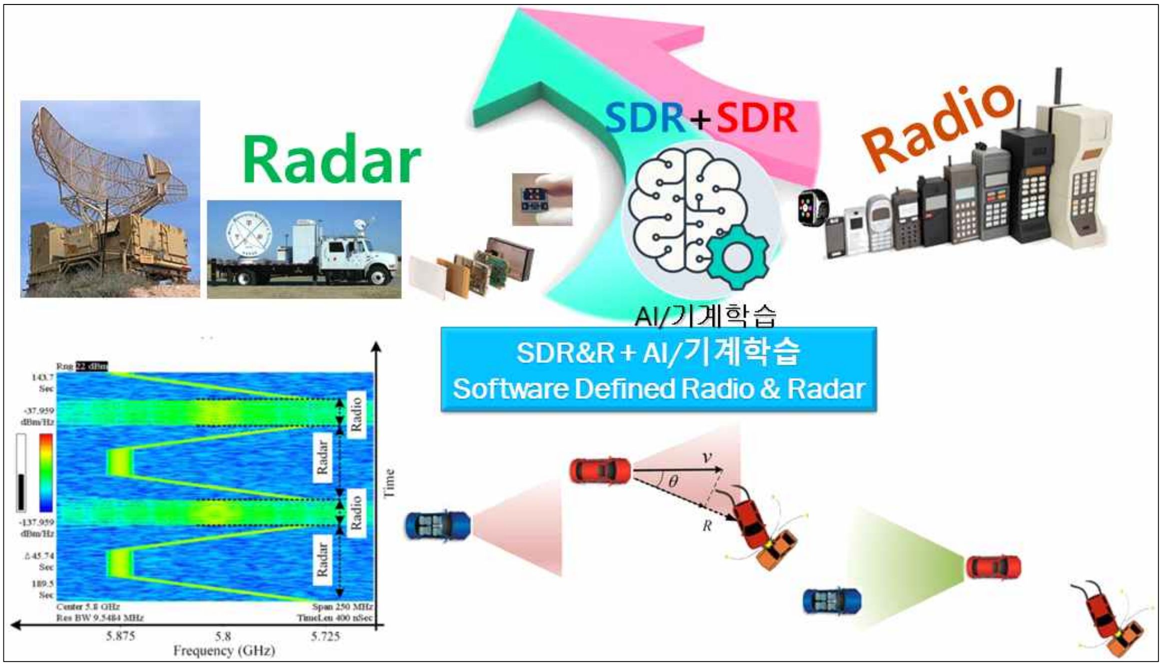
- (mmWave 빔포밍) 트랜지스터의 사이즈 감소로 동작주파수는 높아졌지만 이를 무선통신에 사용하기 위해서 공기 중 전송손실(주파수 제곱에 비례)을 극복하기 위해 전력합성이 필요함. mmWave의 전력합성은 손실이 적은 공기 중에서 안테나 방사패턴을 결합하는 공간전력합성을 사용함. mmWave대역에서 개별 안테나의 사이즈가 매우 작아 안테나당 한 개의 능동 송수신기를 부착한 후 수 십에서 수 천개 수준의 능동 빔포밍 기술이 현재 적용되고 있음



o 6G: THz Chasm

- (THz 기술 특성) 6G에서는 THz영역을 정보전송 주파수의 하나로 검토하고 있음. 10 GHz보다 1백배 높은 THz 특성은 공기 중 전파전달 손실이 주파수 제곱에 반비례하므로 40 dB 더 악화되고, 동일한 움직임에 대해 위상변화가 1백배 높기 때문에 도플러 영향도 1백배가 나타남. 기판이나 소재에 있어서 유전체 손실은 주파수에 비례하므로 동일 기판 사용 시 100배 손실이 크고, 도전성 손실은 10배가 더 크게 나타남
- (THz 기술 한계와 극복) THz 기술을 상용화하기 위해서는 기존 기술에서 여러 분야에서 다음과 같은 도전적인 문제를 해결해야함
  - (전파감쇄 특성) 기존 셀 반경을 100배로 줄여서 사용하거나 빔포밍 기술로 공중 전파 감쇄특성을 극복해야함.

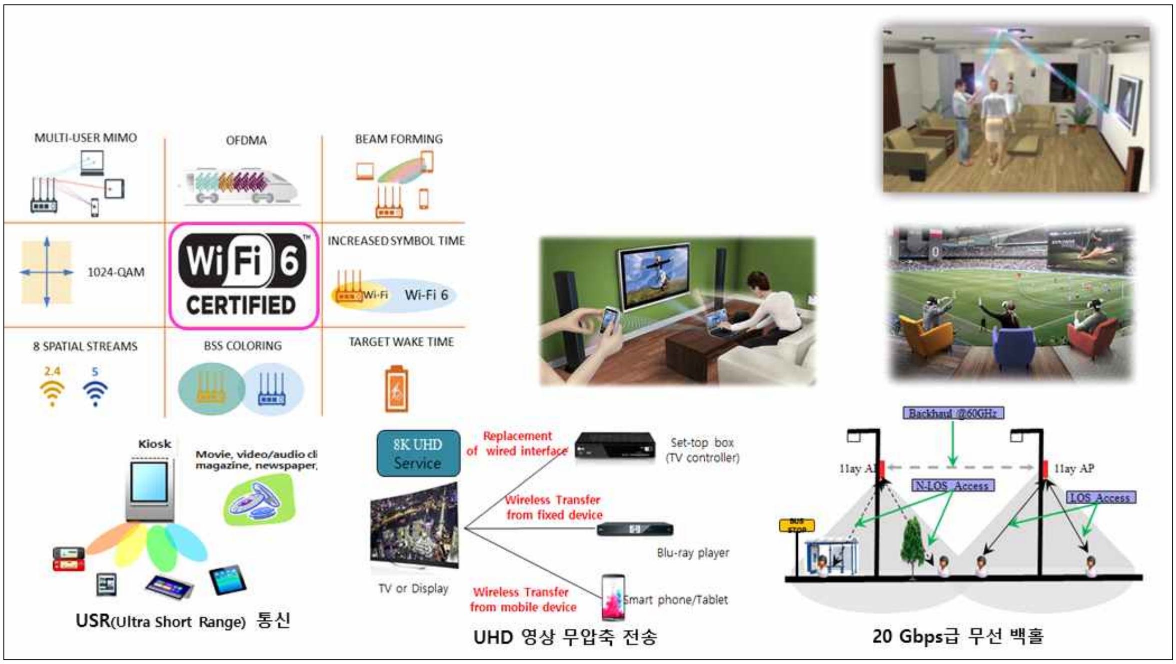
- **(도플러 주파수 변화)** 도플러 효과를 극복하기 위해 기준이 되는 reference 발진기의 위상잡음을 낮추거나 이를 극복할 수 있는 시각동기 기술이 연구가 되어야 함
- **(유전체 손실)** 유전손실이 기존보다 최소 10배 이상 낮은 새로운 소재개발이 필요
- **(가공 정밀도)** 가공 기술에 있어서 기존 대비 100배 정도의 정밀도가 더 개선이 되어 구조물에 의한 특성을 제어할 수 있음
- **(열 문제 및 ADC 기술)** 부가적으로 THz는 수백 Gbps 통신에 적용되므로 베이스 밴드 ADC 처리에 있어 저전력 병렬 처리 기술 연구가 필요함.



o SDR, 모호해지는 통신과 레이다의 경계

- **(SDR의 활용)** 반도체 집적도의 향상은 HW에 의한 기능 제한 문제를 완화하여 궁극적으로 SDR(software defined radio) 기반의 응용 서비스가 가능해 질 것 임
- **(통신과 레이다의 통합)** 정보전송과 정보수집(레이다)의 구분에 따라 HW의 구성을 달리하는 전통적인 전파 송수신기와 달리 SW제어와 응용 프로그램 구동으로 동작하는 SDR은 정보를 수집할 수 있는 레이다와 정보를 전송하는 통신을 통합하여 하나의 디바이스로 두 기능을 수행할 수 있음. 이러한 통합의 응용 예로 자동차에서 보통은 FMCW 모드로 동작하면서 정보를 수집하다가 사고 혹은 주변 차량과 정보 공유가 필요한 이벤트 발생 시 통신모드로 전환하여 수집된 정보를 보낼 수 있음. 이러한 응용 시나리오는 통신과 레이다의 주파수를 구분하지 않고 사용함으로써 주파수 이용률을 높일 수 있음

3-5. 비면허/mmWave 대역, 버려진 돌이 모퉁잇 돌이 되어



o 비면허(산업·생활 주파수) 응용 서비스

- **(비면허 대역 개념)** 주로 산업현장과 가정 및 사회인프라에 활용되고 면허로 운용되는 이동통신, 공공, 위성, 방송 용도를 제외한 모든 주파수가 이에 해당되고 인증 기준으로 전파분야 기기의 94.25%※에 해당되어 중소기업의 도전적인 신산업 창출에 핵심이되는 대역

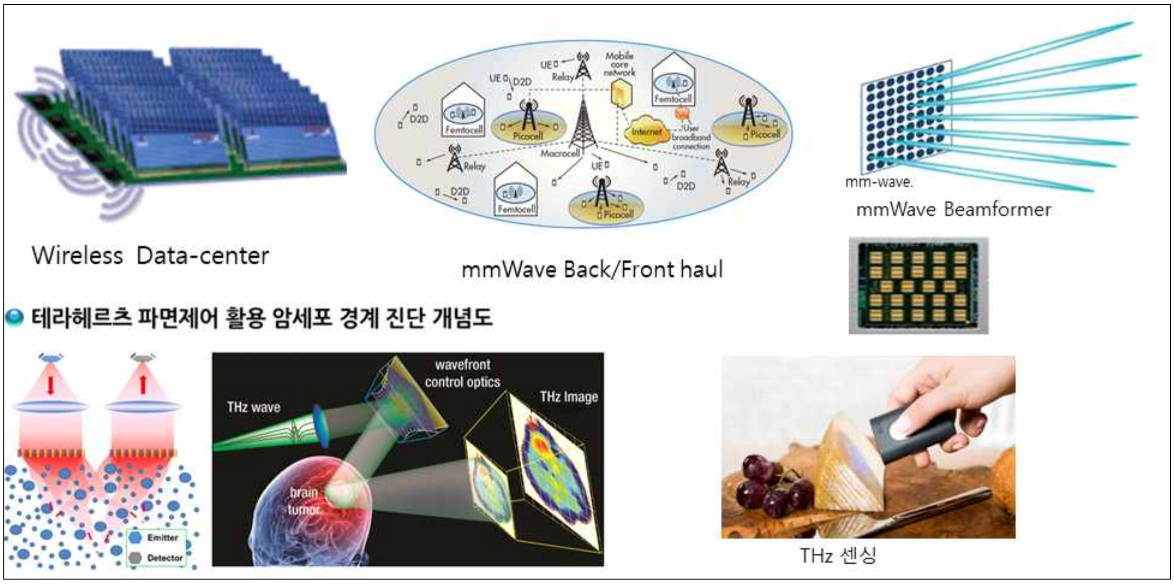
구분	산업생활 분야												이동통신 등 기존 분야				합계
항목	미약전계	자계유도	생활무선국	특정소출력	RFID USN	UWB	용도미지정	물체감지	CP	체내이식	기타	소계	전기통신	수색구조 등	기상원조 등	소계	
인증건수	890	52	58	14008	1445	37	23	96	82	20	4	16,715	1488	86	597	2,171	18,886
비율(%)	4.71	0.28	0.31	74.17	7.65	0.20	0.12	0.51	0.43	0.11	0.02	88.5	7.88	0.45	3.16	11.5	100
기업수	462	22	37	4226	579	17	10	66	21	5	4	4,773 (5,449)	435	36	196	511 (667)	5,064 (5,284) (6,116)
비율(%)	9.12	0.43	0.73	83.45	11.43	0.34	0.20	1.30	0.41	0.10	0.08	94.25	8.59	0.71	3.87	10.09	100 (104.34)

※ 출처 : 국립전파연구원DB활용 한국전파진흥협회 조사·정리

- **(비면허 대역 특성)** 면허와 달리 관리 주체가 주도하는 것이 아닌 다양한 서비스 주체가 조화롭게 공동 사용하는 행태로 이용하고 있기 때문에 전파간섭 문제가 발생할 수 있음. mmWave 대역의 대부분이 비면허로 지정되어 고속 대용량 통신, 고정밀 센싱 등에 응용이 가능함
- **(비면허 기술 및 응용 서비스)** AR/VR, 360도 영상, 홀로그램 등 서비스 대부분이 비면허 대역※에서 진행되고, 기술로는 WiFi6e, LTE-A, LTE-U, Private LTE, RFID, 블루투스, 지그비 등 소출력 기기 대부분이 여기에 해당. 에너지 전송으로

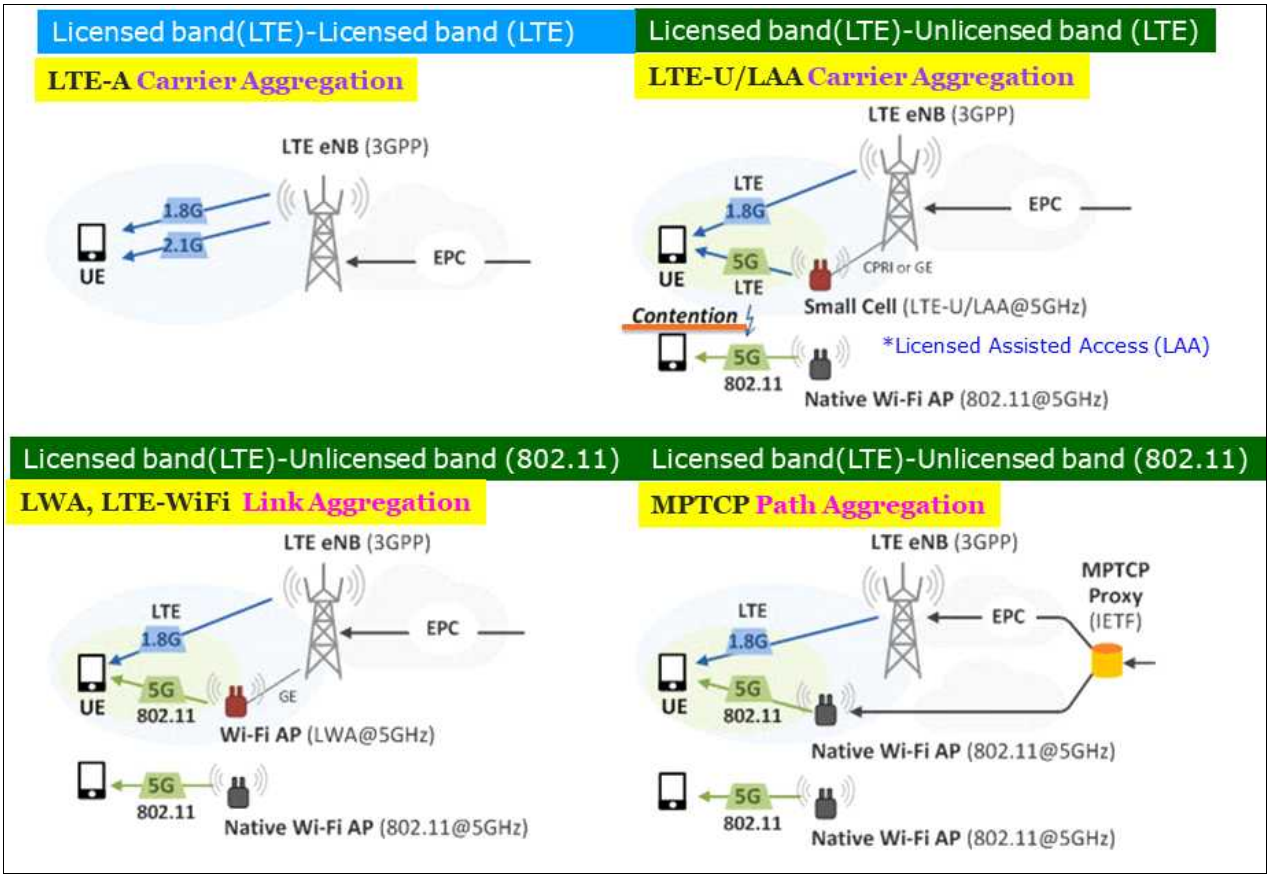
  ※ IoT 서비스 활용이 비면허대역 전체 85~90% 비율로 예측 (Semtech 2015)

구 분	산업용 주파수		생활용 주파수	
	신산업	스마트공장	사회인프라	개인생활
주요 활용사례	드론, 자율차, AI로봇, IoT, 무선전력전송 등	공장자동화, 건설현장제어, 충돌방지 등	공공 WiFi, 미세먼지·녹조 감시 시설물 안전탐지 등	무인주차, 웨어러블 디바이스, 체내의료기기 등



o mmWave – 5G/6G 새로운 무선 데이터 Highway

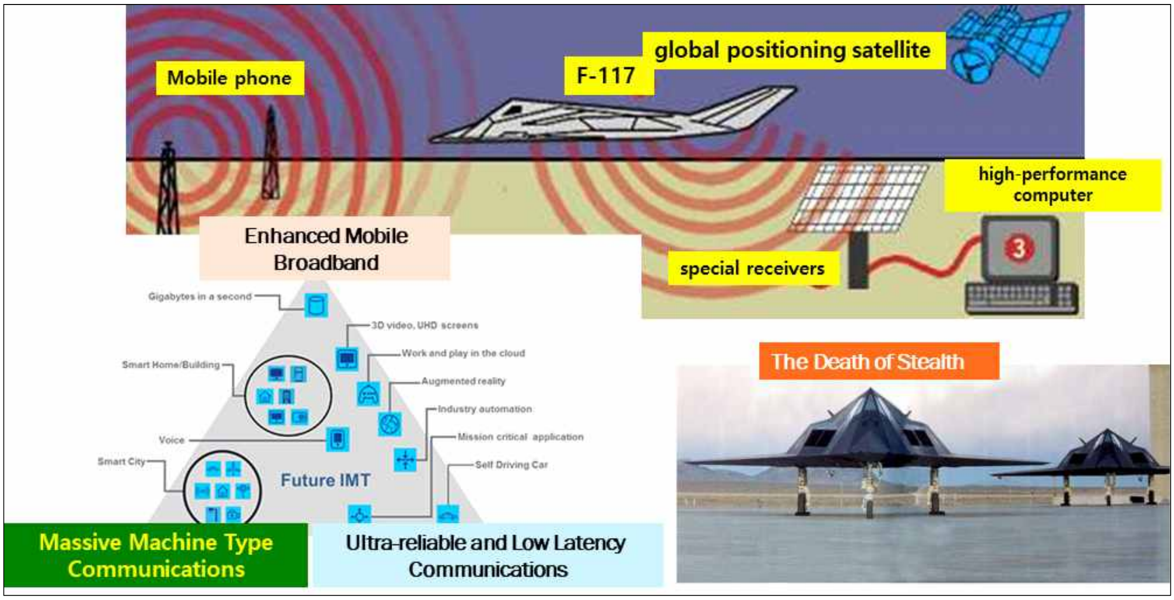
- (mmWave, (sub)THz 활용) 저주파 대역에 비해 더 넓은 대역폭을 활도할 수 있어 고속 데이터 통신과 대역폭에 비례하는 고정밀 센싱(레이다) 등 5G/6G, WiGig(802.11ad), HR 차량충돌레이다, 대용량 무선 backhaul, 데이터 센터 내 고속통신 등에 응용이 가능함



○ 면허와 비면허의 동행 – Aggregation Technology

- (LTE 면허대역과 비면허 대역의 조화 활용) 면허대역 전용 LTE기술의 비면허대역(5㎓) 이용이 가능해짐에 따라, 향후 실시간 영상 송수신이 가능한 LTE 자가망과 WiFi6e와 연계 등 다양한 방식으로 면허와 비면허를 조화롭게 연계하여 사용하는 방식 등장

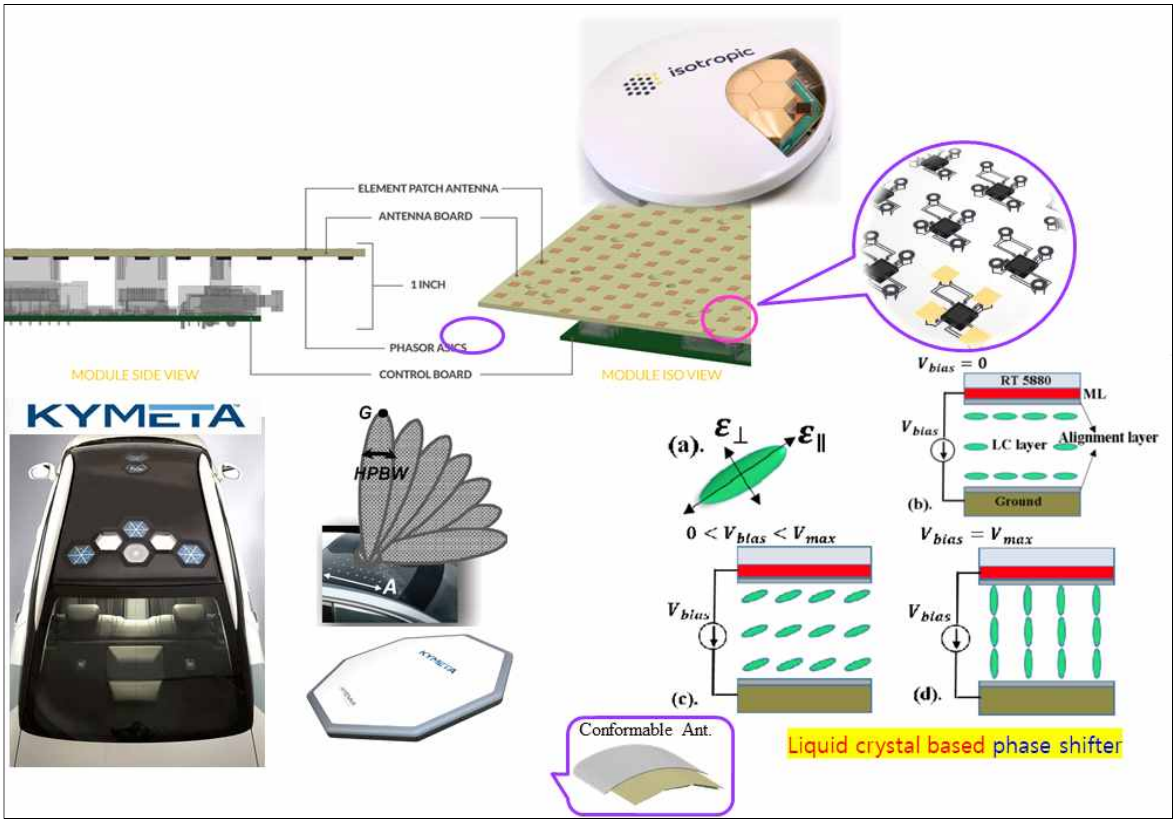
3-6. Networking의 힘!



ㅇ 모든 무선 ICT 장비를 networking하면

- (Stealth기 탐지 Passive Radar 개념) 모든 무선 전자기기를 연동한 passive radar

- (1) 지상의 모든 이동전화 기지국, 라이오, TV, 위성 통신·방송들은 고유한 할당 주파수 신호를 방출하고 수신함. 이러한 신호들은 공중에서 움직이는 항공기에 의해 경로 손실 왜곡이 발생함 -> 전파 foot print 발생
- (2) 특정 지역에 흩어져 있는 초광대역 전용 (passive) 수신기 상호 시각 동기된 상태로 대기 중의 상용 전파 통신, 방송, 전용 신호를 모두 수신함
- (3) 수신기는 모든 신호 데이터를 처리하고 항공기 위치를 탐지 추적할 수 있는 컴퓨터 연결
- (4) multi-static passive radar는 스텔스 항공기(그림: F-117)와 같이 전면 RCS가 작아 기존의 mono-static 레이더 신호로 탐지가 어려운 경우, 신호의 산란 경로와 무관하게 반사가 있는 경우 효과적인 탐지가 가능

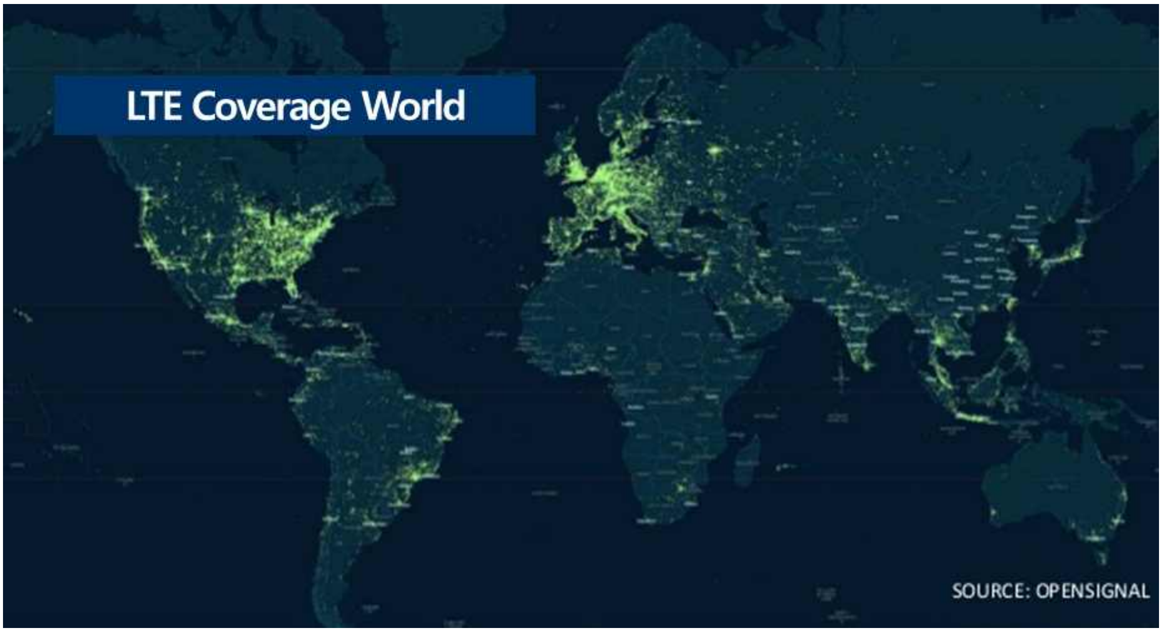


○ 빔포밍 안테나 시스템: 전자조향식 평면형(low profile) 안테나

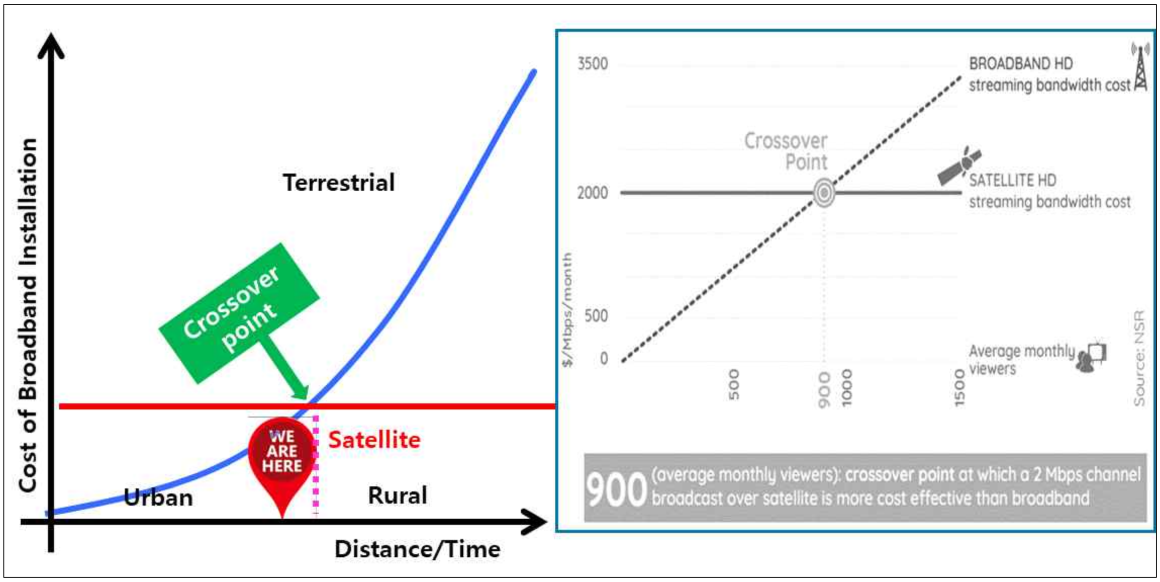
- (**차량용 빔 포밍 안테나**) 드론, 자율차와 같은 미래 이동체의 통신 기능은 빠른 빔 추적과 미관상 돌출되지 않은 안테나 시스템을 요구하고 있음. 이동체의 이동특성을 반영할 때 전기적으로 넓은 수신/송신 빔폭을 가변할 수 있는 기능이 중요
- (**설계이슈**) 현재 알려진 문제인 수천 개의 위상변위기, 다층기판 가공 등의 저가화, 전력소모, 자동 보정(calibration) 등의 해결이 필요
- (**마이크로파/밀리파 응용 유전체 가변 소재**) 설계 이슈를 해결하는 방법으로 평판 디스플레이에 사용되고 있는 인가전압에 따라 분극 특성이 바뀌는 액체 크리스털을 활용한 가변 유전율 구조가 거론되고 있음. 현재는 가시광영역에서 굴절율(유전율) 가변 특성에 최적화 되어있으나 마이크로파 대역에서 유전상수와 저손실 특성에 맞춰 연구가 필요

3-7. New Space 시대의 서막이 오르다

o 지상망 vs 위성망

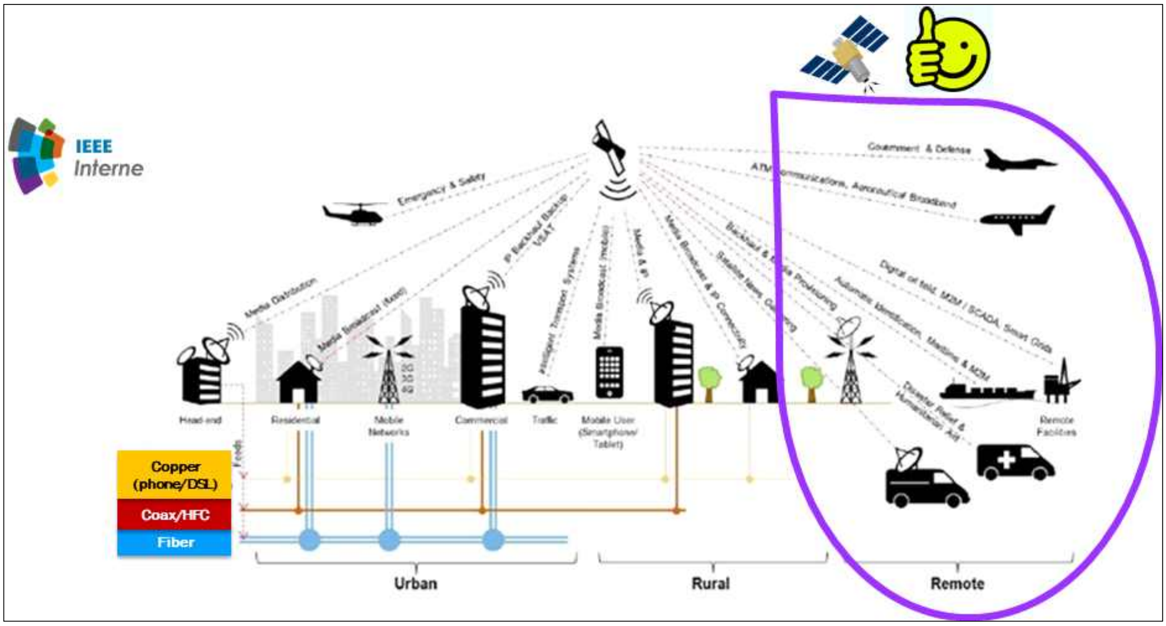


- **(위성의 필요성: Last 1 mile이 아닌 Last 1% 문제)** 지상 LTE 통신망의 현재 서비스 커버리지는 선진국 대도시를 중심으로 형성되어 있어 아직도 전체 지구 중 일부만 가능함. 전체 지구 인구의 최종 1%에 LTE 서비스를 제공하기 위한 비용은 초기 95%에 도달하는 비용의 거의 40배 수준으로 지상망을 이용한 지구 전체 서비스 커버리지를 설계하는 것은 경제성이 없음



- **(위성통신 vs 지상통신)** 지상망과 비교하여 위성망은 초기 투자비용이 발생하나 커버리지 상승에 따른 비용이 거의 발생하지 않기 때문에 수익성이 높은 도심 구간은 지상망으로 구축하고 교외지역은 위성망으로 구축하는 것이 경제적. 선진국을 중심으로 구축된 지상망 4G는 매출 정체에 들어가고 있어 글로벌 커버리지를 위해 위성망에 대한 관심이 고조됨. 위성망은 기존의 정지궤도가 아닌 이동통신이 가능한 저궤도 위성으로 망을 구축하는 것이 필요

○ **지상망과 위성만의 통합**



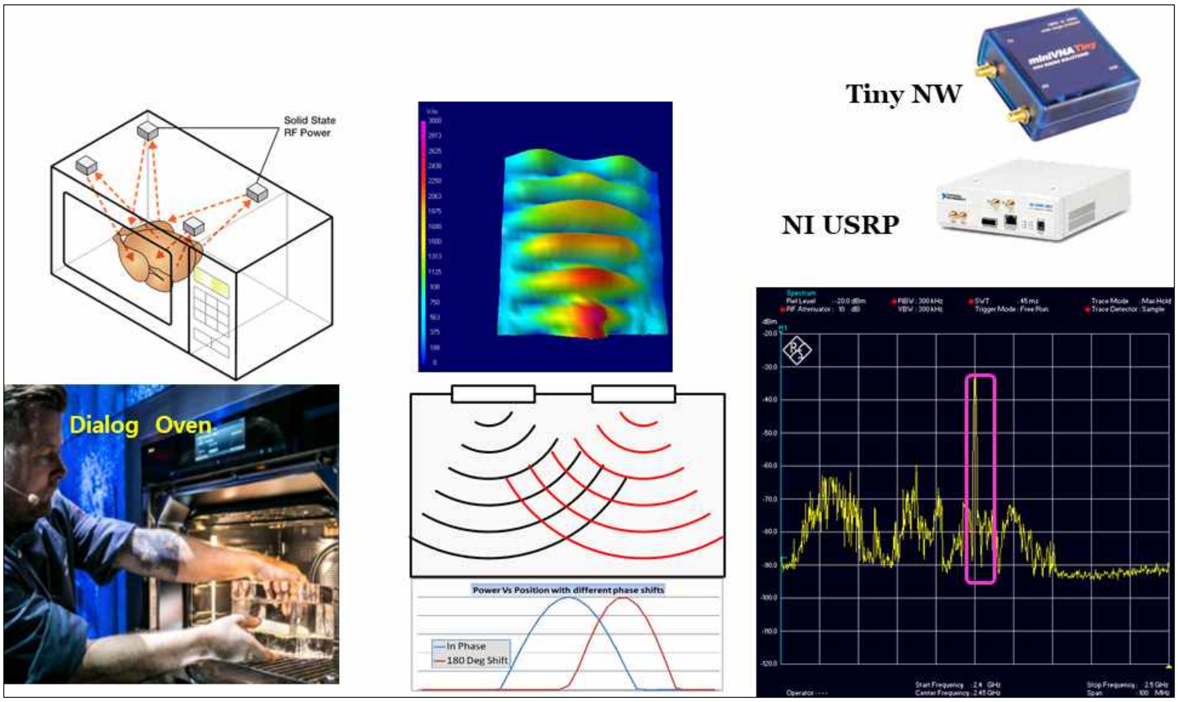
https://iot.ieee.org/newsletter/march-2016/the-internet-of-space-ios-a-future-backbone-for-the-internet-of-things.html

- **(지상망과 위성망의 연계/통합)** 지상망은 낮은 지연시간, 고용량 데이터 전송 등에 활용, 위성망은 넓은 커버리지 중간 또는 높은 지연시간※이 허용되는 서비스 중심으로 운영
  ※ LEO: 8 ~ 15 ms, GEO: 540 ms
- 최근 저궤도 위성을 활용한 위성통신 기술이 급격히 발전 중이며 6G 시대에는 저궤도 위성기반 이동통신 서비스 보편화 예상. 3GPP 5G 통신 규격과 연계된 위성통신 NTN(Non Terrestrial Network) 진행으로 향후 지상망과 위성망을 하나의 표준으로 다루게 됨
- **(위성 통신용 저궤도 군집위성)** 위성을 이용하여 글로벌 커버리지를 갖는 프로젝트가 활발히 진행되고 있음. 위성 궤도는 통신 지연시간을 짧게 유지하기 위해 저궤도 또는 중궤도를 위성을 수백에서 수천개 규모로 진행하고 있음

구분	OneWeb	SpaceX	Telesat
위성수	720	12,000	117
서비스개시	2021년	2020년	2020년
FWD 최대용량	1.56Tbps	64.3Tbps	2.66Tbps
평균속도/위성	2.17Gbps	5.36Gbps	22.74Gbps
주파수	Ku &Ka	Ku &Ka &V	Ka

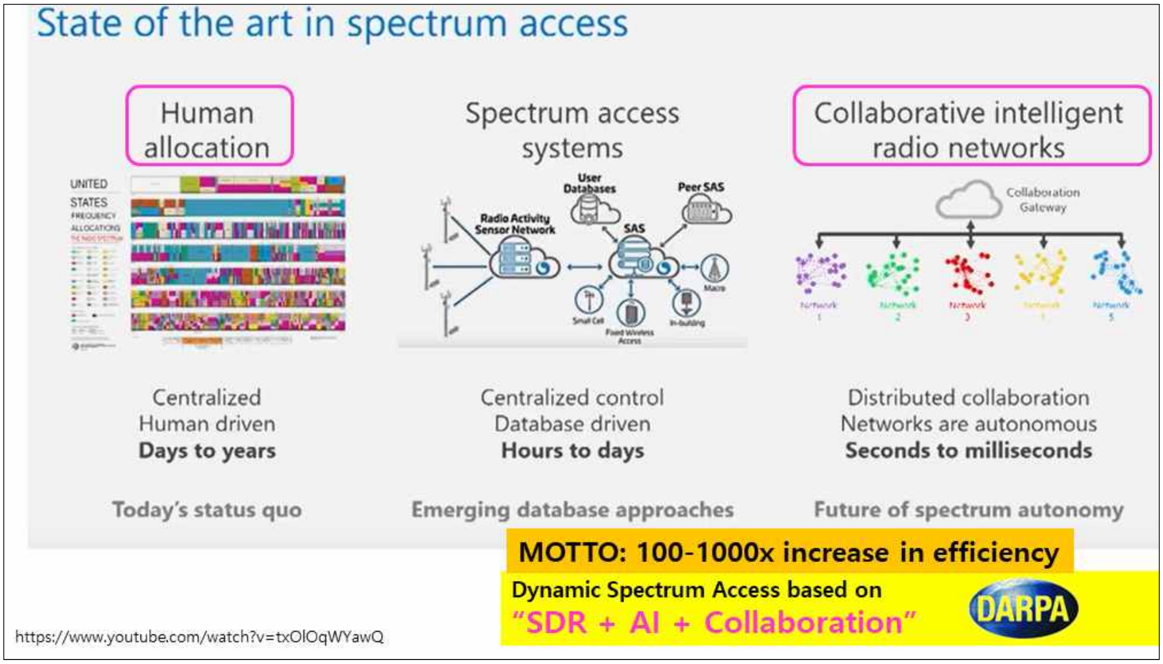
3-8. if(전파 + 지능), →

o 지능형 전파산업



- **(지능형 전파산업의 정의)** 지금까지 전파산업은 HW를 기반으로 발전하다가 ICT의 기술 가속에 의해 2000년대 중반부터 급격하게 SW중심으로 바뀌어 가고 있음. 지능형 전파산업이란 HW기반 플랫폼에 편의성과 기능제어를 위해 SW를 더하여 기술적 가치를 높이는 산업을 말함
- **(지능형 전파산업의 예)** 스마트 마이크로웨이브 오븐 (전자레이인지)의 예로 기존의 마그네트론 대신 위상제어가 쉬운 반도체 기반의 GaN 전력증폭기를 케비티 4곳에 부착하고 이를 펄스폭 변조(PWM)와 위상을 제어함. 음식을 데울 때 전력 증폭기의 각각의 위상제어를 통해 선택적인 부위를 가열할 수 있음. PLL기반으로 제어를 하기 때문에 기존 마그네트론에 의한 WiFi 간섭을 최소화 할 수 있음. 스마트폰 어플을 통해 지정된 요리 레시피를 다운 받아 표준적인 요리를 할 수 있음 --> 전통적인 마이크로웨이브와 달리 스마트폰 어플을 통해 요리를 표준화 할 수 있고, 정교한 가열을 가능하게 함

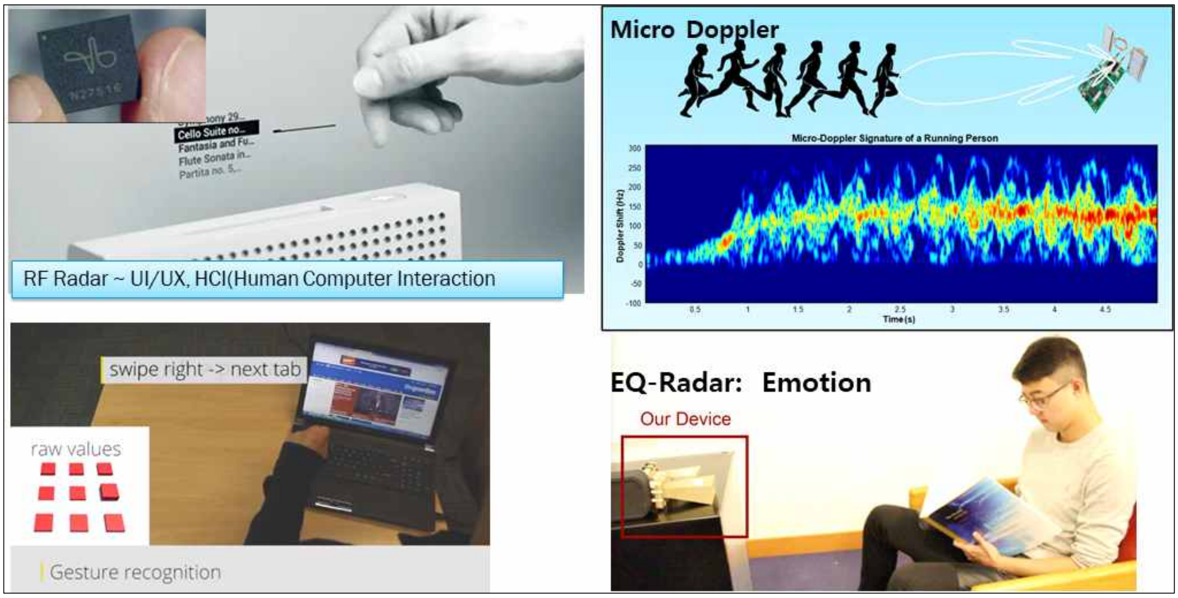
o SDR 기반 통신 시스템에서 주파수 할당 문제



- **(지능형 스펙트럼 할당)** 미래의 통신 단말은 HW성능 극대화로 유연성이 높은 SDR로 변경됨을 가정하면 통신 주파수 스펙트럼 할당도 기존에 배타적인 할당이 아니라 상호 서비스간 협업에 의해 유연성 있는 스펙트럼 정책이 가능할 것으로 보임. 각 단말기는 AI를 적용하여 비어있는 주파수 스펙트럼을 찾아 접속하고, 상호 협업에 의해 스펙트럼의 효율을 극대화 하는 방향으로 접속함
- **(미국 DARPA에서 진행하는 스펙트럼 챌린지)** SDR 기능을 갖는 USRP를 이용하여 상호 협업에 의해 주어진 환경(경기장)에서 데이터 전송량으로 챌린지를 진행하고 있음. SDR+AI+협업을 통해 기존 주파수 스펙트럼의 효율을 100-1000배 개선하는 것이 챌린지의 목표
- **(미래 스펙트럼 정책)** 2030년 경 6G이후의 통신은 SDR 기능이 대폭 강화되고 HW제어에 AI를 활용하여 스펙트럼에 접속할 것으로 보임. 다양한 로컬과 글로벌 표준을 모두 수용하여 유연성 있는 서비스를 구현하고 스펙트럼 접속에 있어서도 면허, 비면허, 공유형 면허 등 다양한 접속이 가능할 것으로 예상됨. 마치 도로위 신호등이 없는 자율형 자동차 시대가 주파수 스펙트럼에 적용되는 것과 유사한 방식으로 스펙트럼 정책이 펼쳐질 수 있음. 이를 위한 요소기술로 Flexible/Intelligent Spectrum Management, CR 기반, 위치정보 DB 기반, 주파수 공유 Multiple Access, AI/확률기반 접속, In-band Full-duplexing, 면허/비면허 상호 공조, 센싱과 통신의 융합 등을 생각해 볼 수 있음

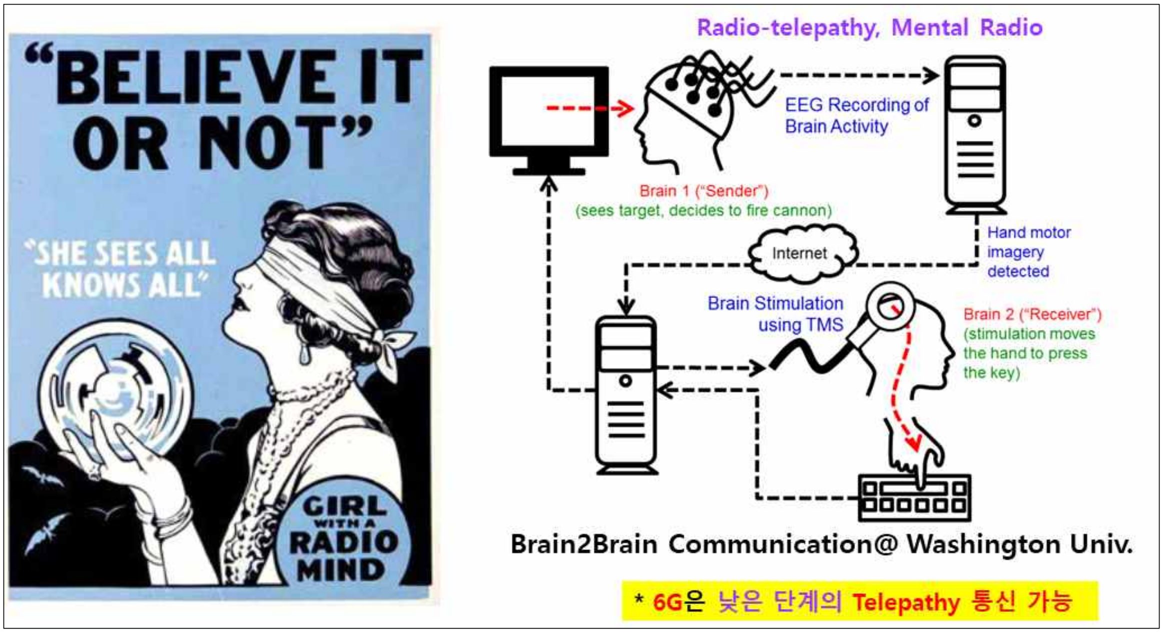
3-9. 지금까지 이런 레이다는 없었다!

○ 레이다, 군용에서 생활・산업로



- (**레이다의 기술 발전 경향**) 레이다는 2차대전에서 본격적으로 군용에 적용된 이래 큰 기술적 발전을 이루었음. 1960년 골든 무어의 기고문에서도 나오듯 반도체 집적도의 증가로 건물 크기의 레이다기능이 손톱 크기정도로 작아질 것으로 예측하고, 지금 이러한 칩들이 수십불 이하의 저가로 선보이고 있음. mmWave에서 수 GHz 의 넓은 대역폭을 가지고 높은 해상도를 갖는 레이다가 HW 플랫폼 형태로 공급이 되고 사용자는 원하는 서비스를 SW만으로 구현할 수 있음. 이러한 기술적 트랜드에 맞춰 레이다는 군용에서 산업생활 영역으로 들어와 일상의 다양한 분야에 적용되고 있음
- (**전통적인 기능의 레이다 vs 산업・생활 레이다**) 전통적인 레이다는 타겟을 탐지 추적하여 위치, 속도, 방향 정도를 계산 기능을 주로 수행하고 있는데 반해, 산업생활 레이다는 미세한 움직임, 물질 성분 분석, 호흡과 심박 등 다양한 타켓을 분석하고 여기에 AI의 학습 기능을 이용하여 심리 분석까지도 시도하고 있음. 이처럼 산업생활 레이다는 전파를 이용하여 다양한 주변 정보를 수집하는 기능을 수행함

○ 감정 인식과 Telepathy

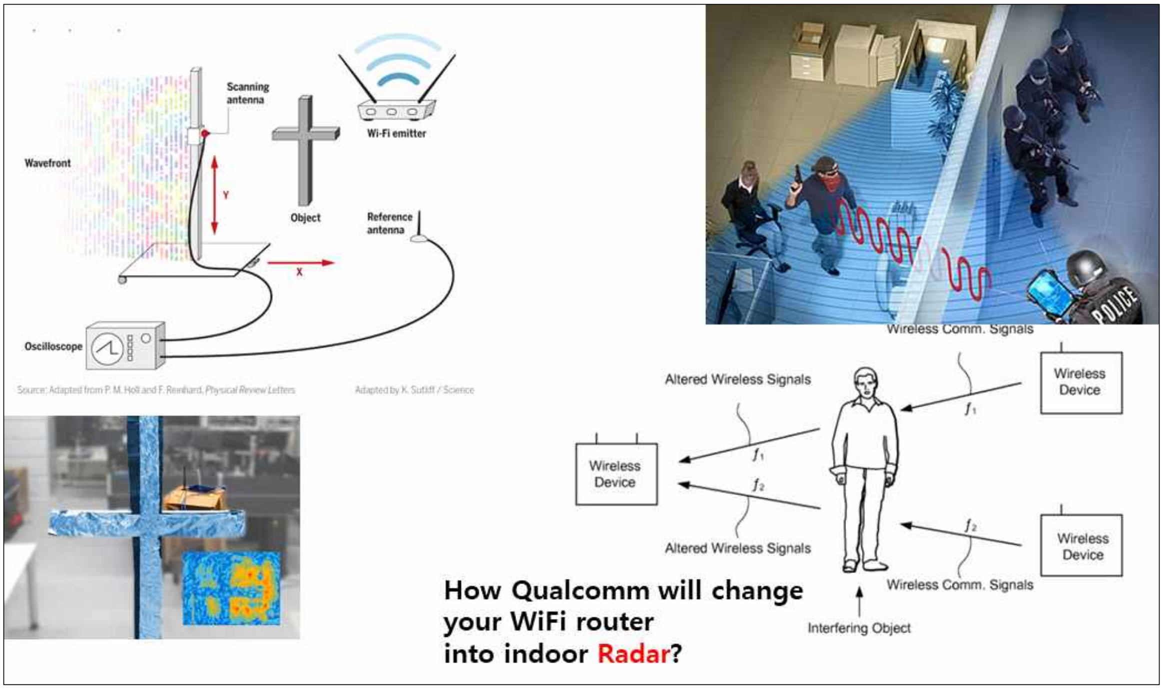


- (Brain-Brain 통신) 최근 뇌파를 읽거나 뇌파를 쓰는 연구를 통해 뇌파의 기능에 관한 많은 연구가 진행되고 있음. 또한 뇌파를 인터넷 망에 접속하는 IoB(Internet of Brain)의 연구들이 진행되고 있음. 전파센싱(레이다)는 인간의 호흡과 심박 정보를 수집하고, 인체의 미세한 움직임을 찾고 분석할 수 있음. 여기에 기계학습을 통해 이를 인간의 감정, 심리상태 분석을 수행하고 통신을 하게 되면 낮은 단계의 텔레파시 통신이라 할 수 있음. 미래의 통신에는 언어에 의한 정보 뿐 아니라 다양한 감정까지 전달이 가능할 것임

ㅇ 산업 생활 레이다 센서 주요 활용 분야

구분	활용분야	주파수 및 적용기술
차량용 레이다	① 전후방 충돌방지 레이다, ② ACC(Automatic Cruise Control), ③ LCA(Lane Change Assist), ④ BSD(Blind Spot Detection), ⑤ 자율주행 등	① 주파수 : 24㎓ ISM 대역, 76~79㎓ 대역 ② 적용기술 : FMCW, Chirp, 안테나 빔 제어 등
레벨측정	① 유류탱크 레벨 측정, ② 유조선을 포함한 선박 내 유류 레벨 측정, ③ 하천 및 댐 등의 수위 측정, ④ 대형 크레인 제어, ⑤산업체 응용 등	① 주파수 : 5.8㎓, 10.5㎓, 24㎓, 26㎓ ② 적용기술 : FMCW, Pulse RADAR 등
보안	①침입 감지, ②Perimeter Protection, ③해안 감시 등	① 주파수 : 5.8㎓, 10.5㎓, 24㎓ ② 적용기술 : CW 도플러, Bi-static RADAR 등
기타	① ITS(도로레이다), ② 지하 광물자원 탐지, ③ 지뢰 탐지, ④ 재난지역 인명탐지, ⑤ Weapon Detection, ⑥ 자동문 제어, ⑦ 조명 및 에너지 제어 등	① 주파수 : 2.4㎓, 5.8㎓, 10.5㎓, 24㎓ (2)적용기술 : CW 도플러, FMCW, Pulse RADAR 등
미래응용분야	① 비접촉 생체정보 수집, 원격 생체정보 감시 등의 바이오/의료 분야, ② 스마트 자동차, ③ 무인기(드론), ④ 스마트 로봇, ⑤Gesture Recognition 등의 User Interface	① 주파수 : 2.4㎓, 5.8㎓, 10.5㎓, 24㎓, 35㎓ ② 적용기술 : Wi-Fi RADAR, FMCW, Pulse RADAR, UWB RADAR, 안테나 제어 등

ㅇ 무선 통신기기 자체가 레이다



- (Wi-Fi holography/Radar) 최근 WiFi에 MIMO가 적용이 되어 AP와 STA, AP-AP의 다양항 경로를 확보하여 경로상의 전파를 상시 모니터링이 가능함. 이를 전파 안전 펜스로 활용하여 공간내 물체 변화를 탐지할 수 있음. 다양한 전파 경로에서 동선 파악이나 사람의 수를 셀 수 있는 기능을 연구하고 있음. 따라서 모든 무선기기간의 전파 송수신을 분석함으로써 레이다 기능을 갖을 수 있음

4. 요약

o 전파 응용 확대:

- 전파산업은 방송에서 시작하여 무선통신을 거쳐 센싱(레이다), 에너지 전송으로 활용 범위가 급격히 확대되고 있음
- 전파는 과거 인프라 구축인 원거리 응용에서 근거리(스몰셀 등) 다중 접속으로 경향성이 바뀌고 있음
- 전파의 신산업으로 전파의 파동의 반사와 투과 특성과 에너지 전달 특성을 이용하여 의료 분야 활용이 늘어나고 있음
- 센싱(레이다) 분야 전파응용은 과거 군용에서 산업생활로, 고출력에서 저출력, UHF 대역 저해상도에서 mmWave 대역의 고해상도, 타켓 물리정보(위치, 속도, 방향)에서 미세움직임이나 심리상태 분석으로 확대되고 있음

o HW 혁신 지속:

- HW 혁신은 정밀가공, 반도체 집적도 향상으로 과거 6 GHz미만에서 mmWave 대역으로 주파수 활용범위 확대되고 있음
- mmWave 대역의 전파활용을 위해 도전적 문제 해결을 위해 빔 포밍(주로 높은 대역), MIMO (주로 낮은 대역)을 적용하고, 원천적 소재가공 기술 개발 필요

o SW/지능화 중심:

- 전파산업은 과거 HW 중심으로 형성되었으나 타 산업과 유사하게 2000년대 중반이후 SW 지능화화 변화하고 있음.
- HW는 SW를 구동하기 위한 플랫폼화된 형태로 개발되는 경향이 있음

o 군집/네트워크화:

- 과거 HW 기술 성숙으로 디바이스 수가 늘어나면서 디바이스를 네트워킹함으로써 성능을 개선하는 다양한 사례가 출연하고 있음
- 지상망 통신 인프라 구축의 경제성 한계로 최근 글로벌 서비스를 위한 저궤도 군집형 위성 산업 시대가 도래하고 있음

제 2 절 전파이용산업 동향 분석

1. 서론 ······ 51
  1-1. 추진 배경 및 필요성
    1-1-1. 추진 배경
    1-1-2. 연구의 필요성

2. ICT 주요품목 동향조사 ······ 52
  2-1. 정보통신기술 산업 통계조사, 2019 ICT 주요품목 동향조사
    2-1-1. 통계조사기관
    2-1-2. 조사 개요
  2-2. ICT 분야 매출액 동향 (2019)
    2-2-1. ICT 분야 전체 매출액 동향 (2019)
    2-2-2. 정보통신방송기기 매출액 동향 (2019)
    2-2-3. 정보통신방송서비스 매출액 동향 (2019)
    2-2-4. 소프트웨어 매출액 동향 (2019)
    2-2-5. ICT 주요 분야 통계

3. 전파자원의 개념 및 범위 ······ 63
  3-1. 전파자원 활용 및 융합
    3-1-1. 전파자원의 정의 및 범위
    3-1-2. ICT 연구개발 기술분류 체계
  3-2. 기관별 전파 자원의 분류
    3-2-1. 한국전자통신연구원 (ETRI) 분류
    3-2-2. 정보통신기획평가원 (IITP) 분류

4. 전파 관련산업 시장 분석 ······ 69
  4-1. 전파 관련 산업 시장규모 및 성장
  4-2. 전파 관련 산업의 패러다임 변화
    4-2-1. 전파자원의 공급과 패러다임 전환
    4-2-2. 전파기능의 확대
    4-2-3. 주파수 수요 변화
    4-2-4. 응용 서비스 증가
    4-2-5. 새로운 시도와 융합

5. 전파 이용산업 동향 분석의 지향점 ······ 86
  5-1. 국내 전파 이용산업 동향 및 통계 분석
  5-2. 일본의 전파 이용산업 동향분석

6. 요약 ······ 88

1. 서론

1-1. 추진배경 및 필요성

1-1-1. 추진배경

- 전파산업의 개념과 범위의 변화

전파자원의 활용은 전파의 물리적 특성을 이용한 기술로서 방송·통신·공공 네트워크의 정보 전송과 디바이스, 에너지, 전파환경 등의 전파융합 서비스 및 제품을 창출하는 분야임

전파자원 활용과 융합 분야는 현 ICT R&D 기술분류 체계에 근거하여 “전파기반”, “전파응용”, “전파자원·환경” 등 3개의 카테고리로 구분 가능함

- ❍ 기술의 발전과 타 산업의 융합을 통해 방송·통신을 포함한 전통적인 전파이용 산업뿐만 아니라 자동차, 로봇 등 새로운 전파이용 산업의 발전을 위한 기반 기술로 널리 활용됨에 따라 전파산업의 개념과 범위 역시 지속적으로 확대되고 있음
- ❍ ICT 주요품목 동향조사는 과학기술정보통신부의 통계청 국가승인통계로서, 1997년부터 현재까지 정부의 연구기반조성사업 과제로 수행됨

1-1-2. 연구의 필요성

- 전파자원의 공급과 패러다임 전환

전파기능의 확대에 따라 전파이용의 패러다임 전환을 포함할 수 있는 새로운 전파산업 분석의 통계 방식이 요구됨

- ❍ 전파가 센싱, 에너지 전송, AI 등과 접목되면서 기술 및 서비스의 개선이 이루어지고 전파 융합 서비스 및 제품이 등장하는 전파이용의 패러다임 전환이 이뤄지고 있음
- ❍ 현재 정보통신기술산업 통계조사는 1997년에 제정된 분류 방식에 의한 통계이므로 전파핵심산업에 대한 분석이고, 전파이용산업의 동향분석을 위한 자료가 없음
- ❍ 전파산업 육성을 위해 변화하는 전파이용의 패러다임을 포함할 수 있는 통계조사 및 분석이 요구됨

2. ICT 주요품목 동향조사

2-1. 정보통신기술 산업 통계조사, 2019 ICT 주요품목 동향 조사

2-1-1. 통계조사기관

□ 1997년부터 현재까지 정부의 연구기반조성사업 과제로 수행함
□ 과학기술정보통신부 정보통신산업정책관 정보통신청책과에서 통계 작성을 담당함
□ 2013년부터 한국정보통신진흥협회(KAIT)와 한국전자정보통신 산업진흥회(KEA)가 조사범위별로 자료를 조사하여 작성함
  ○ 조사기관별 작성범위는 다음과 같이 구분됨
  ○ KAIT 홈페이지 www.kait.or.kr의 'ICT통계월보'와 KEA 홈페이지 www.gokea.org의 'ICT주요품목동향조사'에서 통계자료를 확인할 수 있음
  ○ 두 개의 기관에서 취합된 자료들은 www.itstat.go.kr의 "ICT산업, 통계자료실"에서 확인 가능함

<표 2-1>. 정보통신기술산업 통계 작성 범위 [출처 : 참고문헌-1]

구 분	통계 작성 범위
한국정보통신진흥협회	정보통신방송기기(통신 및 방송기기, 영상 및 음향기기), 정보통신방송서비스(통신서비스, 방송서비스, 정보서비스), 소프트웨어
한국전자정보통신산업진흥회	정보통신방송기기(전자부품, 컴퓨터 및 주변기기, 정보통신응용기반기기)

2-1-2. 조사개요

□ 신속 정확한 기업규모별 ICT분야 기초통계 생성을 위해 매월 ICT 주요품목 동향조사를 실시함으로써 정부의 정책수립이나 기업 경영전략 수립의 기초자료로 활용함
□ '정보통신방송기기', '정보통신방송서비스', '소프트웨어' 부문 해당 사업체의 일반사항과 주요품목에 대한 생산액(매출액)을 조사함
□ 표본설계에 의한 표본조사 형식으로 조사함
□ ICT산업 6,268개 업체(중분류간 중복허용)를 범위로 함

○ 3,011개 정보통신방송기기 업체, 1,425개 정보통신방송서비스 업체, 1,832개 소프트웨어 업체

○ 모집단을 전수층과 표본층으로 구분하여 주어진 정도와 신뢰계수를 만족하는 가층의 크기를 결정하는 절사법(Cut-off Method)을 응용함

○ 전수층은 매출액이 일정규모(절사점) 이상인 사업체는 모두 표본으로 선정함

○ 표본층은 매출액이 일정규모(절사점) 미만인 사업체는 선형계통 추출을 시행함

○ 적정 표본 확보를 위해 각 품목별로 전체 생산액 비중의 하위 0.5% 이하 생산액을 가진 업체는 조사모집단에서 절사함

○ 허용오차는 95% 신뢰수준하에 각 품목별로 ±5~10% 사이에서 표본크기를 결정함

<표 2-2>. ICT 주요품목 동향조사 표본 규모 [출처: 참고문헌-1]

구 분	모집단	조사 모집단	표본수		
			대	중소	개수
정보통신방송기기	8,917	8,349	475	2,536	3,011
전자부품	2,528	2,434	199	881	1,080
컴퓨터 및 주변기기	384	374	17	179	196
통신 및 방송기기	1,412	1157	49	361	410
영상 및 음향기기	414	337	27	97	124
정보통신응용기반기기	4179	4047	183	1018	1,201
정보통신방송서비스	4,023	3,063	675	750	1,425
통신서비스	636	489	256	126	382
유선통신서비스	272	216	161	26	187
무선통신서비스	27	22	15	6	21
통신재판매 및 중개서비스	337	251	80	94	174
방송서비스	1,118	929	236	93	329
지상파방송서비스	241	199	43	20	63
유료방송서비스	325	309	150	15	165
방송프로그램 제작·공급	515	391	38	52	90
기타 방송서비스	37	30	5	6	11
정보서비스	2,269	1,645	183	531	714
정보인프라서비스	507	353	45	131	176
정보매개 및 제공서비스	1762	1292	138	400	538
소프트웨어	12,465	8,731	236	1,596	1,832
패키지소프트웨어	5,378	4,146	74	762	836
게임소프트웨어	521	297	16	230	246
IT서비스	6,566	4,288	146	604	750
전 체	25,405	20,143	1,386	4,882	6,268

※ 모집단 : 본 조사의 모집단은 2018년 『ICT실태조사』의 사업체수임(품목별 중복 허용)
※ 표본수 : 모집단에서 추출한 표본업체 수(품목별 중복 허용)

2-2. ICT 분야 생산액 동향 (2019)

□ ( ) 는 전년동월대비 증감률을 나타내고, P는 Preliminary(잠정치)를 나타냄

2-2-1. ICT 분야 전체 생산액 동향 (2019)

□ 2019년 12월 생산액(매출액)은 41.7조 원으로 전년동월대비 2.1% 감소, 전월대비 8.5% 증가함

ㅇ 현 ICT 분야의 생산액은 전통적인 전파이용 산업에 대해 책정되므로 정체된 듯한 추세를 보임

ㅇ 현 ICT 분야의 생산액은 정보통신방송기기가 가장 큰 영역을 차지함

표 3. ICT분야 전체 생산액 동향 [출처 : 참고문헌-1]

구 분	2018년	2019년 10월P	2019년 11월P	2019년 12월P	2019년1~12월P
ICT분야 생산액	5,017,265 (6.4)	391,069 (Δ12.2)	384,120 (Δ9.5)	416,869 (Δ2.1)	4,572,047 (Δ8.9)

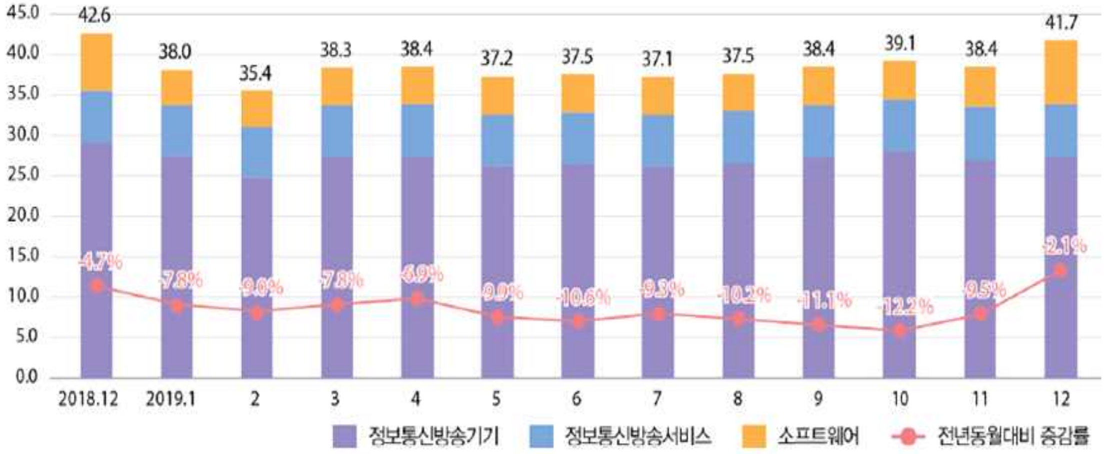


그림 1. 월별 ICT분야 전체 생산액 동향 [출처 : 참고문헌-1]

2-2-2. 정보통신방송기기 생산액 동향 (2019)

□ 정보통신방송기기 생산액은 2019년 12월 기준 27.4조 원으로 전년동월대비 5.6% 감소, 전월대비 1.5% 증가함

표 4. 정보통신방송기기 생산액 동향 [출처 : 참고문헌-1]

정보통신방송기기	3,679,382 (7.3)	278,847 (Δ16.0)	270,005 (Δ12.3)	273,932 (Δ5.6)	3,218,685 (Δ12.5)
전자부품	2,380,249 (8.7)	170,989 (Δ21.8)	162,227 (Δ18.5)	163,508 (Δ13.3)	1,963,110 (Δ17.5)
컴퓨터 및 주변기기	121,858 (7.7)	10,264 (Δ0.6)	10,118 (26.2)	10,300 (33.2)	99,625 (Δ18.2)
통신 및 방송기기	415,747 (Δ6.1)	33,712 (Δ2.5)	33,317 (3.5)	33,177 (10.8)	396,963 (Δ4.5)
영상 및 음향기기	97,637 (Δ1.8)	7,688 (5.1)	7,667 (6.9)	7,743 (8.5)	92,325 (Δ5.4)
정보통신응용기반기기	663,891 (14.0)	56,194 (Δ8.4)	56,676 (Δ7.8)	59,204 (4.5)	666,662 (0.4)

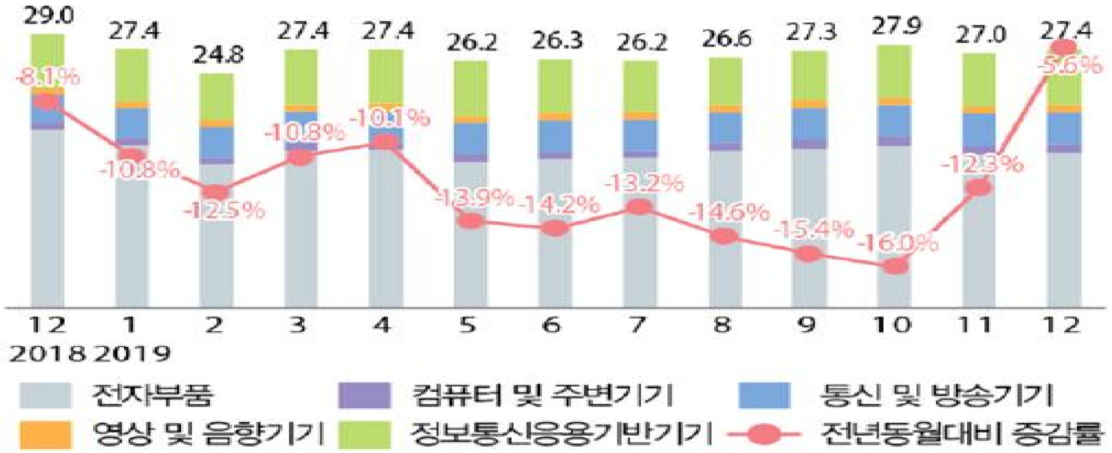


그림 2. 월별 정보통신방송기기 생산액 동향 [출처 : 참고문헌-1]

□ 전자부품의 생산액은 2019년 12월 기준 전년동월대비 13.3% 감소, 전월대비 0.8% 증가함

- ○ 전년동월대비 반도체 단가 하락 및 수요 회복 지연, 주요업체의 LCD 생산량 조정 및 패널 수요 감소로 12월 전자부품 전체 생산액이 전년동월대비 13.3% 감소함
- ○ 반도체는 전년동월대비 19.2% 감소, 전월대비 1.2% 증가함
- ○ 평판디스플레이는 전년동월대비 6.3% 감소, 전월대비 0.5% 증가함
- ○ 기타 전자부품은 전년동월대비 0.7%, 전월대비 0.1% 감소함

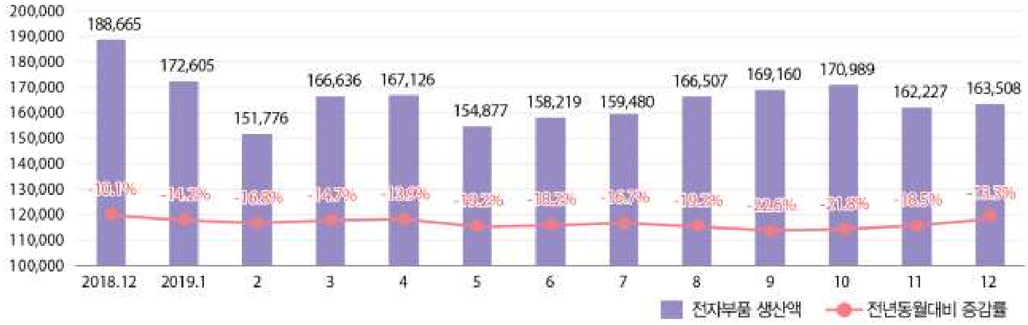


그림 3. 전자부품 생산액 동향 (단위 : 억원) [출처 : 참고문헌-1]

□ 컴퓨터 및 주변기기의 생산액은 2019년 12월 기준 전년동월대비 33.2%, 전월대비 1.8% 증가함

❍ SSD 등 보조기억장치 수요회복 및 판가상승 영향으로 12월 컴퓨터 및 주변기기 전체 생산액이 전년동월대비 33.2% 증가함

❍ 주요증가품목은 보조기억장치, PDA 및 기타소형 컴퓨터, 기타컴퓨터 주변기기임

❍ 주요감소품목은 컴퓨터부품, 기타디스플레이장치, 프린터임

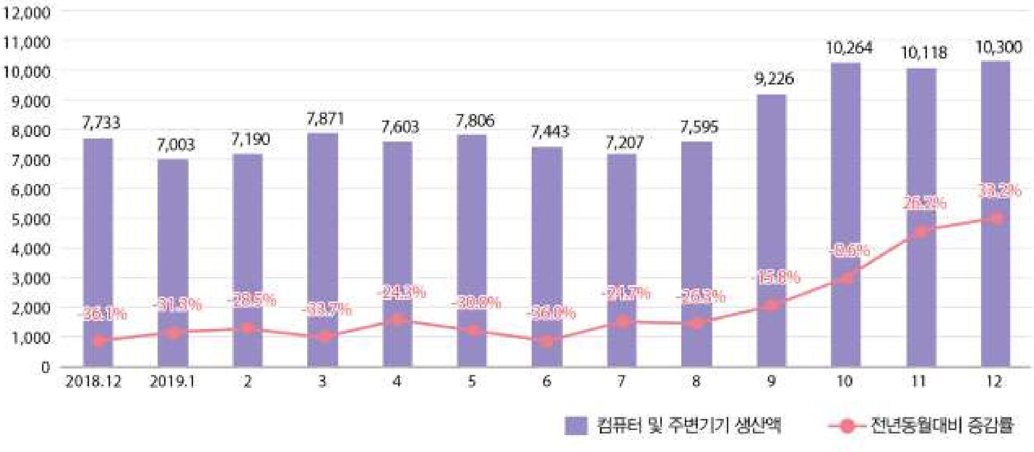


그림 4. 컴퓨터 및 주변기기 생산액 동향 (단위 : 억원) [출처 : 참고문헌-1]

□ 통신 및 방송기기의 생산액은 2019년 12월 기준 전년동월대비 10.8% 즈가, 전월대비 0.4% 감소함

○ 스마트폰 시장 글로벌 경쟁 심화 등으로 전체 누계 생산액이 감소함
○ 통신기기는 전년동월대비 10.7% 증가, 전월대비 0.4% 감소함
○ 방송용장비는 전년동월대비 11.8% 증가, 전월대비 0.05% 감소함

그림 5. 통신 및 방송기기 생산액 동향 (단위 : 억원) [출처 : 참고문헌-1]

□ 영상 및 음향 기기의 생산액은 2019년 12월 기준 전년동월대비 8.5%, 전월대비 1.0% 증가함
○ 글로벌 경쟁심화로 영상 및 음향기기는 전체 생산액 누계가 감소함
○ 영상기기는 전년동월대비 13.2%, 전월대비 1.0% 증가함
○ 음향기기는 전년동월대비 1.8% 감소, 전월대비 1.0% 증가함

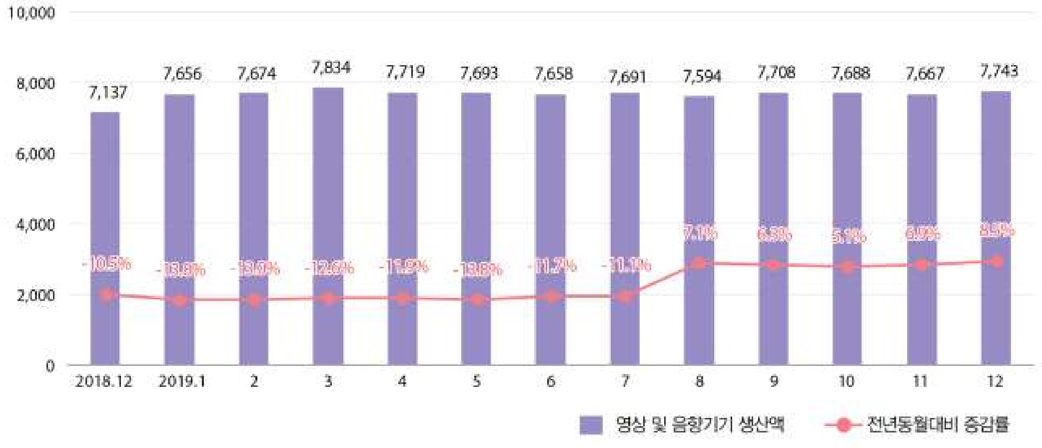


그림 6. 영상 및 음향기기 생산액 동향 (단위 : 억원) [출처 : 참고문헌-1]

□ 정보통신응용기반기기의 생산액은 2019년 12월 기준 전년동월대비 4.5%, 전월대비 4.5% 증가함

- ❍ LED전구, 전기자동차·IT단말기 등 2차전지 수요확대 등으로 전년동월대비 4.5% 증가함
- ❍ 주요증가품목은 전구, 전기식 교통통제장치, 건전지 및 축전지, 난방기기, 일반냉장고임
- ❍ 주요감소품목은 전자시계, 시험분석기, 동축케이블 및 동축도체, 광섬유 케이블임

그림 7. 정보통신응용기반기기 생산액 동향 (단위 : 억원) [출처 : 참고문헌-1]

2-2-3. 정보통신방송서비스 생산액 동향 (2019)

□ 정보통신방송서비스 생산액은 2019년 12월 기준 전년동월대비 0.8% 증가, 전월대비 1.0% 감소함

표 5. 정보통신방송서비스 생산액 동향 [출처 : 참고문헌-1]

정보통신방송서비스	766,745 (2.4)	65,345 (3.0)	65,601 (2.0)	64,947 (0.8)	770,021 (0.4)
통신서비스	372,783 (Δ2.0)	30,548 (0.2)	30,463 (Δ0.2)	29,027 (Δ2.9)	359,141 (Δ3.7)
방송서비스	187,090 (6.5)	15,482 (0.9)	16,078 (Δ0.5)	17,100 (4.1)	191,824 (2.5)
정보서비스	206,872 (7.2)	19,315 (9.8)	19,060 (7.9)	18,820 (4.0)	219,057 (5.9)

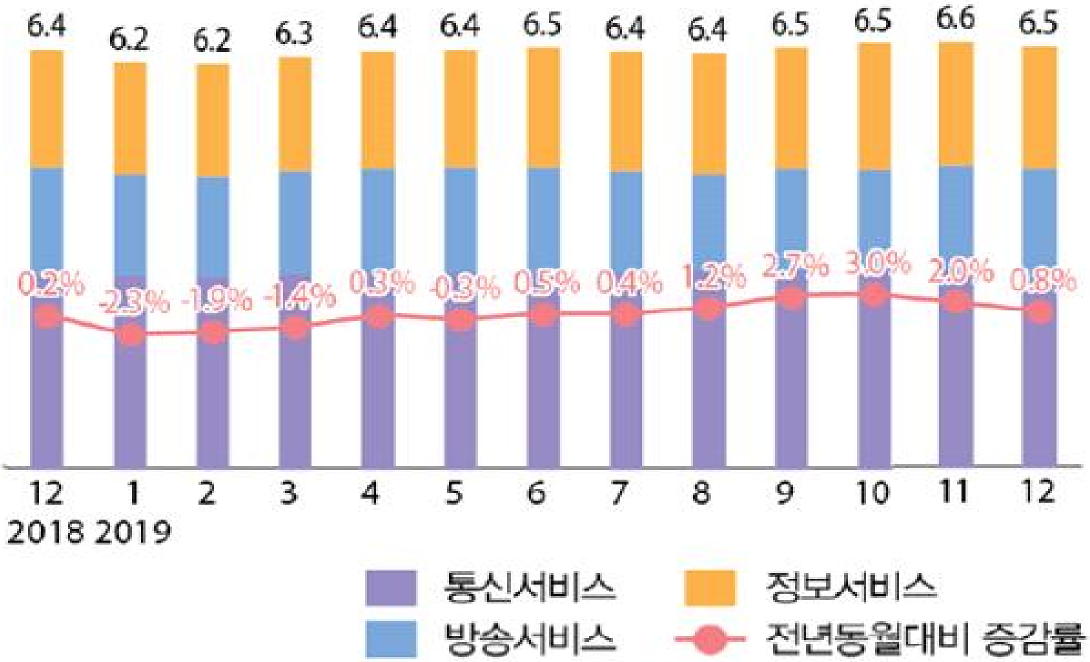


그림 8. 월별 정보통신방송서비스 생산액 동향 [출처 : 참고문헌-1]

□ 통신 서비스의 생산액은 2019년 12월 기준 2.9조 원으로 전년동월대비 2.9%, 전월대비 4.7% 감소함

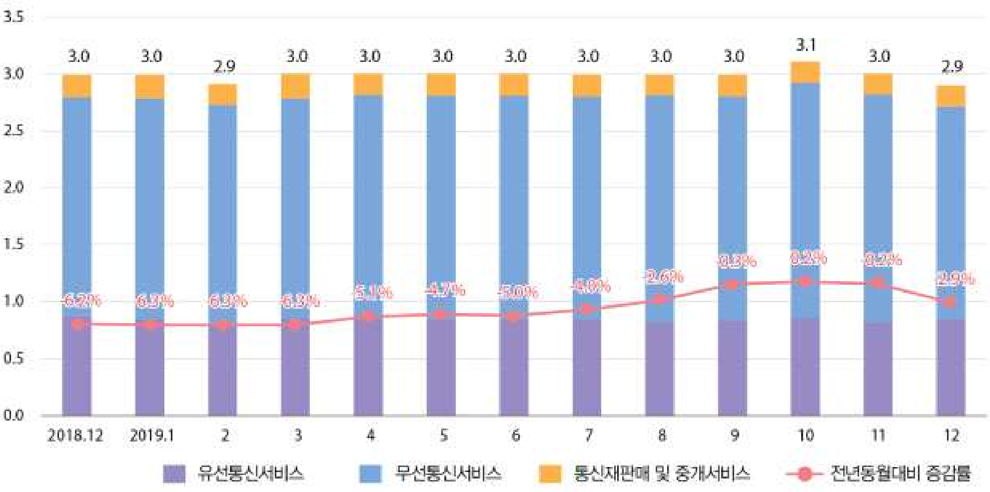


그림 9. 통신서비스 매출액 동향 (단위 : 조원) [출처 : 참고문헌-1]

□ 방송서비스 생산액은 2019년 12월 기준 1.7조 원으로 전년동월대비 4.1%, 전월대비 6.4% 증가함

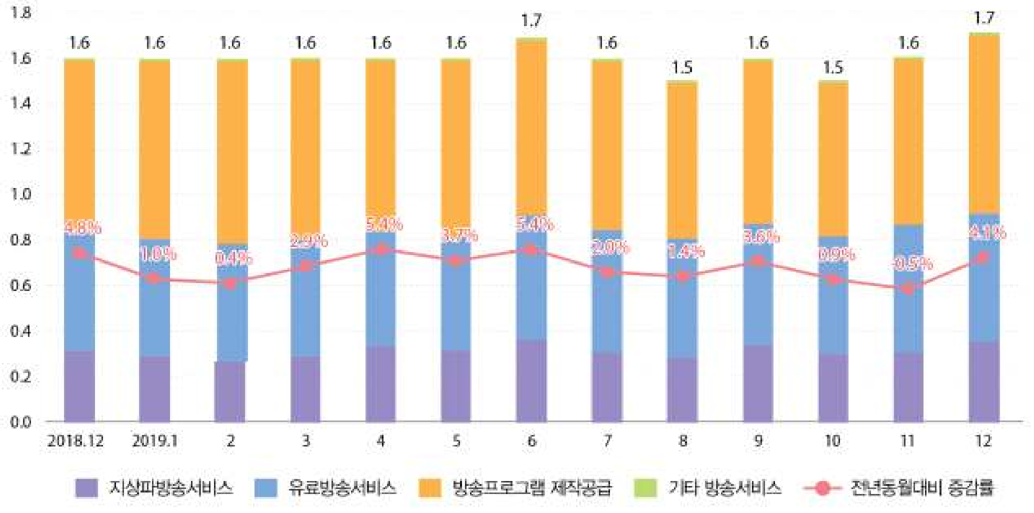


그림 10. 방송서비스 매출액 동향 (단위 : 조원) [출처 : 참고문헌-1]

□ 정보서비스 생산액은 2019년 12월 기준 1.9조 원으로 전년동월대비 4.0% 증가, 전월대비 1.3% 감소함

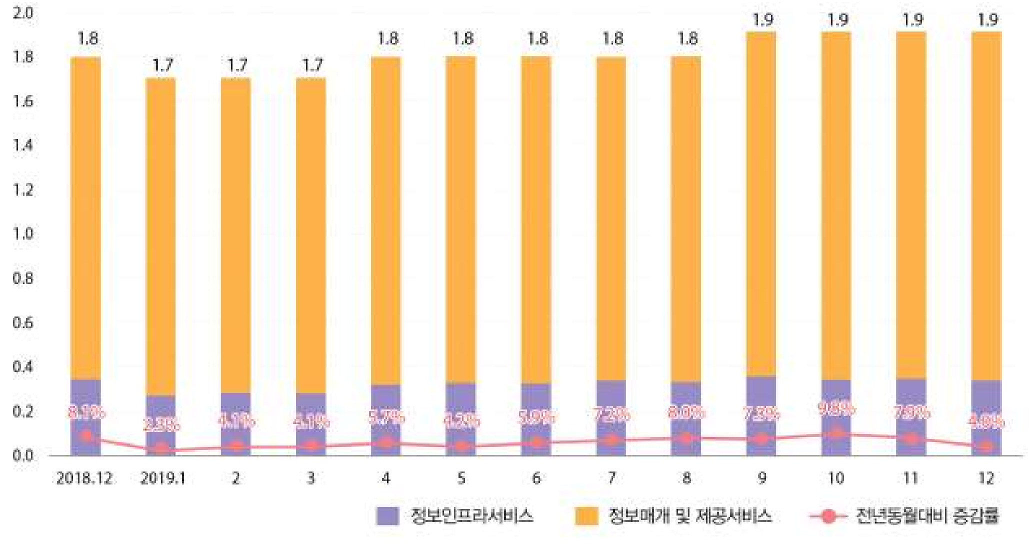


그림 11. 정보서비스 매출액 동향 (단위 : 조원) [출처 : 참고문헌-1]

2-2-4. 소프트웨어 생산액 동향 (2019)

□ 소프트웨어 생산액은 2019년 12월 기준 전년동월대비 9.2%, 전월대비 60.8% 증가

ㅇ 연말 소프트웨어 소비자들의 소프트웨어 유지·보수 특성으로 인한 12월 생산액 증가가 나타남

표 6. 소프트웨어 생산액 동향 [출처 : 참고문헌-1]

소프트웨어	571,139 (5.7)	46,876 (Δ5.5)	48,515 Δ(6.8)	77,989 (9.2)	583,342 (2.1)
패키지소프트웨어	103,124 (16.5)	8,785 (Δ0.4)	9,148 (Δ1.5)	14,844 (9.4)	103,567 (0.4)
게임소프트웨어	118,572 (3.7)	8,910 (Δ15.7)	9,232 (Δ9.5)	13,638 (14.4)	123,016 (3.7)
IT서비스	349,442 (3.6)	29,181 (Δ3.5)	30,135 (Δ7.4)	49,507 (7.8)	356,759 (2.1)

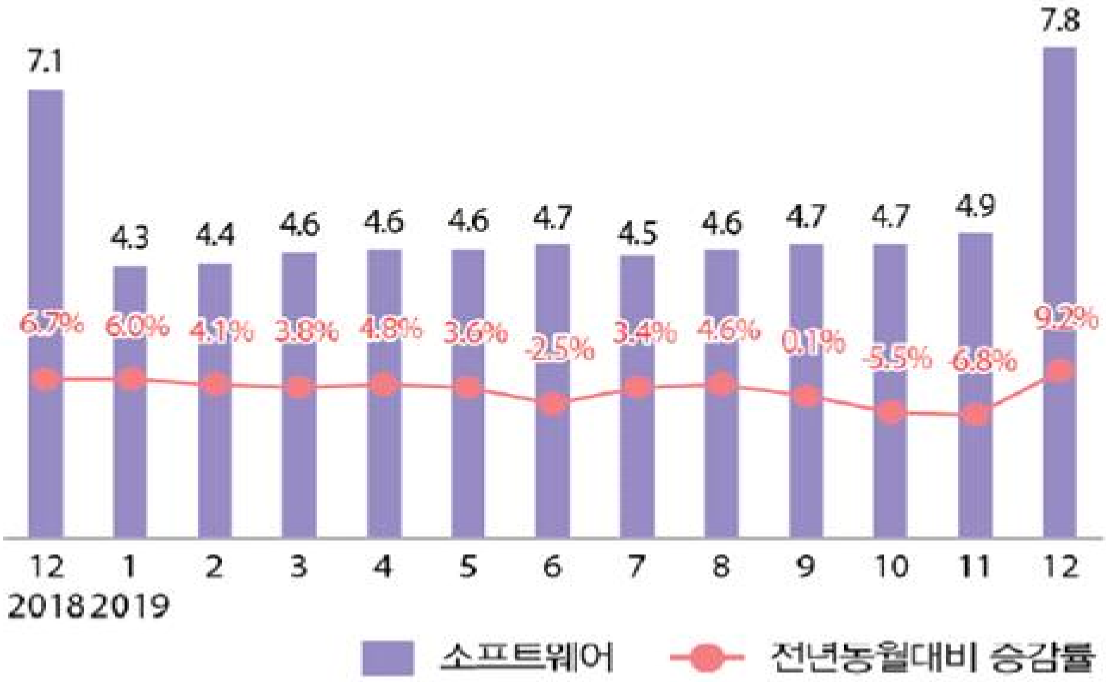


그림 12. 월별 소프트웨어 생산액 동향 [출처 : 참고문헌-1]

2-2-5. ICT 주요 분야 통계

□ ICT 통계가 연말에 확정·공표되기 이전까지의 공백기간 동안 매월 ICT 주요분야 통계를 잠정으로 집계하여 정책수립, 국회쟁점 등에 제공함

ㅇ 제공항목은 ICT 분야에 대한 주요품목별 생산액, 수출입액, 주요서비스별 가입자 수 등을 제공함

□ 정보통신방송기기의 총생산액과 수출액이 감소하는 것으로 보이고, 소프트웨어의 총 생산액이 증가하는 것으로 보임

ㅇ 한 해 ICT 총생산액은 대한민국 국가 예산과 맞먹는 금액임

ㅇ 정보통신방송기기의 총생산액과 수출액의 감소로 ICT 산업 전체의 쇠퇴로 비추어 짐

표 7. ICT 주요분야 통계 [출처 : 참고문헌-1]

(2019년 12월 누계 기준)

총생산액 : 457조 2,047억원(8.9% ↓)		정보통신방송기기 : 321조 8,685억원(12.5% ↓)
		정보통신방송서비스 : 77조 21억원(0.4% ↑)
		소프트웨어 : 58조 3,342억원(2.1% ↑)
수 출 액		정보통신방송기기 : 1,768억 7,670만달러(19.7% ↓)
		소프트웨어 : 139억 5,757만달러(2.7% ↑) ※ 전년 4분기 누계액 대비 증감률임
종사자수 : 978,274명(1.7% ↑)		정보통신방송기기 : 565,645명(0.5% ↑)
		정보통신방송서비스 : 112,291명(3.9% ↑)
		소프트웨어 및 디지털콘텐츠 : 300,338명(3.1% ↑)
가입자	이동전화 : 6,889만명(3.8% ↑)	스마트폰 : 5,113만명(3.4% ↑)
	유선전화 : 2,468만명(4.5% ↓)	인터넷전화 : 1,108만명(3.8% ↓)

※ ( )은 전년대비 증감률임(가입자수는 '18년 12월 대비 '19년 12월 비교, 종사자는 '16년 대비 '17년 비교)
※ 종사자수는 '18년 ICT실태조사 기준(상용종사자수)
※ '18년부터 소프트웨어 수출액은 분기별로 공표

□ ICT 기업경기(BSI)를 보면 7월을 제외하고 실적BSI가 100을 넘기지 못 하는 경기의 둔화를 보임

표 8. ICT 종합경기(경기판단) [출처 : 참고문헌-1]

구 분		2019년												2020년
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월
ICT 기업경기	실적BSI	88	90	96	98	90	91	101	87	86	85	94	91	
	전망BSI	94	97	105	106	101	100	95	95	81	83	83	95	100
	실현율(%)	93	92	91	92	88	90	94	91	94	98	88	96	

※ BSI는 기업체가 느끼는 체감경기를 나타내며, 기준치인 100이면 보합, 100 초과면 호전, 100 미만이면 둔화되고 있음

3. 전파자원의 개념 및 범위

3-1. 전파자원 활용 및 융합

3-1-1. 전파자원의 정의 및 범위

가. 전파자원 활용의 정의

□ "전파자원"은 무선통신 분야에서 가장 활발하게 이용되고 있는데, 전파를 국가에서 개발하고 활용해야 할 하나의 "자원"으로 인식할 때 사용하는 용어임

ㅇ 전파는 송신설비만 갖추면 자원의 고갈 없이 무한정 발생시킬 수 있지만, 주파수의 혼신과 간섭의 물리적 특성 때문에 유한한 자원으로 평가됨

□ 전파자원 활용의 정의는 전파의 물리적 특성을 이용한 기술로서 방송·통신·공공 네트워크의 정보 전송과 디바이스, 에너지, 전파환경 등의 전파융합 서비스 및 제품을 창출하는 분야임

나. 전파자원의 활용 범위

표 13 '전파자원 활용과 융합'에 대한 범위 [출처 : 참고문헌-2]

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

□ ICT R&D 기술분류 체계에 근거하여 전파자원 활용과 융합 분야는 "전파기반", "전파응용", "전파자원·환경" 등 3개의 카테고리로 구분 가능함

□ 새로운 ICT 융합 산업의 등장과 무선 인프라의 개발로 범용화 및 수요증가가 나타

남

○ 전자의 전(全) 산업 범용화 및 다양한 ICT 융합 산업분야로 활용이 다원화되면서 국가의 중요한 핵심자원으로 인식됨
○ 전파자원의 무선 인프라와 응용서비스 주파수 수요가 함께 증가함
○ 주파수는 4G뿐만 아니라 5G에서도 광대역폭 주파수 공급 여부가 전송속도 및 비용절감 등 산업 경쟁력을 좌우함
○ 5G 주파수 공급을 통해 5G와 연계한 다양한 종류의 수직계열 및 디지털 솔루션과 연결되는 새로운 비즈니스 생태계 변화를 주도함

□ 전파자원의 활용 범위가 확대됨에 따라 새로운 논제들이 대두됨
○ 전파분야 최상위 계획으로서 전파진흥기본계획을 수립하고, 면허제 도입, 무선국 개설, 전파이용대가 등 수평적 규제체계로 전파이용제도 개편이 요구됨
○ 5G+ 전략산업 선정 및 중점투자를 통해 5G 기반 신산업 육성이 논의됨
○ 5G 기반 신산업 육성에서 추진하는 내용들이 차질없이 진행될 수 있도록 이를 뒷받침하는 주파수 중장기 계획 수립이 촉구됨

다. 전파자원의 대상시장

□ 전파의 기술분류 체계와 같이 "전파기반", "전파응용", "전파자원·환경" 등 3가지 분야로 구분할 수 있으며, 각 분야는 하위 제품군으로 상세하게 분류함

표 10. '전파자원 활용과 융합'에 대한 대상시장 [출처 : 참고문헌-2]

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

3-1-2. ICT 연구개발 기술분류 체계

가. 과학기술정보통신부의 분류

□ 연구개발 사업의 기획·평가·관리에 관한 업무를 효율적으로 추진하기 위해 ICT 분야의 기술동향 및 지원분야 등을 고려한 ICT 연구개발 기술분류체계를 수립하여 활용함

- ❍ 기존 ICT 연구개발 기술분류 체계는 10개(창조융합, 이동통신, 네트워크, 전파위성, 방송, 정보보호, 기반SW 컴퓨팅, 융합SW, 스마트서비스, 디지털콘텐츠)로 구분함
- ❍ 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 전파를 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 유지함

표 11. 2019년 전파 분야의 ICT 기술 분류체계 [출처 : 참고문헌-2]

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

3-2. 기관별 전파자원의 분류

3-2-1. 한국전자통신연구원(ETRI) 분류

□ 전파부문은 크게 전파 관리 및 환경기술, 전파 통신 기술, 전파 센서 기술, 전파 에너지 기술로 분류하고 각 분류별 요소 기술은 도출함

□ 과학기술정보통신부의 분류보다 세분화하여 분류함

3-2-2. 정보통신기획평가원(IITP) 분류

□ ICT R&D 혁신전략의 실현과 미래 신성장동력 발굴을 위해 기술분야별 주요 핵심 기술 설정 및 기술개발 추진전략 등을 주요 골자로 중장기 로드맵을 수립하여 ICT R&D 방향성을 제시함

- ○ 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 분류됨
- ○ 전파기반 기술은 안테나/전자파해석, 전파기반 디바이스, 전파계측 등으로 세분류됨
- ○ 전파응용 기술은 에너지 전송, 센싱, 정보전송 등 전파를 응용하는 기술을 의미함
- ○ 전파자원·환경 기술은 스펙트럼 공학과 전자파 적합성 및 인체영향과 전자파 펄스 대책 기술 등으로 분류됨

표 12. '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 스케쥴링 기술 - 트래픽 빅데이터 분석 기술
	전파 센서 기술	Real Aperture Radar 기술	- 레이다 간섭 제어 및 회피 기술 - 레이다 송수신 및 빔형성 기술
		Synthetic Aperture Radar 기술	- 이미징 레이다 기술 및 속도보상기술 - 레이다 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	- 고효율 회로기반기술, 고효율 소형 공진기 - 다중 기기 무선충전기술 등 핵심 요소기술

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

표 13. '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

4. 전파 관련 산업 시장 분석

4-1. 전파 관련 산업 시장 규모 및 성장

가. 시장규모

□ 전파 분야의 시장규모는 "전파자원/환경" 부문의 비중이 가장 높음
- ○ 전파 분야의 세계시장은 '18년 1,432억 달러에서 '23년에는 2,361억 달러 임
- ○ 국내시장은 '18년 약 6조 4천억 원에서 '23년에는 약 9조 7천억 원에 이를 전망임
- ○ 세계시장 대비 국내시장 비중은 약 4% 수준으로 유지될 전망임

표 14. 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 15. 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

나. 시장 성장률

□ 전파 분야의 연평균 성장률은 세계 10.5%, 국내 8.7% 수준임
- ❍ 세계시장은 '18년 1,432억 달러에서 '23년 2,361억 달러 규모를 기록할 전망이며, 그 중 전파응용 분야가 연평균 24.6%로 가장 높음
- ❍ 국내시장은 '18년 6조 원에서 '23년 10조 원 규모로 성장할 전망이며, 그 중 전파응용 시장의 성장률은 26.4%로 가장 높음

4-2. 전파 관련 산업의 패러다임 변화

4-2-1. 전파자원의 공급과 패러다임 전환

□ 방송·통신을 포함한 전통적인 전파이용 산업뿐만 아니라 자동차, 로봇 등 새로운 전파이용 산업의 발전을 위한 기반 기술로 사용함
- ❍ 우리나라가 ICT 강국으로 자리매김 할 수 있었던 근간은 유무선 통신에서 기술발전과 높은 보급률의 뒷받침이 있었으며, 무엇보다 무선통신 서비스 제공을 위한 필수설비로서 전파자원이 원활하게 공급되었기에 가능하였음
- ❍ 전파가 센싱, 에너지 전송, AI 등과 접목되면서 기술 및 서비스의 개선이 이루어지고 전파 융합 서비스 및 제품이 등장하는 전파이용의 패러다임 전환 중임
- ❍ 현재 전파응용 분야의 시장규모는 작으나 높은 성장률을 보이고 있으며, 특히 무선충전을 포함하는 전파에너지 응용 분야가 높은 비중과 성장률을 보임

□ 스마트 사회로의 진입에 따라 대용량 정보전달 통로로서의 전파 활용 인프라 및 서비스의 필요성이 증가함
- ❍ 스마트 정보기기 보급이 급증하고 초연결 사회로의 진입이 가속화됨에 따라, 사용자 간 콘텐츠 전송 및 공유가 증대함
- ❍ 기기의 고성능화 및 게임, 동영상 등 대용량 콘텐츠 확산으로 언제 어디서나 이를 전송하기 위한 전파기술의 필요성이 증가함

□ ICT 융합서비스 확산을 위한 대규모 투자로 IoT 기반의 스마트시티, 스마트미터, 스마트투어 및 기가급 유무선 통신환경을 구축함
- ❍ 통신망을 활용한 IoT 공통플랫폼 표준화를 통해 이통사들의 수익모델을 확대함
- ❍ IoT 데이터 트래픽 수용과 주파수 간섭 배제를 위한 전용주파수 확보를 추진함
  - ※ 영국은 870~915MHz(비면허), 870~873MHz(Light lecensing), 4G 800MHz 대역, 3G/4G 2.1GHz 대역, 3.4~3.6GHz 대역 등을 IoT 전용주파수 후보대역으로 제시함

4-2-2. 전파기능의 확대

□ 전파는 방송·통신·공공 네트워크 위주로 활용되었으나, 최근 4차 산업혁명 시대로 진입함에 따라 사회·경제·산업전반(교통, 제조, 물류, 의료 등)으로 활용 범위가 확장됨

- ○ 전파는 정보전송 뿐만 아니라 센싱, 에너지전송 등 기능이 확장되고 있으며, 특히 5G 이동통신과 인공지능 SW 기술이 접목되어 융합서비스의 사용이 가속화됨

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

* 출처 : 과학기술정보통신부(2019), 제3차 전파진흥기본계획

그림 13. 새로운 전파기능의 확대

□ 전파자원이 산업, 생활, 공공 등 사회경제 전 분야에서 광범위하게 활용되는 필수자원으로 자리매김함

- ○ 그동안 전파는 통신과 방송 산업의 진입장벽의 역할을 하였으나, 전파의 이용이 범용화되고 전파의 활용 범위가 방송·통신산업 외에 다양한 분야로 확장하는 추세임
- ○ 전파의 수요가 다양한 ICT 융합 산업 분야로 다원화되어 새로운 경쟁 관계를 형성하고 있으며, 혁신적인 전파 활용으로 초연결 지능화 사회로 진입함

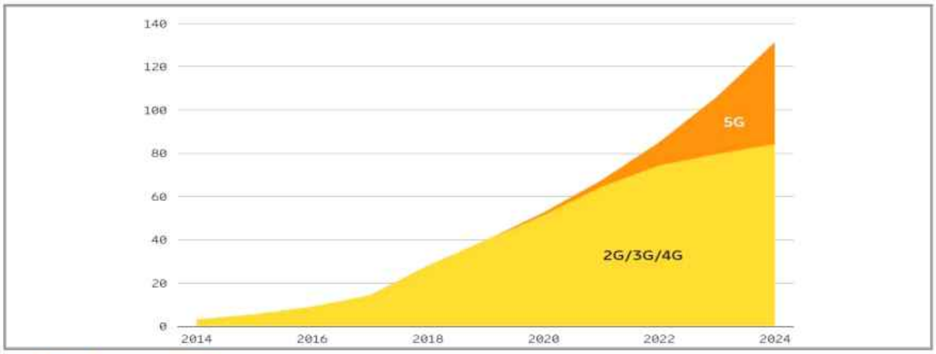
□ 주파수 확보에 따른 네트워크 구축, 이동통신 관련 서비스, 단말 및 장비, 콘텐츠, 이용자 등 전파기반 이동통신 산업이 인프라 역할을 함

- ○ 5G, IoT 등 4차 산업혁명 시대를 대비한 신산업 창출 및 발전 동력을 제공함

4-2-3. 주파수 수요 변화

□ 전파자원의 무선 인프라와 응용서비스 주파수 수요가 함께 증가함

○ 세계 모바일 데이터 트래픽은 지속적으로 늘어나고 있으며, ’18년 이후 연평균 30%씩 증가하여 ’24년에는 131 exabyte(EB)에 이를 것으로 예상함



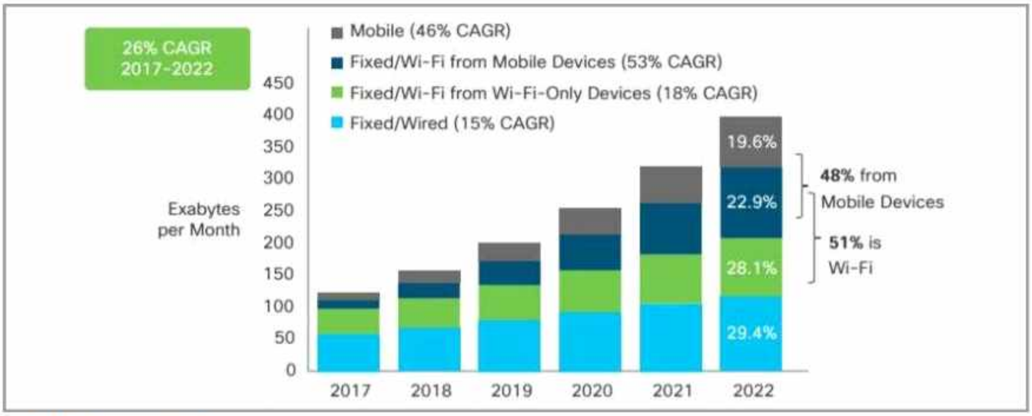
* 출처 : Ericsson (2019)

그림 14. 세계 모바일 데이터 트래픽 전망

□ 유무선 트래픽 비율을 살펴볼 때, ’22년의 경우 모바일 트래픽이 19.6%, Wi-Fi 트래픽은 51%로 예상함

○ 모바일 디바이스에서 Wi-Fi 접속으로 사용하는 트래픽 비율은 22.9%, Wi-Fi 전용 디바이스에서의 트래픽 비율은 28.1% 임

○ Fixed/Wired(유선 기술)의 트래픽은 정체된 성장세를 보이지만, 무선 기술의 트래픽은 급격한 성장률을 보임



* 출처 : CISCO(2019)

그림 15. 유무선 기술별 트래픽 비중 전망

□ 그동안 음성/데이터 중심의 이동통신은 3GHz 이하 주파수 대역을 사용해 왔으나, 다양한 단말 및 서비스가 출범하는 5G 시대에는 다양한 주파수 대역을 함께 활용하는 방향으로 변화 중임

- ❍ 주요국은 5G 주파수 할당 대상으로 3.4~4.2GHz 대역, 24.25~27.5GHz 및 27.5~29.5GHz 대역 등을 검토 중임
- ❍ 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 초저지연 서비스에 적합한 용도로 활용 가능함

□ FCC는 5G 기술의 세계 우위 달성을 촉진하기 위해 포괄적 전략인 '5G FAST Plan'을 수립하여 추진 중임

- ❍ High-band는 '19.1월에 28GHz 대역에서 5G 주파수 경매를 종결했으며, 24GHz, 37GHz, 39GHz, 47GHz 대역 경매를 통해 5G 주파수를 5GHz 폭 공급할 예정이며, 26GHz 및 42GHz 대역에서도 2.75GHz 폭 확보를 추진 중임
- ❍ 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 수렴을 통한 5G 용도로 최대 844MHz 폭 확보를 예정 중임
- ❍ 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 6GHz 대역 (5,925-7,125MHz) 및 95GHz(95GHz-3THz) 대역에서 차세대 Wi-Fi 및 새로운 통신 기술개발 장려대역으로 지정하여 새로운 서비스 기회를 창출할 수 있도록 유도함

□ 국내에서도 '26년까지 총 40GHz 폭 확보·공급으로 주파수 영토를 2배 확대하는 주파수 중장기 계획을 발표함 (16년 44GHz 폭 → 26년 84 GHz 폭)

- ❍ 이동통신, 산업생활, 공공, 위성 분야에 대한 주파수 수급계획 및 활용기반 조성으로 언제 어디서나 빠르게 주파수로 연결되는 모바일 사회 구현을 표방함

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

그림 16. 국내 K-ICT Spectrum Plan

□ 전파 기반·응용 기술에 해당하는 산업·생활 주파수 공급계획을 K-ICT 스펙트럼 플랜에 포함하여 추진함

ㅇ IoT, 무선랜, 무선백홀 등 무선 네트워크 분야에서 12,648MHz 폭, 그 외 무인이동체 12,560MHz 폭, 산업 센서·레이다 2,005MHz 폭, 무선 충전 1MHz 폭 등 총 27,241MHz 폭 주파수를 3단계에 걸쳐 공급할 계획임

표 16. 산업·생활 주파수 확보 방안 (단위 : MHz 폭)

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 센서ㆍ레이다		1,005	1,000	-	2,005
무선충전		0.01	-	1	1
합계		6,009	2,692	18,513	27,214

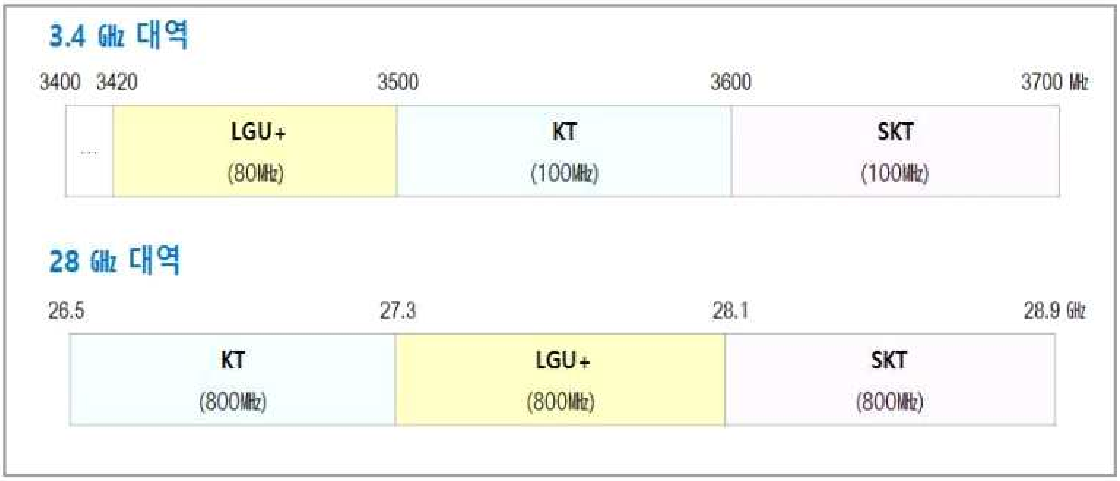
* 출처 : 과학기술정보통신부(2017), K-ICT Spectrum Plan

□ 국내에선 4차 산업혁명 시대에 대비한 중장기적 주파수 확보·공급·규제개선을 위한 정책을 마련하고 세계 최초 5G 상용화를 위한 주파수 할당이 완료됨 ('18년 5월)

○ 5G 서비스의 필수설비인 주파수를 중대역(3.5GHz) 20MHz 폭 및 초고대역(28GHz) 2400MHz 폭을 동시에 할당한 최초의 국가로서 총 2680MHz 폭을 공급함

○ 5G 이동통신을 시작하는 최초의 주파수 공급이라는 점을 고려하여 1개 사의 할당 총량은 3.5 GHz 대역 100 MHz 폭, 28GHz 대역 1,000MHz 폭으로 제한함

○ 28GHz 대역은 투자 불확실성을 고려하여 이용기간 5년, 최저경쟁가격을 2,400MHz 폭 6,216억 원으로 대폭 낮춤



* 출처 : 과학기술정보통신부(2018)

그림 17. 2018년 5G 주파수 할당 결과

4-2-4. 응용 서비스 증가

□ IoT 및 커넥티드 디바이스를 이용한 응용서비스 증가로 관련 주파수 수요도가 증가함

○ IoT 시장규모는 국외 7,431억 달러('15년)에서 1.7조 달러('19년), 국내 4.7조 원('15년)에서 17조 원('20년)으로 증가를 예상함

○ 커넥티드 디바이스 수는 2017년 175억 개에서 2023년 314억 개로 약 2배 증가하며, 그 중 셀룰러 IoT는 7억 개에서 35억 개로 5배 증가함

그림 18. 커넥티드 디바이스 종류 예시 [출처 : 참고문헌-3]

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

그림 19. 국내·외 IoT 시장 및 커넥티드 디바이스 수 전망

□ 전파기반 분야별 시장 전망에서 전파기반 디바이스가 높은 성장률을 보임

ㅇ 전파기반 시장은 '18년 기준으로 세계 183억 달러 및 국내 2.2조 원 규모이며, 시장규모는 안테나 부문이 크지만 성장률은 전파기반 디바이스가 연평균 11.9%로 높은 성장률을 예상함

표 17. 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 국내시장의 비중이 적은 편이며, 정보전송 부문은 연평균 60% 이상으로 급성장하는 추세임

표 18. 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, 스펙

트럼 공학 부문은 주파수 할당에서 대부분을 차지하고 있음

표 19. 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

4-2-5. 새로운 시도와 융합

가. Local 5G(Private 5G)

□ Local 5G는 일반 기업 등 제한된 영역에서 주파수 할당을 받고 5G를 자영 무선으로 사용할 수 있는 것임

- 기업용 사설 5G 주파수(일본 Local 5G, 독일 Local 5G, 미국 CBRS 5G, 영국, 스웨덴 등)를 이용하여 자체 소유의 Private 5G망을 구축하려는 기업이 증가함
- 올해 6월 12개국, 800개 기업에 대해 설문조사한 Capgemini사의 보고서에 따르면, 기업의 1/3, 특히 대기업의 절반 가까이가 자체로 5G license를 신청하여 자신의 Private 5G망을 구축하길 희망함

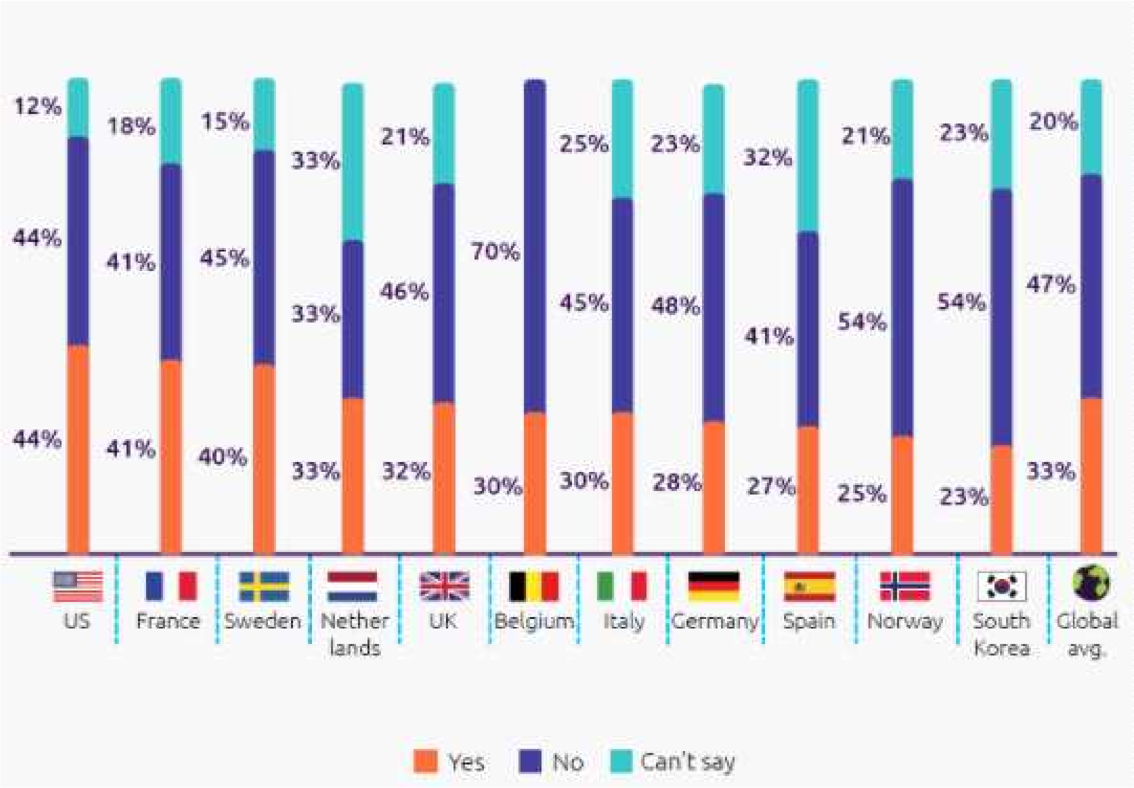


그림 20. 지역별 5G license 신청에 대한 관심도 [출처 : 참고문헌-4]

□ Local 5G는 특정 구역 내에서 네트워크를 구성하는 LAN과 같은 기능을 담당하지만, 기술적 차이점 및 특징을 가짐

- ○ 유선기반의 이더넷 장비를 도입하지 않고도 많은 소형 디바이스 및 장치를 무선 연결할 수 있어 네트워크와 연결할 설비의 배치가 자유로움
- ○ 밀리미터파 기반의 초저지연 및 광대역 서비스를 제공하는 public 5G와 동일한 서비스 특성을 가지므로 초정밀 제어와 방대한 자료 전송이 가능함
- ○ 5G에서 사용되는 네트워크 슬라이싱기술을 사용하여 이용자의 요구와 용도에 맞는 다양한(논리적) 네트워크를 생성 가능함
- ○ Local 5G provisioning은 네트워크 소유 기업/기관이 수행하므로, 보안 정책뿐만 아니라 다양한 리소스의 할당 및 트래픽 처리 우선순위 등과 네트워크 정책을 자체적으로 결정하여 운용 가능함
- ○ Local 5G는 외부망과 분리되어 있어 public 5G의 장애 시에도 생존성을 높일 수 있으며, Local 5G 장애 시에는 public 5G로의 우회 접속을 통해 장애를 최소화하며 자체 보안정책의 수립 및 데이터 로컬 저장으로 데이터 보호에 유리함

□ 5G 기술 및 시장의 특성을 반영한 것으로 융합/특화 서비스, 신기술 투자촉진, 공유

기반경제의 활성화가 기대됨

- ○ 특정 지역에서 로컬 운영의 고용량 네트워크 요구가 증대하고, 소규모 사업자는 인프라 투자관리 부담 없이 5G 서비스 제공 기회를 마련함
- ○ 5G 생태계가 활성화되고, 통신산업의 구조도 혁신적으로 변화될 것으로 예상함
- ○ 공장, 회사, 공항, 병원, 경기장, 상업시설, 공사현장, 지자체, 아파트 등 다양한 분야에서 활용 가능함

□ 주요국(독일, 영국, 일본 등)에서는 Local 5G를 활용 및 활성화를 노력 중임

- ○ 독일에서의 로컬 주파수 대역에 대한 면허신청은 10MHz 대역폭 단위로 신청할 수 있으며, 해당 주파수 사용자는 기술 호환성을 유지하면서 인근의 기존 주파수 사용자의 전파사용에 간섭을 주지 않도록 규정함

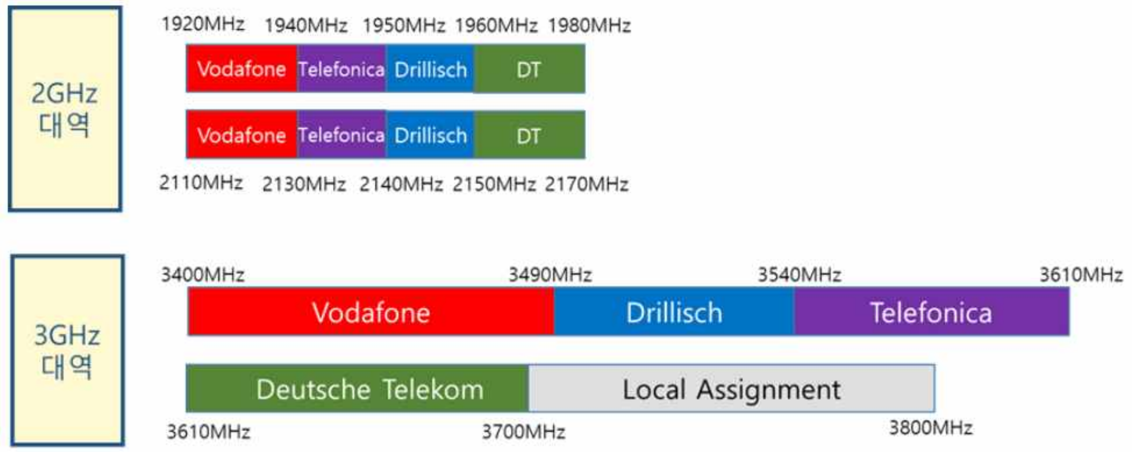


그림 21. 독일의 5G용 주파수 할당 현황 [출처 : 참고문헌-8]

표 20. 독일 주요 MNO(이동통신망사업자)의 Local 5G 프로젝트 추진 현황
[출처 : 참고문헌-8]

MNO	고객 기업	주요 내용
DT	BASF	• Rhineland-Palatinate 州의 Ludwigshafen에 있는 10km² 면적의 대규모 BASF 생산시설에 1,000개의 생산 클러스터와 수천 개의 개별 생산라인을 커버할 수 있도록 site에 5G기술을 적용하는 프로젝트 추진 • BASF는 상기 생산시설에 LTE기반의 private network을 운영하고 있으나 저지연과 네트워크 슬라이싱이 가능한 5G의 도입을 위해 DT와 파일럿 프로젝트를 진행
Telefonica	Mercedes-Benz	• Telefonica는 Ericsson과 함께 Sindelfingen에 있는 Mercedes-Benz의 'Factory 56'(면적 20,000m²)을 Private 5G 기반으로 생산시스템과 기계를 안전하게 연결하고 공장의 모든 생산라인을 지능화하는 프로젝트 추진
Vodafone	e.Go Lufthansa	• (e.Go) 전기차 제작사인 e.Go의 Factrory1(면적 8,500m²)을 대상으로, Ericsson과 함께 36개의 안테나로 기가비트 무선 전송을 지원하는 5G기반 Industry 4.0 공장 구성을 목표로 진행 • (Lufthansa) 독일 함부르크 공항의 Lufthansa 항공사 격납고(면적 8,500m²)에 AR/VR을 기반으로 객실 설계와 항공기 유지 보수 등을 수행할 Private 5G 프로젝트를 2020년에 진행

○ 영국의 규제기관인 Ofcom은 영국 내 새로운 주파수를 발굴하고 이를 Local 5G용으로 분배하려는 계획을 '18년 12월 'Enabling opportunity for innovation'이라는 제목의 자문 질의서를 통해 공표함

표 21. 영국 Ofcom의 5G 공용주파수 대역별 이용 권고안

	3.8~4.2GHz	2.3GHz	1.8GHz
Private network	√	√	√ (narrowband)
Mobile coverage (rural)	×	certain location*	√
Mobile coverage (indoor)	×	√	√
Fixed Wireles Access	√	×	×

* 전파 간섭으로 인해 특정 농어촌 지역만 가능

출처 Ofcom, "Enabling access to spectrum supporting for innovation," 2018. 12.

□ 2020년에 5G가 상용화되는 일본은 정부차원에서 5G의 빠른 전국 확산을 유도하고 5G 기반 새로운 서비스와 산업의 창출을 위해 Local 5G 주파수 할당을 추진함

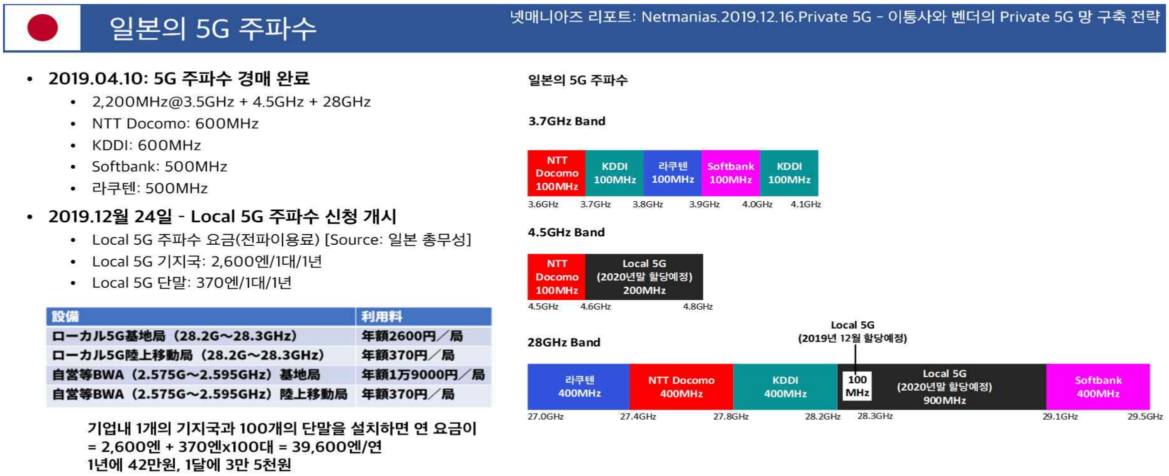
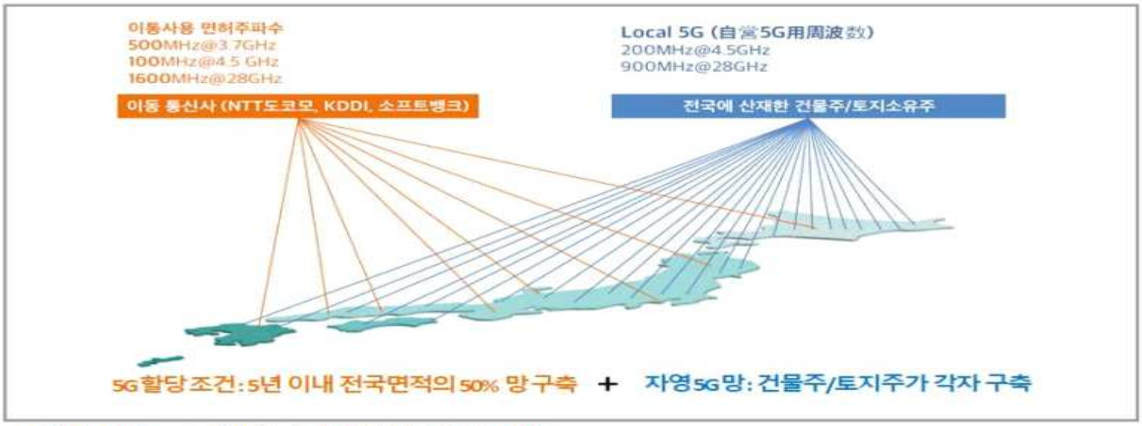


그림 22. 일본의 Local 5G 전개 상황



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

그림 23. 일본의 자영(自營)주파수 할당 계획

나. 스마트 공장

□ 스마트 공장은 설계 및 개발, 제조 및 유통 등 생산과정에 디지털 자동화 솔루션이 결합된 ICT와 공장 내 설비와 기계에 IoT를 적용하여 공정 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 분석해 스스로 제어할 수 있게 만든 공장임

○ 5G를 통한 직항 네트워크의 등장으로 필드 레벨-컨트롤 레벨-엔터프라이즈 레벨-MES 레벨로 연결되는 스마트 공장의 계층적인 자동화 구조에 변화를 이끌어낼 예정이고, 이는 제조 현장에 있던 많은 제어기를 모두 대체함

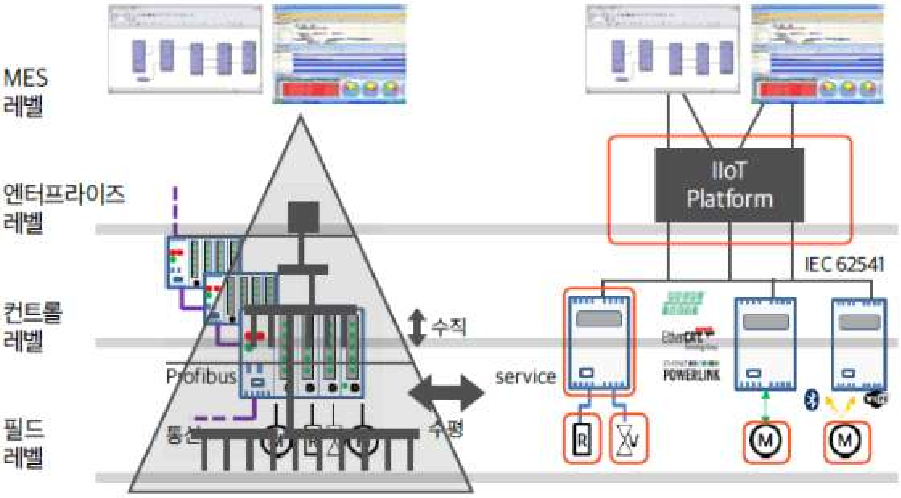


그림 24. 5G를 활용한 제조 현장 혁신 개념도

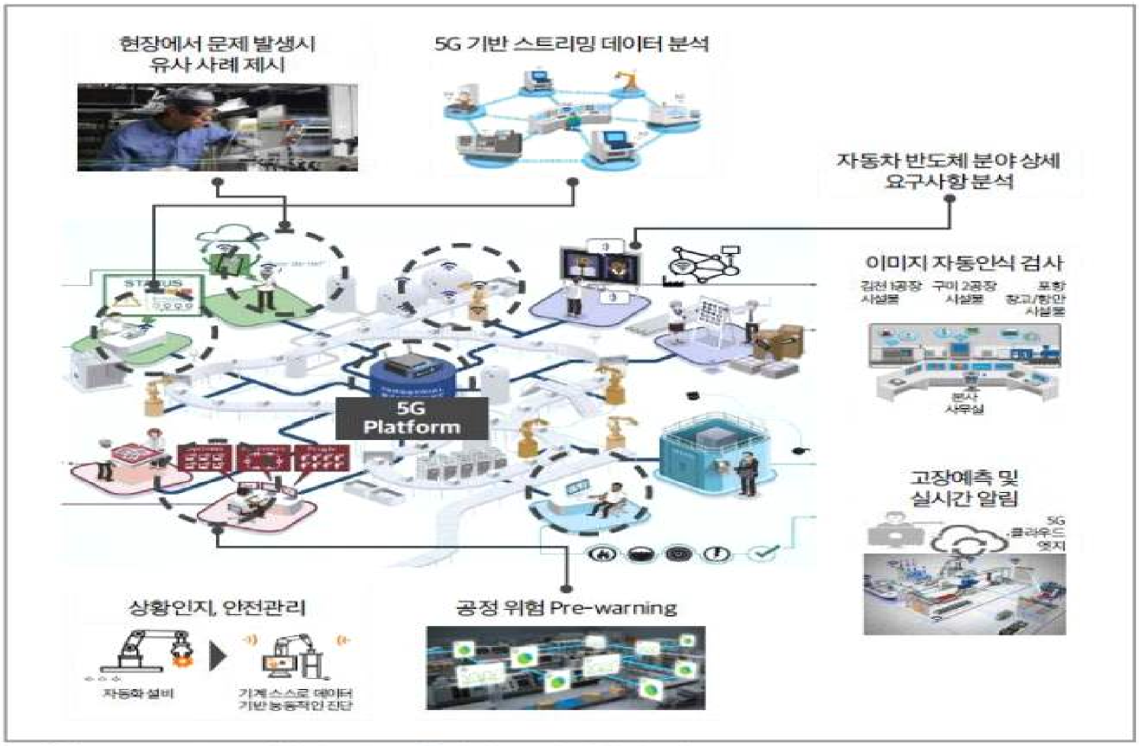
□ 현재 스마트 팩토리 주파수는 정의되어 있지 않으며, 새로운 주파수(New Spectrum)로서 Study Idea/Issue가 될 것임

ㅇ 산업용 무선통신망으로 802.11(Wi-Fi) 및 802.15.4 기술을 사용하고 있으며, 최근 IEC(International Electronial Commission)에서 대역폭(80MHz), 주파수(1.4GHz ~ 6GHz)를 ITU에 제안함

ㅇ 독일에서 5G 기반 ICT 기업들이 5G-ACIA(Alliance for Connected Industries and Automation)를 구성하였으며('18.4월), 세계 각국의 기업 참여를 통해 5G 기술을 포함한 인더스트리 4.0 기술 고도화를 추진하는 중임

ㅇ 국내에서도 5G 기반의 '5G-SFA(Smart Factory Alliance)'를 출범시키며 스마트공장 고도화를 위한 본격적 행보를 시작함 ('18.12월)

ㅇ 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, 지멘스코리아, 오므론코리아, 엔스퀘어, 키엔스 등 운영 기술개발 기업을 중심으로 출범한 단체임



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

그림 25. 5G가 구현할 미래 스마트공장 모습

다. 전파응용 무인이동체

□ 전파응용 무인이동체란 스스로 상황을 판단해 이동하거나 필요시 원격조종으로 동작 가능한 이동체로 운송·농수산업·인프라 관리 등에 활용이 예상되는 미래 핵심기기임

그림 26. 무인이동체 기술 개념도 [출처 : 참고문헌-7]

□ 전파응용 분야의 확대로서 4차 산업혁명 시대에 초연결·초지능 기술혁신을 가장 먼저 적용하여 확산시킬 매개체로 무인이동체를 주목함

○ 무인항공기(UAV)는 전파를 이용하여 지상에서 원격조종 또는 자율비행하는 것으로 상업적 활용이 늘어나면서 다양한 분야로의 활용가치 증대를 기대함

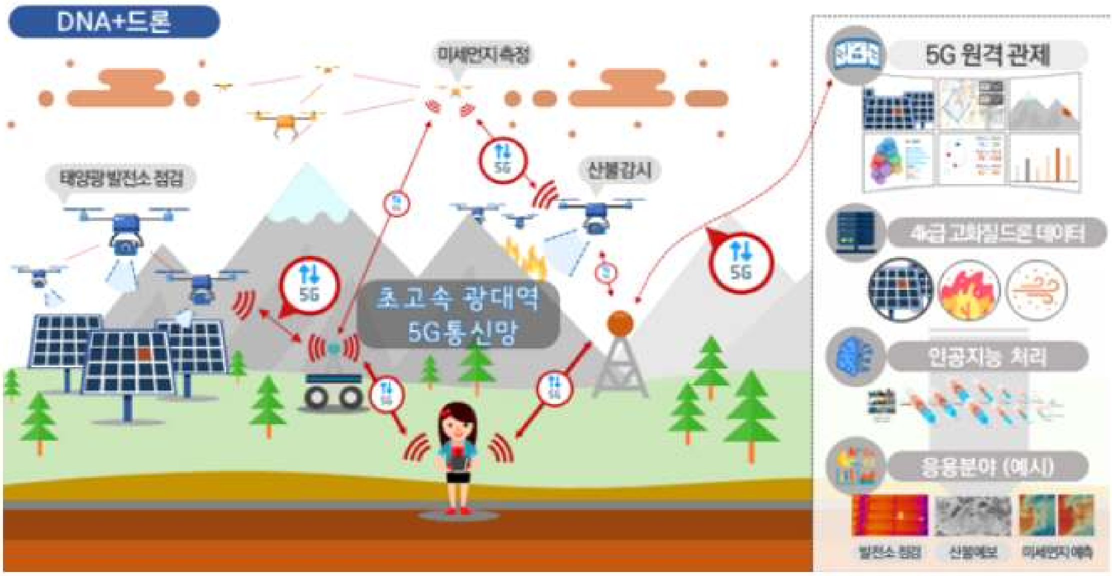
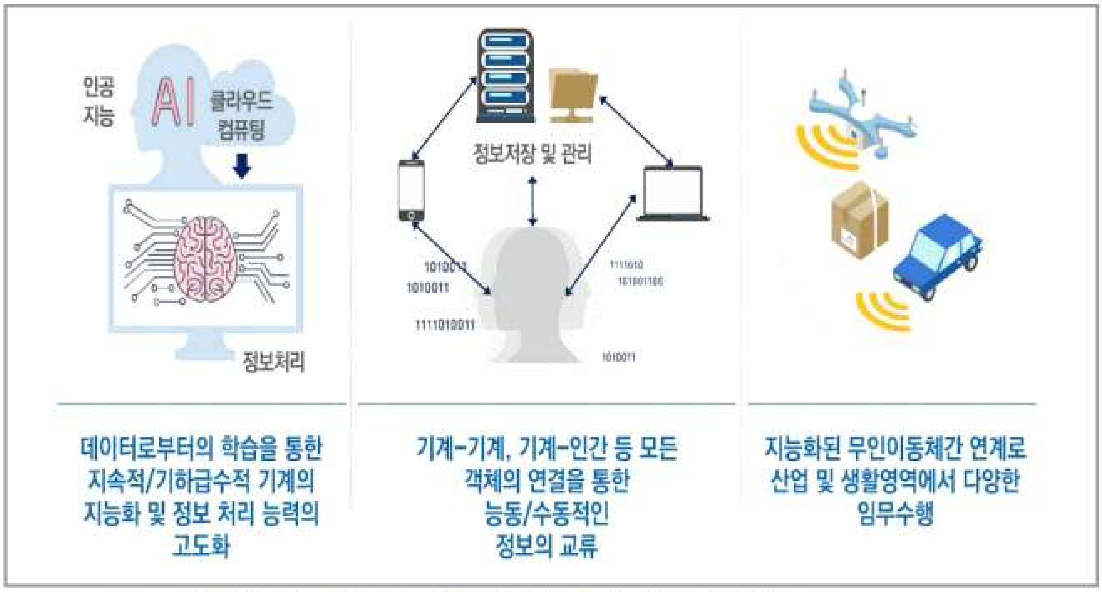


그림 27. 5G기반 DNA+ 드론 운용 예시 [출처 : 참고문헌-9]

□ 자율주행차 주행의 안전과 차량 내 대용량·고속 데이터 전송 및 V2X 통신을 위한 기술개발이 활발하게 추진 중임



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

그림 28. 전파응용 확대로서 무인이동체

5. 전파 이용산업 동향분석의 지향점

5-1. 국내 전파 이용산업 동향 및 통계 분석

□ 최근 4차 산업혁명 시대로 진입함에 따라 전파 융합 서비스 및 제품 등이 등장하고 발전하는 추세임

□ 사회·경제·산업전반(교통, 제조, 물류, 의료 등)에서 전파를 이용하여 산업의 발전이 이뤄짐

□ 주파수 중장기 계획 등을 포함한 정책들이 전파 이용산업의 발전을 위해 마련 중임

□ 현재 KAIT 통계는 방송, 통신 시장 중심의 통계를 제시하고 있어, 전파를 활용하는 다양한 분야를 포함하는 통계로는 한계가 있었음

□ KAIT 통계를 활용한 전파산업의 규모 산출 결과, 성장이 정체 또는 하락하는 추세로 보임

□ 통계항목의 세분화(유무선 구분), 실제 전파이용이 많은 응용 분야(전파관계산업)와 이용증가 추세인 신산업 분야(IoT, 드론 등)의 통계 보완 등이 요구됨

□ 과학기술정보통신부 'ICT 통합 분류체계' 개편 시 ICT응용기반서비스(특수분류)와 신성장 분야 통계항목 신설 예정임(2017.5월 말 개편 완료 예정)

- ○ 통계항목 개편 후 결과 반영을 하였지만, 반영되지 않는 신개념 융합 전파산업 분야가 다수 존재함

표 22. 전파산업 통계 조사방안 검토 결과

구 분	검토내용	결과 반영(ICT 통합분류체계)
통계항목 세분화	유무선 통합 통계항목* 중 무선 통계만을 별도 구성하여 전파산업에 포함 (*유무선 콘텐츠 및 S/W, 통신기기 및 부품 등)	필요시 공개되지 않은 **세세부 항목의 통계 활용** 가능
통계항목 추가	응용분야(전파관계산업) 추가	특수분류로서 **'ICT응용기반서비스'** 항목 신설 (ex. 금융, 의료 등)
	신산업 분야 추가	스마트 기기 및 제조환경 변화를 반영한 **'신성장 분야'** 항목 신설

5-2. 일본의 전파 이용산업 동향분석

□ 산업 구조가 유사한 주변 국가 일본의 전파 이용산업의 시장규모 및 전망을 분석함

□ 전파핵심산업은 네트워크망을 기반한 전통적 산업(휴대전화·TV·라디오 등)으로 시장규모 증가추세가 견고할 전망임

□ 전파핵심산업은 2013년에는 21.6조 엔, 2020년에는 27.9조 엔 (2013년 대비 29% 증가), 2030년에는 34.5조 엔 (2013년 대비 60% 증가)까지 성장이 예측됨

□ 전파이용산업(전파관계산업)은 다양한 분야(생활가전·IoT·의료업 등)에서의 생활 밀착형 서비스와 결합, 소비자 확대를 통하여 시장규모 증가가 전망됨

□ 전파이용산업은 2013년에는 12.7조 엔, 2020년에는 32.6조 엔 (2013년 대비 2.6배), 2030년에는 49.5조 엔 (2013년 대비 3.8배)까지 성장이 예측됨

□ 전파핵심산업의 성장이 비교적 정체되어있고, 전파이용산업의 가파른 성장세가 예상됨

 ○ ICT 관련 장비, 응용 기기 제조, 상거래·금융, 기타 응용들을 포함하는 전파 이용산업을 세분화하여 시장규모를 예측함

 ○ 전파핵심산업과 전파이용산업의 구분을 통해 미래 시장의 규모와 발전 가능성이 있는 시장의 분석이 가능함

 ○ 전파이용산업 시장규모가 2020년 중기 이후에는 소비자 이용층의 확대로 인하여 전파관계산업 시장규모보다 커질 것으로 예상함

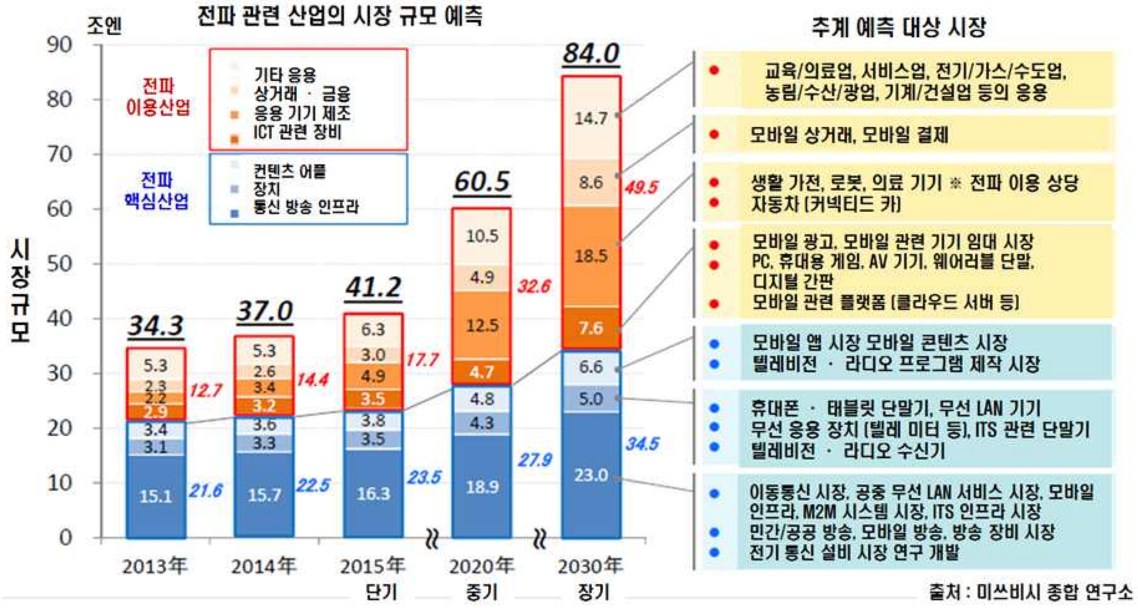


그림 29. 일본의 전파 이용산업 시장규모 및 전망

6. 요약

□ “전파핵심산업”은 국내/외 모두 정체 혹은 더딘 성장이 예측됨

□ 전통적 개념의 전파 핵심 산업 위주의 동향분석으로는 미래 신개념 전파 융합 산업 발전 예측에 한계가 있음

□ 신개념 융합 전파산업에서의 미래 먹거리 발굴과 전파산업 육성을 위해서 전체 전파산업 분야를 아우르는 “전파이용산업”의 카테고리 신설 및 통계조사가 요구됨

- ❍ 미래 산업에 대비하고 시장의 이해를 위해 전파산업의 정확한 이해와 분석이 요구됨
- ❍ 전파자원 활용 시장의 확대와 발전을 위해 국가적 차원의 통계 분석과 동향조사가 요구됨

□ 빅데이터에 기반한, 주파수 사용 신청 내역을 분석하면 전체 산업 분야에서의 전파 기여도 분석이 용이할 것임

- ❍ 국내의 주파수 사용은 국가의 승인이 요구됨
- ❍ 주파수 사용을 위해 제출한 신청 내역을 분석하여 사용되는 산업, 목적, 기관 등을 분석하여 통계자료를 산출 가능할 것임

□ 이를 기반으로 “전파핵심산업”과 “전파이용산업”의 동향분석을 위한 통계가 제공되어야 한다고 본 보고서에서 주장함

- ❍ 전파핵심산업의 분석은 지속적으로 연구개발 기술분류를 갱신하며 현행과 같이 통계조사 및 원인 분석이 요구됨
- ❍ 전파이용산업의 분석은 4차 산업혁명 시대에 대두된 전파 활용산업의 시장규모 분석과 발전 가능성, 향후 출현할 신산업들에 대한 예측과 이해를 요구함.

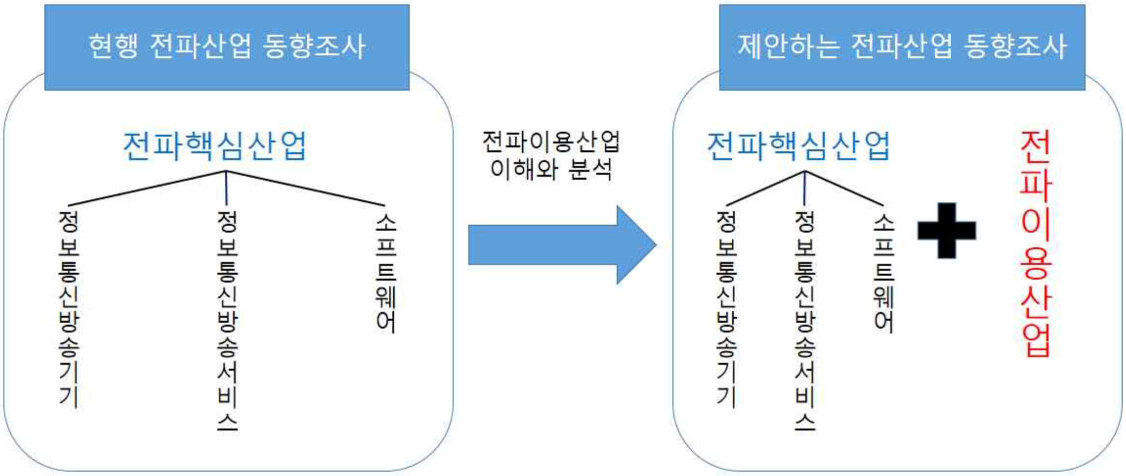


그림 30. 제안하는 전파산업 동향조사 발전 방향

제 3 절 전파 기술과 경제성장의 관계

1. 서론 ······ 90

2. 경제성장론 개요 ······ 92

3. 전파의 경제적 정의와 가치 추정 방안 ······ 97
  3-1. 전파의 경제적 정의
  3-2. 전파 활용 가치 추정
  3-3. 전파 생산요소 가치 추정
  3-4. 전파의 순수 기술적 가치

4. 기술과 경제 성장 ······ 109
  4-1. 기술의 경제성장 기여도 장기 추이
  4-2. 기술 수준의 결정 요인
  4-3. 기술수준이 기술진보 속도에 미치는 영향
  4-4. 미래 기술 진보 전망
  4-5. 부문별 차별적인 기술 진보

5. 요약 ······ 117

부록 ······ 118

1. 서론

□ 전파(radio waves)는 전자기파의 일종으로, 진동수 3KHz부터 3THz까지의 전자기파(electromagnetic wave)를 일컫는다. 보다 공식적으로, 전파법 제2조 제1항에 의하면, "전파(radio waves)"란 인공적인 유도(誘導) 없이 공간에 퍼져 나가는 전자파로서 국제전기통신연합이 정한 범위의 주파수를 가진 것이라고 정의된다. 전자파 또는 전자기파는 전기장과 자기장이 공간상으로 방사되는 파동인데, 예를 들어, 우리가 일상에서 이해하고 있는 빛은 가시광선 영역의 전자기파라고 할 수 있다. 전파는 라디오, 텔레비전, 이동통신 등 정보통신 분야에서부터 항공, 교통, 의료, 기상 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 현재 진행되고 있는 급격한 과학기술 진보의 토대를 이루는 정보통신 분야만 보더라도 2018년에는 국내에서 5세대 이동통신이 상용화되었고, 2020년에는 정부와 민간이 공동으로 투자하는 "6G 핵심기술개발사업"이 예비타당성조사를 통과하는 등 향후에도 전파 기술을 활용하는 산업의 규모는 지속적으로 확대될 것으로 예측된다.

□ 이 시점에 전파 기술의 경제적 가치를 산출한다면, 전파에 관한 연구의 중요성과 전파를 활용하는 산업의 경제적 기여도에 대한 이해를 높일 수 있을 것이다. 본 연구의 목적은 전파 기술의 경제적 가치를 추정하는 데에 있어서 활용할 수 있는 경제학적 이론을 검토하는 것이다. 구체적으로 경제성장론의 틀에서 어떠한 질문을 던질 수 있고, 그 답을 어떻게 찾아나갈 수 있는지 살펴보고자 한다. 본 연구는 전파 기술의 경제적 가치를 산출하는 모형을 직접적으로 구축하는 것이 아니라, 그러한 모형을 찾는 데에 있어서 유용한 이론적 배경을 소개하고자 한다. 이러한 측면에서 일반적으로 기술과 경제성장의 관계를 조망하는 작업은 의미가 있다고 볼 수 있다.

□ 전파 기술의 경제적 가치를 추정하는 방법은 크게 미시적 접근과 거시적 접근으로 구분할 수 있다. 미시적 접근은 전파 기술의 구성요소를 나열하고, 각 구성요소로 인해 창출되는 가치를 추정하여 합산하는 방식을 말한다. 이러한 접근은 특정한 기술 관련한 연구개발사업의 경제적 타당성을 조사하는 연구에서 활용된다. 현재 시행되는 국가재정법 상의 예비타당성조사제도에서는 개별 재정사업의 시행 여부를 결정하기 위해 적용되는 비용-편익 분석이 미시적 접근에 해당한다. 거시적 접근은, 단순하게 말하자면, 한 경제의 총산출물 중에서 기술의 기여분을 추정하고, 그 중에서 전파 기술의 비중이 얼마인지를 추정하는 방식을 말한다. 이 방식은 한 경제의 산출물 또는 소득수준이 어떻게 결정되는가라는 질문을 다루는 경제성장론에 기초한다고 볼 수 있다. 본 보고서에서는 전파 기술의 경제적 가치를 논의하기 위해 거

시적 접근 방식인 경제성장론을 검토한다.

□ 이후 본 보고서의 구성은 다음과 같다. 제II장에서는 경제성장론의 기본 구조를 소개하고, 제III장에서는 전파의 경제적 정의를 제시하고, 그 가치를 추정하는 방안을 모색한다. 제IV장에서는 일반적으로 기술과 경제성장의 관계를 살펴보고, 제V장에서는 논의를 요약하고, 전파의 경제적 가치 산출 방법론에 관한 시사점을 도출한다.

2. 경제성장론 개요

□ 경제성장 이론은 국가 간 1인당 소득수준의 차이가 발생하는 원인이 무엇이고, 국가별 소득수준의 증가 속도가 다른 이유가 무엇인지 탐구하는 경제학의 분야이다. 경제성장 모형에서는 한 경제의 총산출물은 생산요소의 함수로 간주한다. 18세기 후반에 발생한 산업혁명 이전에는 농업이 가장 중요한 산업이었기 때문에 토지가 중요한 생산요소였으나, 산업혁명 이후에는 자본이 중요한 생산요소로 간주된다.

□ 한 경제의 총 산출물은 자본과 노동의 생산함수로 상정한다.

$$Y = F(K, L; A)$$

○ 여기서 Y는 총산출량(output)을 나타내고, K는 자본 투입량, L은 노동 투입량을 나타낸다. 그리고 A는 생산성 수준을 의미하는데, 생산성은 자본과 노동을 결합하여 생산하는 방식이라고 이해할 수 있다. 생산성은 기술의 발달이나 경제의 효율성 수준에 따라 달라진다고 볼 수 있다.

□ 현대 경제에 있어서 가장 중요한 생산요소인 자본은 인간의 생산력을 높이는 기구나 기계를 말한다. 자본의 특징은 다음과 같다.

○ 생산력을 증진시킨다.
○ 생산된 생산요소이다. 여기서 자본을 만드는 행위를 투자(investment)라고 하고, 투자를 하는 이유는 수익(return)을 기대하기 때문이다.
○ 자본의 사용처는 제한적이다. 예를 들면, 망치의 용도와 컴퓨터의 용도는 다르다. 이는 자본의 사용이 경합적임을 의미한다. 즉, 누군가 망치를 사용하면, 다른 사람은 그 망치를 쓸 수 없다. 자본과 기술의 중요한 차이를 발견할 수 있다. 기술은 누군가가 사용해도, 다른 사람이 동일한 기술을 사용하는 데에 제약이 없다. 다시 말하면, 기술은 비경합적이다.
○ 자본은 수익을 생성한다.
○ 자본은 마모된다. 모든 자본은 시간이 흐름에 따라 녹슬거나, 속도가 느려지는 등 생산력이 감소한다.

□ 생산함수의 형태에는 기본적으로 제한이 없으나, 크게 두 가지 가정을 한다. 첫 번째는 규모수익 불변(constant return to scale)이라는 가정인데, 이는 모든 생산요소의 투입량을 a배 증가시키면 산출량도 a배 늘어남을 의미한다.

$$F(aK, aL) = aF(K, L)$$

□ 두 번째 가정은 한계생산 체감(diminishing marginal product)이다. 이는 각 생산요소의 투입이 증가함에 따라 해당 생산요소의 추가 투입으로 인한 생산량의 증가분은 감소함을 의미한다. 현실에서 한계생산이 체감할 수 있는 이유는 자본의 투입량이 증가함에 따라 자본 한 단위에 결합되는 노동 투입량이 감소하기 때문이다.

$$\frac{\partial F(K, L)}{\partial K} > 0, \frac{\partial^2 F(K, L)}{\partial K^2} < 0$$
$$\frac{\partial F(K, L)}{\partial L} > 0, \frac{\partial^2 F(K, L)}{\partial L^2} < 0$$

□ 이러한 두 가정을 만족하는 생산함수의 예로 콥-더글라스 생산함수를 들 수 있다.

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha}$$

❍ 여기서 α는 상수로서 0과 1 사이의 값을 갖는다.

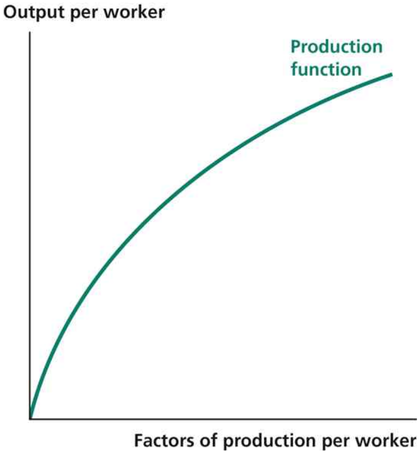
□ 규모수익 불변의 가정으로부터 경제의 총산출량에 대한 함수를 1인당 산출물에 대한 생산함수로 바꿀 수 있다.

$$\frac{Y}{L} = \frac{F(K, L; A)}{L} = F(\frac{K}{L}, \frac{L}{L}; A) = F(\frac{K}{L}, 1; A)$$
$$y = F(k, 1; A) = f(k; A)$$

❍ 여기서 y는 1인당 산출량을 의미하고, k는 1인당 자본량을 말한다.

□ 1인당 산출량에 대한 생산함수의 예는 [그림 2-1]과 같다.

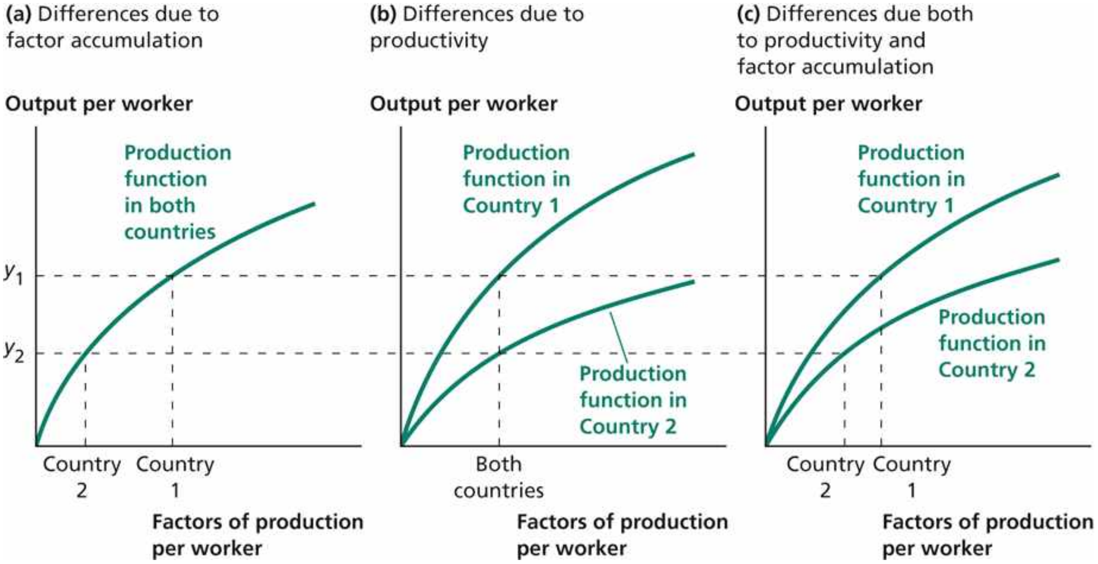
[그림 2-1] 생산함수



출처: Weil(2012), p.54, Figure 2.1

□ 이러한 생산함수를 이용하면 국가 간 소득수준의 차이의 원인을 [그림 2-2]와 같이 세 가지로 분류할 수 있다. [그림 2-2]의 패널 (a)에서는 두 국가가 동일한 생산함수를 갖고 있으나, 1인당 생산요소 투입 수준이 다르기 때문에 산출량의 격차가 발생하는 한다. 패널 (b)에서는 두 국가의 1인당 생산요소 투입 수준이 동일하나, 두 국가의 생산함수가 달라 산출량의 격차가 발생한다. 패널 (c)에서는 두 국가의 생산요소의 투입량도 다르고, 생산함수도 달라 산출량의 차이가 발생한다.

[그림 2-2] 1인당 산출량의 차이를 초래하는 잠재적 원천



출처: Weil(2012), p.55, Figure 2.2

□ 1인당 자본량이 변화하는 원리는 다음과 같다. 이번 기간에 투자한 만큼 다음 기간

의 자본량이 늘어나고, 한 기간에 걸쳐 발생하는 감가상각만큼 줄어든다. 이번 기간에 투자를 늘리면, 이번 기간의 소비가 줄어드나 다음 기간의 소비가 늘어나는 상충관계가 존재한다.

$$\triangle k = sf(k;A) - \delta k$$

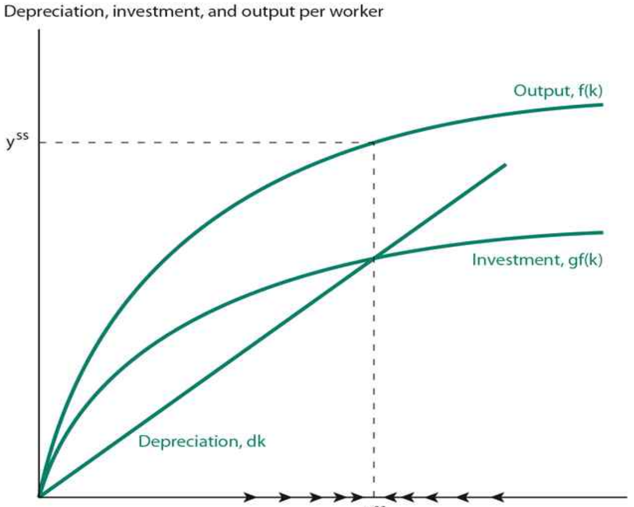
○ 여기서 s는 투자율을 나타내고, δ는 감가상각율을 가리킨다.

□ 1인당 자본량이 일정하게 유지되는 상태를 정상 상태(steady state)라고 하는데, 정상 상태가 만족하는 조건을 이용하여 정상 상태에서의 1인당 자본량과 산출량을 구할 수 있다.

$$\triangle k = sf(k;A) - \delta k = 0$$

□ 지금까지 논의한 모형은 솔로우(Solow) 모형이라고 하고, 아래의 그림과 같이 정상 상태를 찾을 수 있다. 1인당 자본량이 k^{ss}보다 적은 수준에서는 자본에 대한 투자가 감가상각보다 더 커서 매 기간 1인당 자본량이 증가한다. 반면, 1인당 자본량이 k^{ss}보다 많은 수준에서는 투자보다 감가상각이 더 크므로 매 기간 1인당 자본량이 감소한다. 따라서 이 경제는 1인당 자본량이 어느 수준에서 출발하더라고 k^{ss} 수준에 수렴할 것이라고 기대할 수 있다.

[그림 2-3] Solow 모형에서의 정상 상태



출처: Weil(2012), p.80, Figure 3.4

□ 실증 분석에서 개별 국가가 모두 정상 상태에 있다고 가정하고, 국가별 투자율과 감가상각율 그리고 생산성 지표가 1인당 소득수준에 미치는 영향을 추정할 수 있다. 실증분석의 통계모형은 다음과 같이 설정할 수 있다.

$$\ln y = \beta_1 \ln s + \beta_2 \ln \delta + \ln A$$

□ 위의 모형을 추정하기 위해 국가별 1인당 국내총생산, 투자율 등의 지표를 수집한 표본이 필요하다.

3. 전파의 경제적 정의와 가치 추정 방안

3-1. 전파의 경제적 정의

□ 전파의 경제적 가치를 추정하기 위해서는 전파가 경제활동에 어떠한 기여를 하는지를 정의할 필요가 있다. 앞서 논의한 경제성장 모형의 틀에서 생각하면, 전파의 경제적 기능은 세 가지로 구분할 수 있다.

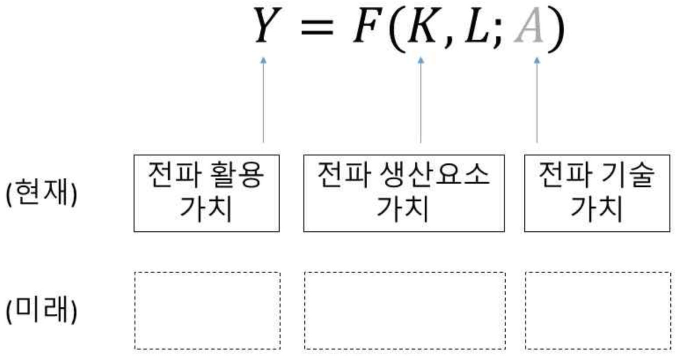
○ 첫 번째는 전파 활용의 가치로서, 총 산출물 중에서 전파를 활용한 산출물의 가치로 측정할 수 있다. 다시 말하면, 전파를 이용하는 산업이 생산하는 부가가치 총합이라고 표현할 수 있고, GDP 중 전파 산업의 비중으로 측정할 수 있다.

○ 두 번째는 전파를 이용한 생산요소의 가치로서 자본 중 전파를 활용한 자본의 비중으로 측정할 수 있다. 예를 들면, 송수신기 설비의 GDP 기여도를 생각할 수 있다.

○ 세 번째는 전파 관련 기술의 가치로서 생산성 중 전파 기술의 비중으로 측정할 수 있다. 예를 들면, 전파 관련 특허 기술의 GDP 기여도를 고려할 수 있다.

□ 이상과 같은 전파 경제적 기능의 종류는 [그림 3-1]과 같이 표현할 수 있다. 각각의 경우 현재 시점에서의 가치만을 고려할 수도 있고, 미래에 발생하는 가치도 고려할 수 있다.

[그림 3-1] 생산함수에서의 전파 활용 가치



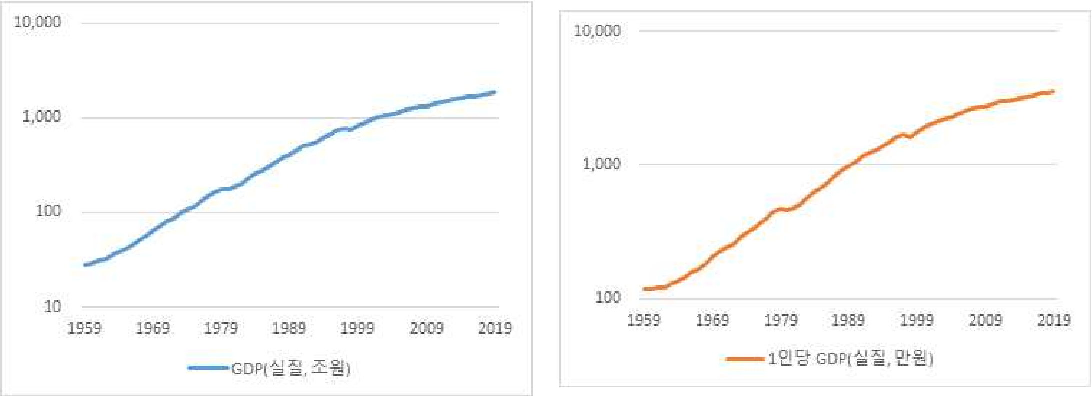
3-2. 전파 활용 가치 추정

□ 국내총생산(GDP)은 산업별로 생산된 부가가치의 총합을 의미한다. 따라서 분류된 산업 중 전파를 활용하는 산업을 구분하여 전파를 활용하는 산업에서의 부가가치 총량을 전파 활용의 가치로 산정할 수 있다. 여기서 쟁점 사항은 각 산업별 전파 활용 여부와 그 정도를 어떻게 구분할 수 있는가의 문제이다. 산업별 전파 활용 정도를 구분한다면, GDP 중 전파 활용 산업의 부가가치 비중을 추정하여 전파 활용의 가치를 추정할 수 있다.

□ 우리나라는 지난 반세기 동안 지속적인 경제성장을 이루었다. [그림 3-2]에 의하면, 국내총생산은 2015년 화폐 단위 기준으로 1959년의 28조원에서 2019년의 1849조원으로 66배 증가하였다. 같은 기간 1인당 국내총생산은 117만원에서 3,576만원으로 30배 이상 증가하였다. [그림 3-2]에서 경제성장률이 1990년대 후반 이후 감소한 것을 확인할 수 있다.

[그림 3-2] 경제성장 추이

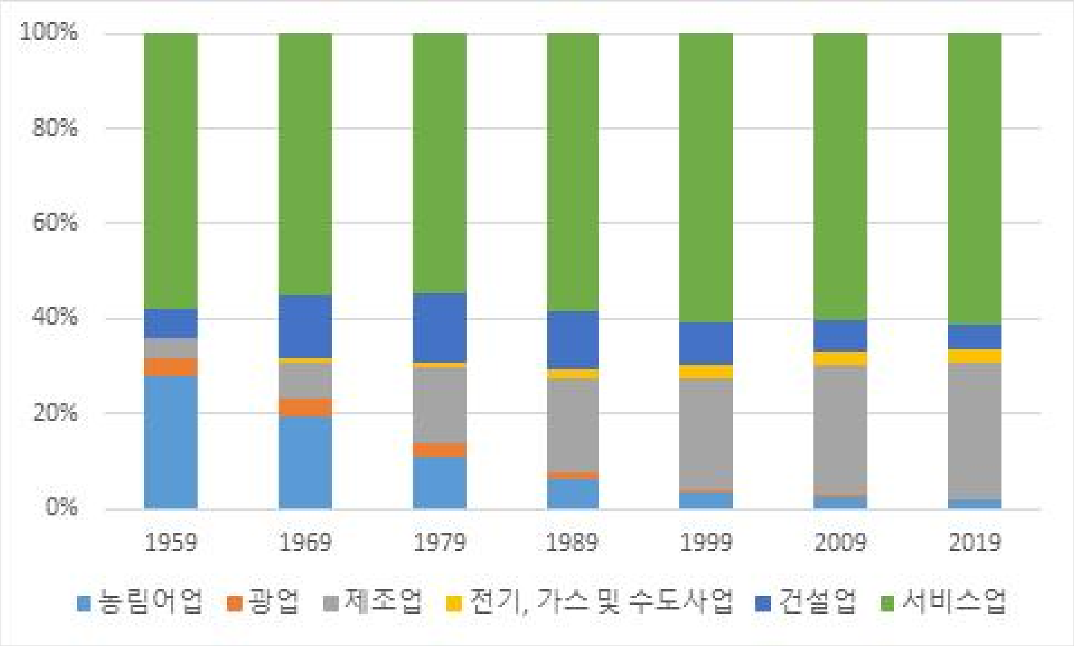
(a) GDP(실질, 조원) (b) 1인당 GDP(실질, 만원)



주: 2015년 기준, 출처: 한국은행, 국민계정

□ 우리나라 경제의 산업구조도 큰 변화를 겪었다. [그림 3-3]에서 확인할 수 있듯이, 1959년부터 2019년까지의 기간 동안 농림어업의 GDP 비중이 28%에서 2%로 줄었고, 광업의 비중도 3.5%에서 0.1%로 감소하였다. 반면 동 기간 제조업의 비중은 4%에서 29%로 증가하였고, 전기, 가스, 수도사업은 0.2%에서 2.6%로 증가하였다. 건설업의 GDP 비중은 1959년의 5.8%에서 1980년대와 1990년대에 증가하였다가 2019년에는 5.3%로 하락하였다. 같은 기간 서비스업의 비중은 58%에서 62%로 소폭 증가하였다.

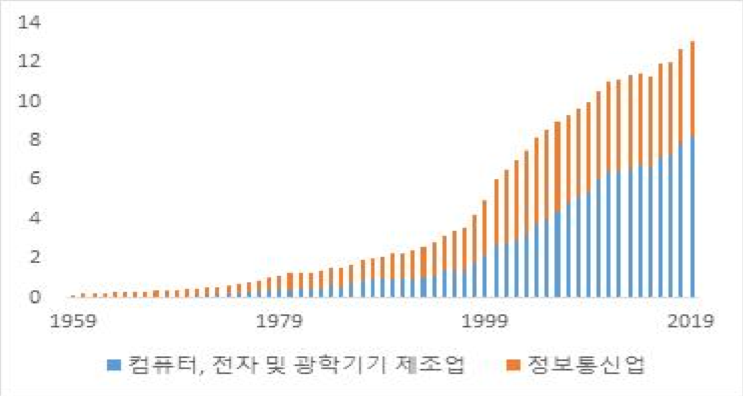
[그림 3-3] 경제활동별 GDP



출처: 한국은행, 국민계정

□ 전파 관련 산업 중 대표적인 산업이라고 할 수 있는 컴퓨터, 전자 및 광학기기 제조업과 정보통신업의 GDP 비중 추이는 [그림 3-4]와 같다. 컴퓨터, 전자 및 광학기기 제조업의 GDP 비중은 1979년의 0.4%에서 2019년의 8.2%로 증가하였다. 정보통신업의 GDP 비중은 1959년의 0.2%에서 1979년의 0.7%를 거쳐 2019년의 4.9%로 증가하였다. 두 산업의 규모가 모두 1990년대 후반 이후 급격히 증가하였음을 알 수 있다. 두 산업의 GDP 비중 합은 1979년의 1.1%에서 2019년의 13.1%로 증가하였다.

[그림 3-4] 전파 관련 산업의 GDP 비중



출처: 한국은행, 국민계정

3-3. 전파 생산요소 가치 추정

□ 생산요소로서 전파의 경제적 기여도는 두 단계로 추정할 수 있다. 첫 번째 단계에서는 다음과 같은 경제성장 결정요인 모형에서 자본투자의 기여도를 추정한다.

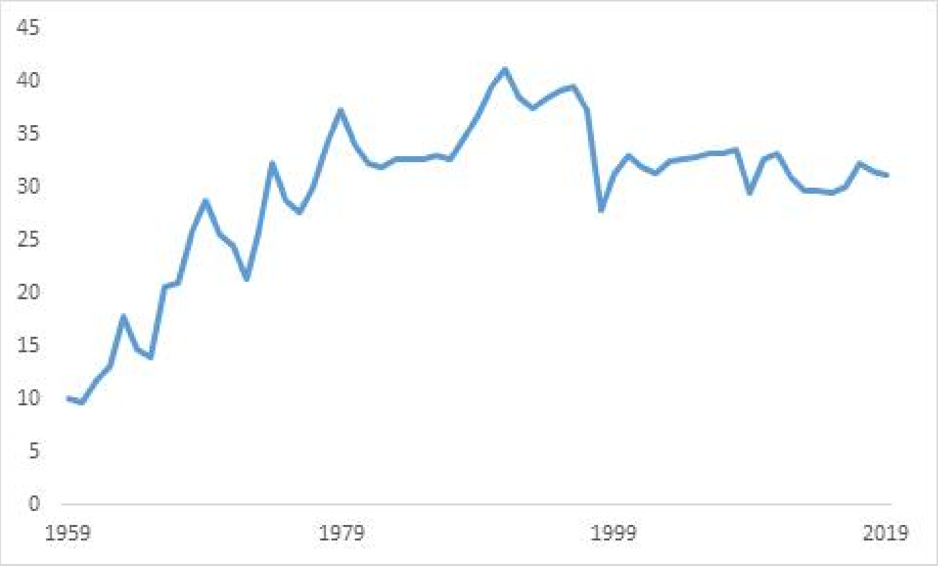
□ $\ln y = \beta_1 \ln s + \beta_2 \ln \delta + \ln A$

□ 그 다음 단계에서는 자본투자 중 전파를 이용한 설비투자의 비중 추정을 추정하는 것이다. 자본의 구성 요소로서 전파 외에 전기와 같이 개념적으로 비슷한 수준의 자원을 고려할 수 있다.

□ $s =$ 전파 $+$ 전기 $+ \ldots$

□ 우리나라의 국내 총투자율의 추이는 [그림 3-5]와 같다. 국내 총투자율은 국민총처분가능소득에 대한 총자본형성의 비율로 정의되는데, 1959년의 10.1%에서 1979년의 37.3%로 빠르게 상승하였고, 이후에는 1999년의 31.3%, 2019년의 31.2%를 기록하면서 30%대를 유지하였다.

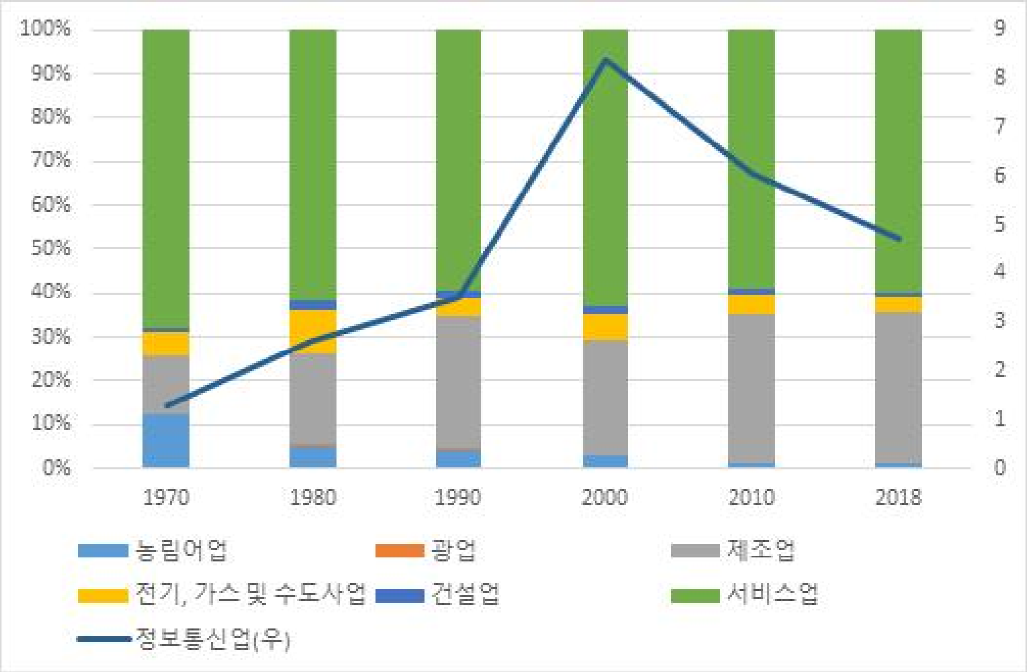
[그림 3-5] 국내 총투자율 추이



출처: 한국은행, 국민계정

□ [그림 3-6]에 제시된 산업별 총자본형성 추이를 살펴보면, 총고정자본형성 중 농림어업의 비중은 1970년의 12.2%에서 2018년의 0.9%로 감소하였다. 반면, 동 기간 제조업의 총고정자본형성 비중은 13.4%에서 34.5%로 상승하였다. 한편. 동 기간 서비스업의 총고정자본형성 비중은 68.2%에서 59.8%로 완만한 하락세를 보였고, 전기, 가스 및 수도사업의 비중도 5.3%에서 3.7%로 하락하였다. 정보통신업의 총고정자본형성 비중은 1970년의 1.3%에서 2000년의 8.4%로 급격히 상승하였다가 2018년의 4.7%로 하락하였다.

[그림 3-6] 경제활동별 총자본형성



출처: 한국은행, 국민계정

□ 전파와 같은 기술 분야로서 전기의 사용량 지표는 <표 3-1>과 같다. 전파 분야도 비슷한 지표가 있는지 그리고 전파 사용량 지표와 전기 사용량 지표가 대등한지 여부에 대한 논의가 필요하다.

<표 3-1> 연도별 전력 지표

연도	총발전량 (GWh)	판매전력량 (GWh)	고객호수 (천호)	인구1인당 소비전력량 (kWh/명)
1959	1,686	1,121	724	140
1960	1,697	1,154	759	141
1961	1,936	1,189	797	46
1962	2,165	1,470	876	55
1963	2,531	1,696	960	62
1964	2,985	2,043	1,070	73
1965	3,566	2,464	1,199	86
1966	4,235	3,008	1,331	102
1967	5,300	3,903	1,525	130
1968	6,588	4,850	1,636	157
1969	8,201	6,358	1,784	202
1970	9,766	7,740	2,025	240
1971	11,142	8,884	2,356	270
1972	12,451	9,992	2,597	298
1973	15,764	12,367	2,999	363
1974	17,844	14,048	3,428	405
1975	20,854	16,630	3,939	471
1976	24,417	19,620	4,237	547
1977	28,021	22,833	4,659	627
1978	33,412	27,326	4,935	739
1979	38,270	31,145	5,244	830
1980	40,078	32,734	5,485	859
1981	44,088	35,424	5,682	915
1982	47,164	37,880	5,985	963
1983	53,037	42,620	6,342	1,068
1984	58,352	47,051	6,621	1,164
1985	62,667	50,732	6,931	1,243
1986	69,681	56,310	7,299	1,367
1987	80,251	64,169	7,659	1,543

1988	93,109	74,318	8,110	1,771
1989	103,624	82,192	8,703	1,939
1990	118,461	94,383	9,315	2,202
1991	131,616	104,374	10,053	2,412
1992	146,439	115,244	10,748	2,639
1993	161,901	127,734	11,499	2,899
1994	183,366	146,541	12,161	3,297
1995	203,546	163,270	12,771	3,640
1996	225,846	182,470	13,330	4,006
1997	246,587	200,784	13,913	4,366
1998	237,197	193,470	14,102	4,167
1999	262,152	214,215	14,379	4,572
2000	290,443	239,535	14,976	5,067
2001	309,886	257,731	15,619	5,444
2002	332,021	278,451	16,490	5,845
2003	347,756	293,599	16,776	6,126
2004	368,034	312,096	17,062	6,491
2005	389,480	332,413	17,329	6,883
2006	402,989	348,719	17,625	7,191
2007	425,407	368,605	18,039	7,607
2008	442,611	385,070	18,419	7,922
2009	452,447	394,475	18,727	8,092
2010	495,028	434,160	19,229	8,883
2011	517,570	455,070	19,815	9,142
2012	531,202	466,593	20,476	9,331
2013	537,169	474,849	21,018	9,285
2014	540,379	477,592	21,532	9,305
2015	545,529	483,655	22,030	9,555
2016	560,985	497,039	22,553	9,699
2017	576,412	507,746	23,077	9,869
2018	592,905	526,149	23,502	10,195
2019	585,301	520,499	23,860	10,039

출처: 전력통계정보시스템.

3-4. 전파의 순수 기술적 가치

□ 일반적으로 기술 진보는 생산함수에서 생산성을 높이는 기능을 한다. 따라서 기술 진보가 생산성을 증대시키고, 생산성 증대는 다시 소득수준을 높이는 과정의 연결 고리를 추정함으로써 기술이 경제성장에 기여하는 정도를 추정할 수 있다.

□ 통계 분석에서는 경제성장의 결정요인 모형에서 생산성을 구성 요소로서 기술혁신 지표를 설명변수로 추가하여 그 효과를 추정할 수 있다. 국가 단위에서 다음과 같은 1인당 소득수준 결정요인 모형을 고려한다.

$$\ln y = \beta_1 \ln s + \beta_2 \ln \delta + \ln A$$

□ 여기서 A는 총요소생산성(Total Factor Productivity)을 의미한다. 총요소생산성은 기술(Technology)과 효율성(Efficiency)에 따라 달려 있다고 볼 수 있어 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$A = T \times E$$

○ 여기서 T는 기술(Technology), E는 효율성(Efficiency)을 가리킨다.

□ 통계모형에서 총요소생산성은 관찰되지 않는 지표이므로 오차항에 포함되는 것으로 표현할 수 있다.

$$\ln y = \beta_1 \ln s + \beta_2 \ln \delta + \epsilon$$

□ 전파 기술의 경제성장 기여도를 직접적으로 추정하는 방안도 고려할 수 있다. 즉, 1인당 소득수준의 결정요인 추정 모형에 전파 기술 수준을 나타내는 지표를 설명변수로 추가하는 방법이다.

$$\ln y = \beta_1 \ln s + \beta_2 \ln \delta + \beta_3 \ln T_{EW} + \epsilon$$

○ 여기서 T_{EW}는 전파 기술 수준을 나타낸다. 위의 모형에서 계수 β_3은 전파 기술이 1인당 소득수준에 미치는 영향이라고 해석할 수 있다.

□ 이와 같은 통계모형의 추정 시 여러 가지 쟁점이 존재할 수 있다.

○ 첫째, 기술이 어떠한 요소로 구성되어 있는지에 대한 설명이 필요하다. 전파와 같은 수준의 기술 분야가 무엇인지 그 범위를 설정해야 한다. 예를 들어 전기와 같은 기술 분야를 고려할 수 있다.

○ 둘째, 한 경제의 전파 기술을 어떻게 측정할 것인지에 대한 연구가 필요하다. 예를 들어, 인터넷 이용자수나 이동전화 이용자수를 고려할 수 있으나, 이러한 지표의 적절성에 대한 근거가 필요하다. OECD 국가별 인터넷 사용자수, 유선 인터넷망 가입자수, 무선 인터넷망 가입자수는 각각 <표 3-2>, <표 3-3>, <표 3-4>과 같다.

○ 셋째, 기술의 연계효과(spillover effect)를 고려할 필요가 있다. 전파 기술의 발전은 관련된 다른 기술의 활용도를 높이는데 기여할 수 있다. 즉, 전파기술과 다른 기술과의 보완성이 존재할 수 있다. 이러한 연계효과를 고려하지 않는다면 전파기술의 경제적 가치를 과소추정할 소지가 있다.

○ 넷째, 분석 표본을 어떻게 구축할 것인지에 대한 판단이 필요하다. 국가별 자료를 이용하면 일반적으로 전파 기술이 소득수준에 미치는 영향을 추정할 수 있다. 반면, 우리나라 자료를 이용하면 우리나라의 경우에 한정하여 전파 기술의 효과를 추정할 수 있다.

○ 다섯째, 분석기간을 어떻게 설정하는냐에 따라 추정 결과가 달라질 수 있다. 자료수집 기간을 과거의 일정 기간으로 선정한다면, 추정 결과는 전파 기술의 과거 기여도라고 해석할 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 미래 일정 기간에 기대되는 전파 기술의 기여도를 어떻게 추정할 것인지에 대한 논의가 필요하다.

<표 3-2> 국가별 거주자 100명당 인터넷 이용자수

Country	2012	2013	2014
Australia	..	87.5	..
Austria	..	..	82.5
Belgium	..	..	86.1
Canada	87.6	..	..
Chile	..	..	71.0
Colombia	..	..	50.0
Czech Republic	..	..	81.1
Denmark	..	..	96.4
Estonia	..	..	85.5
Finland	..	..	93.2
France	..	..	85.7
Germany	..	..	87.7
Greece	..	..	64.5
Hungary	..	..	77.5
Iceland	..	..	98.4
Ireland	..	..	81.6
Israel	..	74.1	..
Italy	..	..	63.9
Japan	..	91.9	..
Korea	..	..	87.9
Latvia	..	..	76.9
Lithuania	..	..	73.0
Luxembourg	..	..	95.2
Mexico	..	..	42.5
Netherlands	..	..	94.0
New Zealand	85.0	..	..
Norway	..	..	96.8
Poland	..	..	69.1
Portugal	..	..	67.0
Slovak Republic	..	..	83.1
Slovenia	..	..	73.7
Spain	..	..	77.3
Sweden	..	..	93.2
Switzerland	..	..	90.6
Turkey	..	..	51.0
United Kingdom	..	..	92.4
United States	..	78.3	..
OECD - Total	..	..	81.6

출처: Science Technology and Innovation Outlook 2016, OECD.

<표 3-3> 국가별 거주자 100명당 유선 고속 인터넷망 가입자수

Country	2009	2014
Australia	23.91	27.65
Austria	21.50	27.55
Belgium	29.04	35.95
Canada	30.60	35.37
Chile	9.77	13.96
Colombia	4.62	10.28
Czech Republic	19.41	28.75
Denmark	36.60	41.47
Estonia	25.37	28.20
Finland	34.69	32.19
France	30.56	39.25
Germany	30.51	35.91
Greece	17.26	28.88
Hungary	18.76	26.15
Iceland	33.54	36.63
Ireland	21.19	27.28
Israel	23.47	25.29
Italy	20.28	23.64
Japan	24.72	28.79
Korea	33.24	38.08
Latvia	21.53	24.74
Lithuania	16.89	26.66
Luxembourg	29.19	33.60
Mexico	8.39	10.62
Netherlands	37.09	40.63
New Zealand	23.82	31.89
Norway	34.60	38.48
Poland	14.58	17.99
Portugal	17.89	27.22
Slovak Republic	14.31	21.98
Slovenia	21.63	26.73
Spain	21.23	27.62
Sweden	31.66	33.84
Switzerland	35.74	47.84
Turkey	8.86	11.57
United Kingdom	29.48	36.74
United States	26.04	31.39
OECD - Total	23.33	28.21

출처: Science Technology and Innovation Outlook 2016, OECD.

<표 3-4> 국가별 거주자 100명당 무선 고속 인터넷망 가입자수

Country	2009	2014	2015
Australia	13.00	114.34	114.21
Austria	21.30	67.06	67.22
Belgium	5.70	57.72	61.66
Canada	0.00	54.25	54.58
Chile	3.54	49.90	52.55
Colombia	..	..	36.41
Czech Republic	3.53	68.07	69.69
Denmark	29.62	109.62	112.56
Estonia	1.67	114.15	104.31
Finland	73.07	137.98	138.76
France	27.08	64.85	68.47
Germany	0.00	63.84	65.43
Greece	12.38	41.73	43.83
Hungary	6.13	34.27	34.40
Iceland	30.32	86.81	92.34
Ireland	37.96	82.08	86.82
Israel	53.79	49.81	49.93
Italy	19.56	70.90	75.35
Japan	73.96	124.21	130.46
Korea	86.73	106.60	106.52
Latvia	..	..	73.84
Lithuania	6.87	..	..
Luxembourg	22.53	84.18	85.44
Mexico	0.00	42.53	45.57
Netherlands	0.00	68.99	75.13
New Zealand	4.17	99.61	117.70
Norway	68.56	87.98	92.91
Poland	42.73	55.29	57.45
Portugal	21.55	45.72	45.91
Slovak Republic	15.34	59.91	76.14
Slovenia	0.00	46.97	49.74
Spain	35.53	78.05	80.38
Sweden	70.00	115.55	118.14
Switzerland	35.24	96.38	103.80
Turkey	3.42	42.24	46.07
United Kingdom	31.95	82.40	84.57
United States	46.68	104.72	111.26
OECD - Total	32.54	81.49	85.49

출처: Science Technology and Innovation Outlook 2016, OECD.

4. 기술과 경제성장

4-1. 기술의 경제성장 기여도 장기 추이

□ 기술 수준이 경제성장에 미친 영향을 추정하는 방안으로 성장 회계(Growth Accounting)를 활용할 수 있다. 경제의 총산출량이 다음과 같은 생산함수에 의해 결정된다고 가정한다.

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha}$$

□ 그러면 1인당 산출량은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$y = Ak^{\alpha}$$

□ 위의 관계에서 1인당 산출량 성장률은 생산성의 증가율과 1인당 자본량 증가율의 합으로 구할 수 있다.

$$\hat{y} = \hat{A} + \alpha\hat{k}$$

□ 위의 식을 이용하여 생산성 증가율을 다른 항으로 표현하면 다음과 같다.

$$\hat{A} = \hat{y} - \alpha\hat{k}$$

□ 위의 식은 생산성 증가율을 1인당 산출량 증가율과 생산요소 증가율의 차이로 구할 수 있음을 의미한다. 1인당 산출량 증가율과 1인당 생산요소 증가율은 자료를 이용하여 측정이 가능하므로, 생산성 증가율을 간접적으로 추정할 수 있다. 생산성이 기술에 의해서만 결정되는 것은 아니나, 기술의 기여도가 높다는 점에서 생산성 증가율 추이는 기술의 경제성장 기여도를 가늠할 수 있는 지표라고 해석할 수 있다.

□ 이러한 성장회계를 이용하여 1870년부터 2007년까지의 기간 동안 미국의 생산성 증가율 추이를 추정한 결과가 [그림 4-1]에 제시되어 있다.

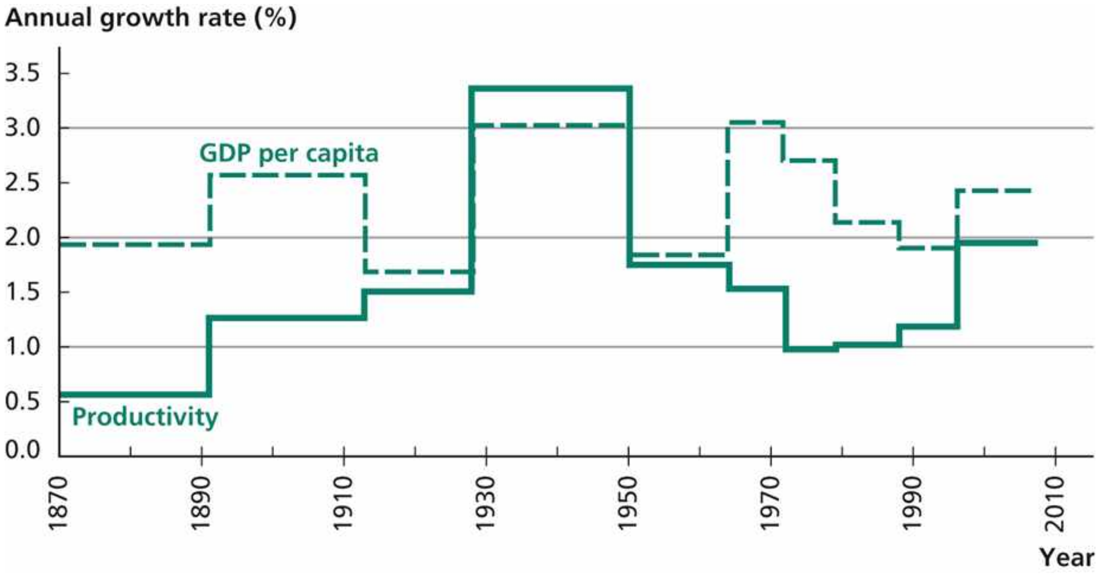
□ 전체 시기를 세 시기로 구분할 수 있는데, 첫 번째 기간은 19세기 말부터 20세기 중반까지의 기간으로 미국이 높은 생산성 증가율을 기록하였다. 1890년부터 1971년까

지 미국의 연평균 생산성 증가율이 1.99%를 기록했다. 이 시기에는 많은 신기술이 개발되고 전파되었다. 전구, 냉장고, 에어컨, 전화, 자동차, 항공기, 라디오, 텔레비전 등의 제품이 이 시기에 발명되고 상용화되었다.

□ 두 번째 시기는 1970년대의 생산성 정체 시기이다. 1972년부터 1995년까지의 기간 동안 연평균 생산성 증가율은 1.06%에 그쳤다. 이 시기에도 과학 기술은 지속적으로 발전하고 있었으므로, 생산성 증가율의 하락은 효율성 하락에 의해 초래되었을 가능성이 높다.

□ 세 번째 시기는 1990년대 중반 이후 높은 생산성을 기록한 시기이다. 1995년부터 2007년까지의 기간 동안 연평균 생산성 증가율은 1.95%에 이르렀다. 이 시기의 생산성 증가율 상승은 정보통신 기술의 발달에 의한 것으로 볼 수 있다.

[그림 4-1] 미국 산출량과 생산성 성장률, 1870-2007



출처: Gordon (1999, 2010), Weil(2012) 재인용

4-2. 기술 수준의 결정 요인

□ 전파 기술의 생성 과정도 일반적인 기술의 경우와 비슷한 속성이 있을 것으로 기대할 수 있다. 기술과 경제성장의 관계를 살펴보기 위해 간단한 한 국가 모형을 고려한다. 노동력이 생산에 투입되는 인력과 연구개발에 투입되는 인력으로 구성되어 있다고 가정한다.

$$L = L_Y + L_A$$

○ 여기서 L_Y는 생산에 투입되는 노동을 의미하고, L_A는 연구개발에 투입되는 인력을 말한다. 총산출물은 생산에 투입되는 노동에 비례한다고 가정한다.

$$Y = AL_Y = A(L - L_A) = A(1 - \gamma_A)L$$

○ 여기서 γ_A는 전체 노동 중 연구개발 인력의 비중을 말한다. 그러면 1인당 산출량은 생산성과 생산에 투입되는 인력의 비중에 따라 결정된다.

$$y = A(1 - \gamma_A)$$

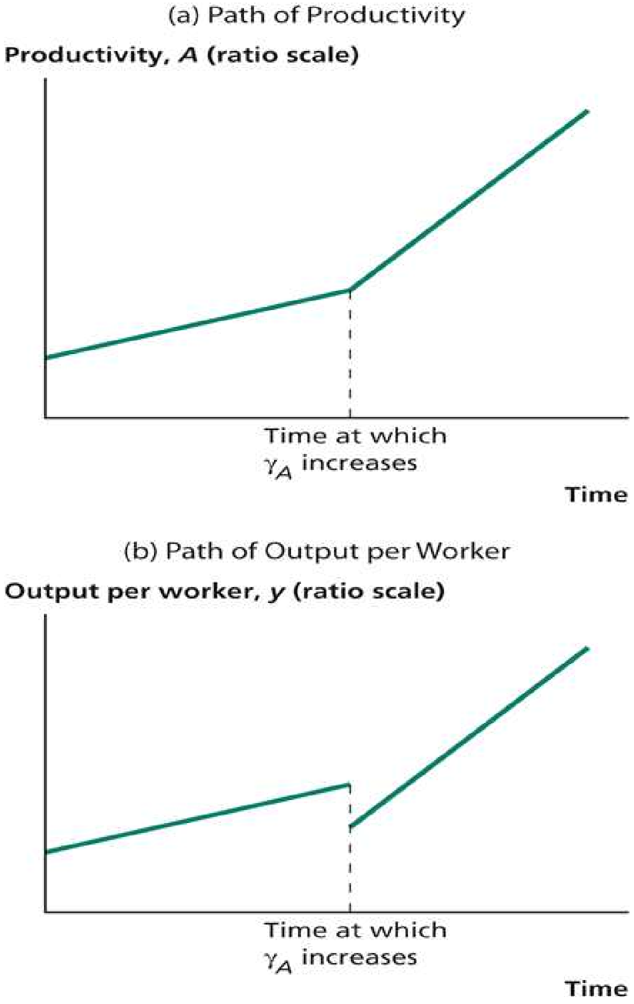
□ 그리고 생산성 증가율($\hat{A}$^)이 연구개발인력 규모(L_A)에 비례한다고 가정한다.

$$\hat{A} = \frac{L_A}{\mu}$$

○ 여기서 μ는 생산성 증가율 한 단위를 높이기 위해 필요한 연구개발 인력의 규모를 의미한다. 그러면 1인당 산출량의 증가율은 생산성 증가율과 동일하고, 생산성 증가율은 연구개발 인력의 규모에 비례한다.

□ 이 모형에서는 이번 기간에 연구개발 인력 비중을 늘리면, 이번 기간의 산출량은 감소하나, 다음 기간 이후의 산출량 증가율이 상승하여 장기적으로는 산출량이 증가한다. [그림 4-2]의 패널 (a)는 연구개발 인력 비중 확대 이후 생산성 추이를 보여주고, 패널 (b)는 1인당 산출량 추이를 나타낸다.

[그림 4-2] 연구개발인력 비중의 증가 효과



출처: Weil(2012), p.234, Figure 8.1

□ 한 경제의 기술 수준이 어떻게 결정되는가를 논의하기 위해서 기술 생산함수(technology production function)의 개념을 활용할 수 있다. 특히 첨단기술의 수준은 연구개발인력의 규모와 질적 수준 그리고 자본에 의해서 결정된다고 볼 수 있다.

신기술=*f*(연구개발인력의 양 및 질, 자본)

□ 앞서 논의한 바와 같이 기술은 비경합적(non-rival)이라는 특성이 있다.

□ 과거의 경험을 통해 첨단 기술 생산을 위한 투입과 산출의 관계를 살펴본다. 구체적으로 2차 세계 대전 이후의 사례를 살펴보자. 기술 선도국이라고 할 수 있는 미국,

영국, 독일, 프랑스, 일본 등 5개국의 연구개발 인력 규모는 1950년에 25만 명 수준이었는데, 2007년에는 350만 명으로 14배 증가하였다. 연구개발의 결과로 생성된 기술의 양을 생산성 증가율로 측정한다면, 동 기간에 생산성 증가율이 인력의 증가만큼 높아졌다는 증거는 발견할 수 없다.

4-3. 기술수준이 기술진보 속도에 미치는 영향

□ 기술 수준이 높아질수록 기술진보의 속도가 더 빨라질 것인지 아니면 더 느려질 것인지 명확하지 않다. 우선 긍정적인 효과로는 더 많은 지식이 축적되고, 더 많은 실험 기구가 발명됨에 따라 연구자의 생산성이 높아질 수 있다.

□ 반면, 기술진보에 따른 부정적인 효과도 존재한다. 쉬운 발견이 이미 이루어짐에 따라 새로운 발견이 더 어려운 상황이 발생한다. 이를 “fishing out effect”라고도 한다.

□ 과거 상황을 살펴보면 두 효과 중 부정적인 효과가 더 큰 것으로 보인다. 우선 2차 세계대전 이후 생산성 증가율이 급격히 상승하지 않았다는 사실을 참고할 수 있다. 또한 18세기와 19세기에는 개별 과학자가 과학기술의 획기적인 진보를 이끌었던 반면, 20세기 이후에는 대규모 연구팀이 기술 개발을 주도하고 있다.

□ 기술 생산에 있어서 규모수익 체감이 존재할 가능성이 높다. 간단한 모형에서는 규모수익 불변을 가정한다. 이는 모든 생산요소를 두 배로 하면, 산출이 두 배가 됨을 의미한다. 그러나 기술생산함수는 규모수익체감의 특성을 가질 가능성이 높다. 왜냐하면, 연구개발에 더 많은 자원이 투입될수록, 중복 노력 가능성이 더 높아지기 때문이다. 다음과 같은 예를 들 수 있다.

○ Charles Darwin vs. Alfred Wallace – 다윈과 왈라스가 거의 동시에 독자적으로 진화론을 개발하였다.

○ Sequencing of the human genome – 인간 유전자 배열을 해석하기 위해 전세계의 많은 연구팀이 동시에 연구하였다.

○ Alexander Graham Bell vs. Elisha Gray – 벨과 그레이이 거의 동시에 전화기를 발명하였고, 특허를 먼저 내기 위한 경쟁이 있었다.

4-4. 미래 기술진보 전망

□ 과연 앞으로 기술진보의 속도가 줄어들 것인지 생각해 볼 필요가 있다. 우선 기술생산함수의 가장 중요한 생산요소인 연구개발 인력 규모에 영향을 주는 요인을 검토할 수 있다.

○ 전체 노동시장 참여 인구가 늘어날 가능성이 있다. UN 인구전망에 의하면 현재 전세계 약 70억명의 인구가 향후 110억명까지 증가하고 그 이후에는 안정화되는 추세를 보일 것으로 기대된다. 즉, 향후 인구증가율에 의해 노동시장 참여 인구의 증가는 제한될 것으로 보인다.

○ 연구 개발 종사자 비율이 증가할 가능성이 있다. 이는 기술진보 속도는 높일 것으로 기대할 수 있다.

○ 첨단기술 개발하는 국가가 늘어날 가능성이 있다. 과거에는 주요 선진국이 모든 분야에서 기술 우위를 보이는 경향이 강했으나, 현재에는 많은 나라들이 특정 기술에서 우위를 점유하고 있는 경우가 많다. 예를 들면, 중국은 우주 항공 분야에서 첨단 기술력을 가지고 있다. 따라서 더 많은 나라가 첨단 기술 개발에 합류한다면, 기술 진보 속도는 더 높아질 가능성이 있다.

4-5. 부문별 차별적인 기술 진보

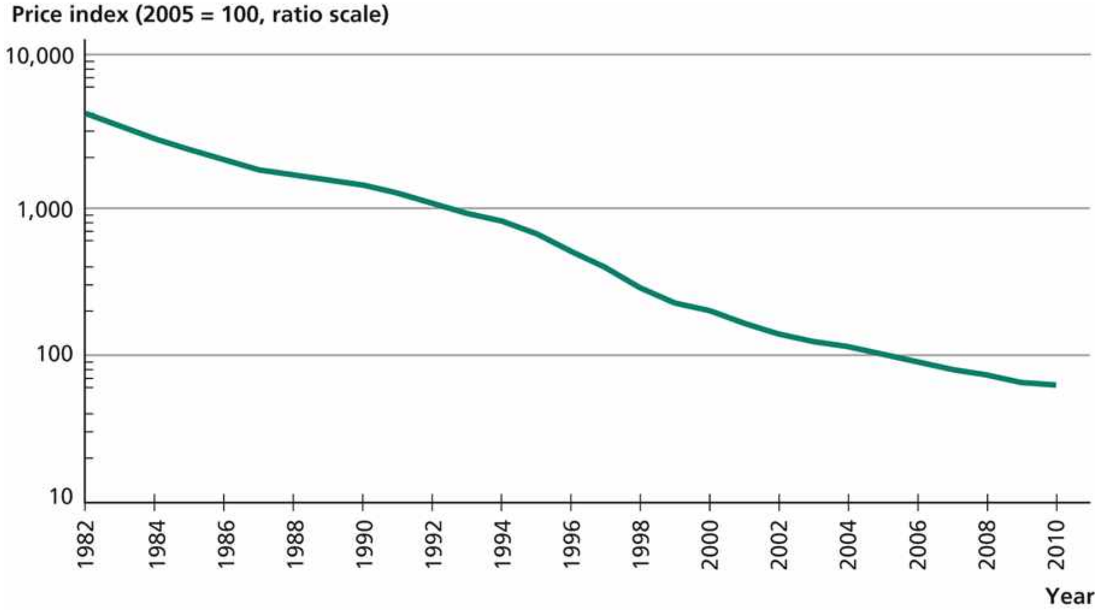
□ 모든 부문의 기술이 동일한 속도로 진보하는 것은 아니다. 지난 세기 동안 농업과 비교하여 제조업에서의 기술 진보 속도가 더 빨랐다고 볼 수 있다. 이러한 부문간 생산기술의 차등적 변화는 재화의 상대가격에 반영된다. 예를 들어, 1927년 미국에서 전기 1 megawatt-hour의 가격은 $55, 수제 남성 양복의 가격은 $43로 두 재화의 가격이 비슷하였다. 2010년에는 전자가 $98.8였고, 후자는 $795였다. 즉,기술진보의 결과로 전기의 가격은 하락하였고, 수제 남성 양복의 가격은 상승한 것이다.

□ 이는 "전파 산업"에서의 기술 진보로 인한 생산성 증가로 인해 과연 경제 전체의 생산성이 증가할 것인가라는 문제에 대해 시사점을 갖는다. 그 답은 전파 활용 재화와 다른 재화의 관계에 달려있다. 즉, 만약 전파산업과 다른 산업이 보완 관계를 갖

는다면, 전파 산업의 생산성 증가가 전체 경제의 생산성 증가에 미치는 효과는 제한적일 것이다. 반면, 전파산업과 다른 산업이 대체 관계에 있다면, 전파 산업의 생산성 제고는 경제 전체에 큰 영향을 미칠 것이다. 지금까지의 경험으로는 재화가 서비스에 비해 더 저렴해졌다

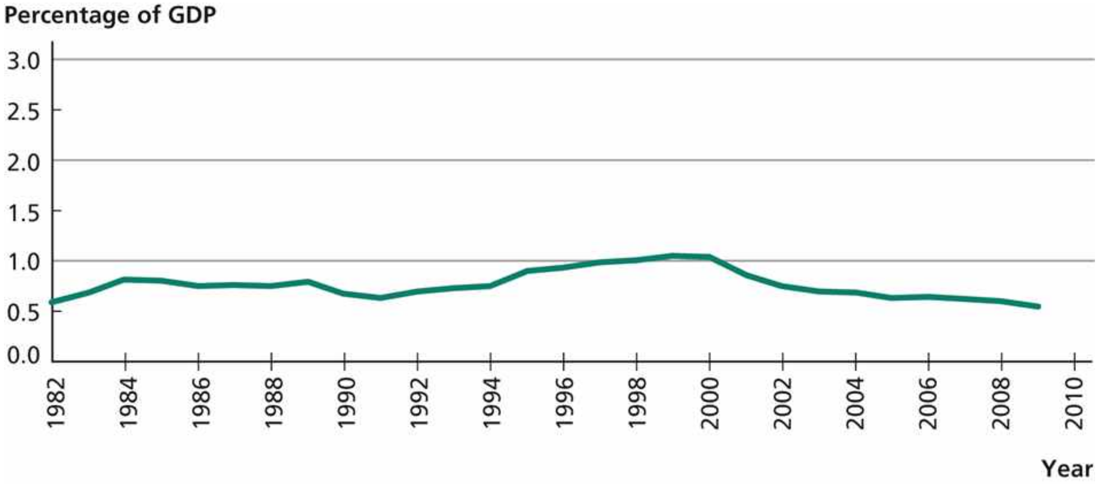
□ 정보 기술(Information Technology)의 사례도 참고할 만하다. 지난 40여 년 동안 컴퓨터 성능이 지속적으로 개선되었다. 이는 [그림 4-3]과 같이 컴퓨터 비용이 지속적으로 감소하였음을 의미한다. 그럼에도 불구하고, [그림 4-4]에서 볼 수 있듯이, 컴퓨터 재화에 대한 지출은 일정하게 유지되었다. 이는 컴퓨터 관련 기술의 발전 과정에서 각 시기별 대부분의 사람들이 원하는 컴퓨터의 가격은 크게 변하지 않았음을 의미한다. 물론 컴퓨터 관련 기술의 발전으로 새로운 컴퓨터 주변 기기가 개발되고, 그에 대한 소비가 늘어나는 측면도 존재한다.

[그림 4-3] 컴퓨터 가격, 1982 - 2010



출처: U.S. Department of Commerce, National Income and Product Accounts, Includes both computers and peripherals. Weil(2012) 재인용.

[그림 4-4] 컴퓨터에 대한 투자규모(GDP 대비 비중), 1982 - 2009



출처: U.S. Department of Commerce, National Income and Product Accounts, Includes both computers and peripherals. Weil(2012) 재인용.

5. 요약

□ 전파 기술의 중요성을 정량적으로 측정하기 위해서 전파 기술의 경제적 가치를 측정하는 작업은 의미가 있다.

□ 전파의 경제적 가치를 추정하기 위해서는 전파의 경제적 기능에 대한 정의가 필요하다.

□ 경제성장론의 틀을 이용하면, 전파의 가치는 세 가지로 구분 가능하다.
(1) 산출물의 가치 (2) 생산요소로서의 가치 (3) 기술로서의 가치

□ 전파 기술은 경제 전체의 생산함수에서 세 종류의 기능을 할 수 있고, 각각의 경우 전파 기술의 경제적 가치를 측정하기 위해서 다른 방법론을 적용해야 한다.

□ 이러한 방법론을 선정하는 데에 있어서 일반적인 기술과 경제성장의 관계에 대한 이해가 유용하다. 기술 개발을 하기 위해서는 현재의 산출을 포기해야 하는 상충관계가 존재한다. 또한 향후 기술 개발 인력을 확충하더라도 기술 개발의 속성으로 인해 기술 진보의 속도가 둔화될 가능성이 있다. 한편 기술 개발 인력이 확대됨에 따라 기술 진보 속도가 더 빨라질 가능성도 동시에 존재한다. 장기적으로 전파 분야의 기술 개발로 인한 생산성 증가가 전체 경제성장에 미치는 효과는 전파 분야와 다른 분야와의 관계가 보완적인지 대체적인지에 따라 달려 있다.

부록

<표 7-1> 연도별 국내총생산과 1인당 국내총생산

연도	GDP (실질, 조원)	1인당 GDP (실질, 만원)
1959	28.4	117.1
1960	29.1	116.3
1961	31.1	120.5
1962	32.3	121.8
1963	35.2	129.0
1964	38.5	137.6
1965	41.4	144.3
1966	46.3	157.3
1967	50.5	167.8
1968	57.2	185.5
1969	65.5	207.6
1970	72.1	224.3
1971	79.7	243.5
1972	85.5	254.3
1973	98.2	287.8
1974	107.5	310.1
1975	116.0	328.8
1976	131.3	366.5
1977	147.5	405.0
1978	163.6	442.4
1979	177.8	473.6
1980	174.9	458.8
1981	187.6	484.5
1982	203.2	516.8
1983	230.4	577.3
1984	254.7	630.4
1985	274.7	673.2
1986	305.8	742.0
1987	344.7	828.2
1988	386.0	918.3
1989	413.3	973.7
1990	454.1	1,059.3
1991	503.1	1,162.1
1992	534.3	1,221.2
1993	571.0	1,292.1
1994	624.0	1,397.7

1995	683.9	1,516.8
1996	737.9	1,620.9
1997	783.4	1,704.9
1998	743.3	1,605.7
1999	828.5	1,777.3
2000	903.6	1,922.1
2001	947.4	1,999.9
2002	1,020.6	2,142.1
2003	1,052.7	2,198.0
2004	1,107.4	2,303.1
2005	1,155.1	2,397.2
2006	1,215.9	2,510.2
2007	1,286.5	2,642.4
2008	1,325.2	2,701.5
2009	1,335.7	2,708.9
2010	1,426.6	2,878.9
2011	1,479.2	2,962.2
2012	1,514.7	3,017.5
2013	1,562.7	3,098.7
2014	1,612.7	3,178.0
2015	1,658.0	3,250.1
2016	1,706.9	3,332.6
2017	1,760.8	3,428.2
2018	1,812.0	3,511.2
2019	1,849.0	3,575.7

주: 2015년 기준 화폐 단위.

출처: 한국은행, 국민계정.

<표 7-2> 연도별 경제활동별 국내총생산(10억 원)

연도	농림어업	광업	제조업	전기, 가스 및 수도사업	건설업	서비스업
1959	8,131.7	1,026.8	1,204.8	63.1	1,683.4	16,849.6
1960	8,014.3	1,289.2	1,293.9	62.1	1,651.1	17,338.1
1961	9,208.8	1,367.7	1,363.9	66.4	1,810.0	17,510.7
1962	8,625.6	1,682.8	1,571.4	83.6	2,075.1	18,835.5
1963	9,450.9	1,786.2	1,823.4	94.1	2,429.6	19,898.7
1964	10,961.0	2,025.0	2,001.0	115.6	2,563.8	20,165.8
1965	11,090.8	2,182.5	2,450.1	141.3	3,189.5	21,552.9
1966	12,073.2	2,270.4	2,902.0	175.5	3,876.1	23,953.6
1967	11,462.2	2,511.7	3,584.4	225.3	4,609.7	27,044.5
1968	11,476.2	2,462.6	4,394.3	283.2	6,385.7	31,365.7
1969	12,514.5	2,436.9	5,161.8	377.6	8,826.4	35,849.4
1970	12,425.2	2,901.8	5,988.6	444.8	9,202.9	40,762.1
1971	13,111.5	2,943.4	7,038.5	547.4	9,008.4	45,614.9
1972	13,508.1	2,977.7	8,095.5	610.7	8,832.6	49,312.6
1973	14,398.7	3,465.9	10,552.5	721.5	10,876.7	54,834.9
1974	15,306.5	3,611.0	12,286.5	818.8	12,103.9	58,638.2
1975	16,118.3	3,973.6	13,848.9	923.1	12,809.9	63,134.8
1976	17,562.4	4,024.1	16,760.0	1,126.2	14,018.4	69,230.6
1977	18,096.0	4,572.5	19,490.6	1,214.7	17,988.7	76,473.1
1978	16,305.5	4,804.4	24,417.9	1,624.1	23,033.0	84,286.4
1979	18,168.5	4,586.0	26,972.0	1,738.6	24,075.0	90,974.9
1980	15,235.2	4,406.0	26,603.1	1,861.1	23,477.1	96,302.0
1981	17,632.2	4,381.0	29,066.7	2,151.8	21,805.2	102,126.2
1982	19,009.9	3,874.2	30,548.7	2,283.5	25,221.1	111,845.6
1983	20,780.8	4,144.8	35,713.4	2,964.0	30,566.8	122,853.2
1984	20,239.0	4,321.4	42,761.6	3,752.6	32,277.4	134,148.0
1985	21,441.8	4,554.4	45,724.7	4,509.1	33,972.6	145,947.9
1986	22,561.9	4,779.2	53,170.1	5,717.1	35,146.3	161,155.9
1987	21,582.2	4,747.6	63,956.7	6,434.0	38,609.9	180,527.8
1988	23,610.8	4,712.9	72,530.3	7,098.0	41,767.1	203,127.5
1989	23,578.1	4,521.0	75,732.0	7,953.0	46,895.5	222,008.7
1990	22,249.9	4,127.4	84,286.3	9,300.3	57,923.3	242,657.0
1991	22,959.8	4,194.5	96,142.2	10,337.6	64,871.5	268,159.3
1992	25,020.4	3,708.1	101,866.8	11,728.2	63,878.9	289,481.1
1993	23,964.6	3,678.2	109,195.2	13,271.0	69,524.7	313,256.5
1994	23,992.9	4,029.2	121,857.5	15,089.3	72,628.3	342,838.3
1995	25,629.7	3,957.1	137,668.1	16,201.2	76,383.9	374,082.9
1996	26,626.5	3,934.9	149,867.6	17,966.2	81,607.1	403,357.8
1997	27,774.4	3,879.5	159,257.5	19,673.9	82,721.0	432,243.8

1998	25,674.0	3,175.3	148,018.1	19,857.5	73,498.1	421,757.5
1999	26,989.7	3,383.7	178,584.2	22,004.8	68,330.3	460,854.1
2000	27,069.5	3,369.7	207,466.4	24,472.7	64,922.4	495,988.5
2001	27,180.0	3,407.2	213,364.8	25,710.3	67,899.4	526,377.4
2002	26,359.6	3,393.3	233,592.8	27,935.5	70,742.5	570,718.2
2003	24,738.4	3,470.3	245,339.7	28,923.8	76,828.7	584,946.5
2004	26,641.6	3,332.7	270,702.8	30,885.9	78,338.1	603,821.2
2005	26,794.3	3,256.1	285,096.0	33,077.0	78,384.3	630,413.9
2006	27,413.8	3,219.0	307,505.6	33,981.9	78,980.8	661,440.1
2007	28,782.7	3,030.9	332,668.5	35,332.9	80,857.7	699,782.6
2008	30,635.9	3,028.3	344,459.1	36,616.1	78,207.9	726,754.5
2009	32,055.5	2,951.7	336,416.2	38,327.0	79,282.9	741,371.5
2010	30,887.6	2,660.7	382,243.3	39,918.4	76,143.5	779,211.6
2011	30,571.2	2,345.5	402,281.8	39,822.6	72,504.5	809,610.3
2012	30,419.7	2,260.4	407,959.9	40,543.0	72,170.1	836,807.1
2013	31,696.7	2,355.9	420,493.0	39,510.3	75,294.0	866,807.8
2014	33,307.4	2,362.7	433,853.5	40,510.8	76,415.0	894,040.6
2015	33,225.2	2,144.8	441,133.5	41,760.4	81,174.2	921,469.8
2016	31,353.2	2,296.0	451,294.2	41,262.6	89,140.0	948,419.1
2017	32,059.8	2,204.5	468,070.3	43,813.8	94,368.5	973,106.4
2018	32,109.2	2,041.6	483,530.2	43,082.6	91,740.9	1,010,422.7
2019	32,859.2	1,867.6	489,612.8	44,921.8	89,484.1	1,039,903.9

주: 2015년 기준 화폐 단위.

출처: 한국은행, 국민계정.

<표 7-3> 연도별 전파 관련 산업의 국내총생산 비중(%)

연도	컴퓨터, 전자 및 광학기기 제조업	정보통신업
1959		0.154
1960		0.175
1961		0.183
1962		0.235
1963		0.259
1964		0.271
1965		0.308
1966		0.301
1967		0.348
1968		0.378
1969		0.368
1970	0.071	0.372
1971	0.089	0.376
1972	0.116	0.403
1973	0.173	0.403
1974	0.223	0.437
1975	0.211	0.467
1976	0.278	0.523
1977	0.299	0.559
1978	0.400	0.601
1979	0.446	0.690
1980	0.411	0.847
1981	0.441	0.821
1982	0.430	0.825
1983	0.494	0.863
1984	0.593	0.940
1985	0.561	0.956
1986	0.705	0.954
1987	0.904	1.002
1988	0.977	1.045
1989	0.923	1.160
1990	0.979	1.260
1991	0.937	1.346
1992	0.946	1.444
1993	1.016	1.532
1994	1.138	1.703
1995	1.360	1.824
1996	1.362	2.048
1997	1.330	2.229
1998	1.804	2.458
1999	2.167	2.777

2000	2.672	3.332
2001	2.739	3.788
2002	2.931	4.103
2003	3.242	4.226
2004	3.740	4.380
2005	3.999	4.603
2006	4.427	4.584
2007	4.861	4.461
2008	5.134	4.470
2009	5.391	4.595
2010	6.039	4.466
2011	6.459	4.542
2012	6.475	4.614
2013	6.617	4.728
2014	6.769	4.665
2015	6.698	4.589
2016	7.184	4.701
2017	7.294	4.698
2018	7.882	4.765
2019	8.199	4.856

주: 2015년 기준 화폐 단위. 연도별 경제활동별 국내총생산에서 산출함.

출처: 한국은행, 국민계정.

<표 7-4> 연도별 국내총투자율과 저축율(%)

연도	국내총투자율 (%)	(국내총고정투자율) (%)	(가계순저축률) (%)
1959	10.1	10.6	-0.9
1960	9.7	10.4	-3.2
1961	11.7	10.8	-1.3
1962	13.1	12.9	-2.1
1963	17.8	12.8	4.6
1964	14.7	11.0	5.1
1965	14.0	14.4	0.7
1966	20.6	19.3	5.8
1967	21.0	20.9	3.1
1968	25.9	24.9	4.7
1969	28.8	25.6	7.6
1970	25.6	25.2	3.1
1971	24.6	23.0	3.5
1972	21.3	21.3	5.7
1973	25.8	24.2	11.5
1974	32.4	27.0	9.6
1975	28.7	27.4	7.5
1976	27.6	26.4	12.8
1977	30.0	29.2	16.1
1978	34.1	33.2	18.5
1979	37.3	34.4	16.3
1980	34.1	33.0	8.6
1981	32.4	29.2	8.9
1982	32.0	29.8	9.6
1983	32.6	30.4	11.0
1984	32.6	29.9	13.8
1985	32.7	29.9	14.5
1986	33.0	29.7	19.1
1987	32.6	30.2	22.2
1988	34.7	30.6	23.9
1989	36.7	32.6	22.0
1990	39.5	37.2	21.2
1991	41.2	38.9	23.4
1992	38.7	37.0	22.3
1993	37.6	36.4	21.2
1994	38.5	36.4	19.7
1995	39.1	37.2	16.3
1996	39.6	37.6	15.1
1997	37.3	35.8	13.1
1998	27.9	30.9	20.4
1999	31.3	30.3	13.2

2000	33.1	32.0	6.5
2001	31.9	31.0	3.8
2002	31.3	30.6	0.1
2003	32.5	31.5	2.6
2004	32.7	31.2	6.0
2005	32.8	30.8	4.1
2006	33.2	30.7	2.7
2007	33.3	30.3	1.8
2008	33.7	31.0	2.3
2009	29.5	30.9	3.1
2010	32.6	30.3	2.8
2011	33.2	30.1	2.2
2012	31.1	29.3	2.8
2013	29.7	29.0	4.5
2014	29.7	28.9	5.9
2015	29.5	29.0	8.4
2016	30.1	29.7	7.5
2017	32.3	31.5	6.5
2018	31.5	30.4	6.1
2019	31.2	29.8	6.0

출처: 한국은행, 국민계정.

<표 7-5> 경제활동별 총자본형성(10억원)

연도	총고정자 본형성	농림어업	광업	제조업	전기, 가스 및 수도사업	건설업	서비스업
1970	722.9	88.5	1.6	96.7	38.2	5.1	492.8
1971	803.1	86.0	3.0	133.4	62.6	6.6	511.4
1972	915.6	98.6	3.3	116.7	81.6	9.4	606.0
1973	1,344.4	121.2	5.1	264.2	102.6	9.3	841.9
1974	2,151.2	299.9	9.6	389.3	125.6	15.8	1,311.0
1975	2,871.2	184.0	11.1	635.0	186.1	35.6	1,819.6
1976	3,818.8	225.2	20.7	932.0	207.5	70.0	2,363.4
1977	5,451.3	354.5	30.6	1,441.2	426.0	117.8	3,081.3
1978	8,435.4	489.1	44.6	2,249.3	645.2	154.0	4,853.2
1979	11,170.4	683.5	57.2	2,893.0	1,076.3	206.5	6,253.9
1980	13,059.2	654.0	64.2	2,702.5	1,304.1	254.8	8,079.6
1981	14,427.4	639.9	85.3	2,842.2	1,559.8	292.6	9,007.6
1982	17,015.1	762.5	107.0	3,661.7	1,783.6	390.0	10,310.4
1983	20,611.9	933.1	114.9	3,785.0	2,194.3	372.6	13,212.0
1984	23,347.9	1,074.5	141.4	5,359.5	2,058.7	500.6	14,213.2
1985	25,999.7	1,028.8	162.2	6,756.8	2,098.8	517.2	15,435.9
1986	30,281.8	1,279.8	152.0	9,340.0	1,889.8	458.1	17,162.2
1987	36,784.2	1,602.2	153.1	12,868.1	2,026.4	644.4	19,490.1
1988	44,724.7	1,702.4	162.3	15,011.3	1,784.3	754.8	25,309.5
1989	54,178.5	3,211.1	228.9	18,088.9	2,644.4	964.3	29,040.8
1990	74,874.0	3,227.6	210.0	22,582.7	2,877.3	1,569.9	44,406.6
1991	94,479.3	3,637.1	224.8	25,919.7	4,723.1	2,379.3	57,595.4
1992	102,710.9	4,074.5	240.9	25,750.9	6,517.1	2,709.1	63,418.4
1993	114,783.9	3,898.4	236.1	25,394.8	6,360.8	2,569.3	76,324.4
1994	135,604.0	4,481.7	238.5	32,868.2	6,973.8	2,514.5	88,527.3

1995	162,200.9	4,535.7	191.8	44,270.7	9,435.1	2,878.3	100,889.3
1996	184,057.7	6,083.4	203.1	49,068.4	11,152.9	3,446.6	114,103.3
1997	193,212.2	4,383.8	192.7	52,076.3	9,850.4	4,058.8	122,650.2
1998	165,286.4	3,533.0	170.6	34,181.5	9,057.4	2,456.7	115,887.3
1999	177,394.0	4,464.5	153.6	40,210.5	12,248.0	2,583.2	117,734.2
2000	206,895.1	5,785.9	168.0	54,318.3	12,713.3	3,086.1	130,823.6
2001	217,426.4	5,565.8	173.0	53,418.6	13,325.3	3,010.1	141,933.7
2002	238,400.6	5,285.1	186.5	60,090.7	13,508.3	3,502.8	155,827.2
2003	261,796.5	4,952.1	201.6	67,694.4	13,557.8	3,696.4	171,694.2
2004	281,905.8	4,205.6	224.9	79,644.6	12,843.5	3,848.5	181,138.7
2005	291,799.9	4,380.6	221.5	86,496.3	13,962.3	3,853.4	182,885.7
2006	306,642.4	4,682.9	240.4	89,650.7	14,466.1	3,551.3	194,050.9
2007	328,571.5	4,595.9	268.2	97,646.9	16,321.3	4,275.4	205,463.9
2008	357,759.5	4,556.1	281.9	107,941.3	16,590.9	4,341.8	224,047.4
2009	372,055.8	5,021.1	372.7	105,866.2	19,188.8	4,540.5	237,066.5
2010	399,785.9	4,743.0	377.6	135,549.9	17,722.9	4,610.5	236,782.0
2011	418,824.8	5,095.4	345.8	146,758.3	18,893.2	5,275.9	242,456.2
2012	425,613.8	5,143.7	329.6	152,979.4	19,328.3	5,176.2	242,656.6
2013	436,628.0	5,130.2	311.9	151,327.8	20,949.9	4,920.3	253,987.9
2014	452,590.1	5,382.1	268.5	157,621.4	22,115.7	5,100.6	262,101.9
2015	481,001.7	5,070.6	381.5	162,005.5	23,385.7	5,246.3	284,912.2
2016	517,349.9	5,206.6	262.5	169,536.2	23,267.2	5,764.0	313,313.3
2017	578,456.9	5,160.1	280.0	203,244.3	23,122.8	6,223.6	340,425.9
2018	576,587.2	5,436.2	287.9	198,644.8	21,471.6	5,984.6	344,762.0

출처: 한국은행, 국민계정.

<표 7-6> 국가별 국내총생산

Country	2000	2010	2019
Australia	723,314	981,401	1,231,360
Austria	351,211	409,031	468,386
Belgium	412,129	488,414	555,336
Canada	1,192,412	1,434,028	1,723,489
Chile	222,721	336,779	440,764
Colombia	337,654	501,497	690,930
Czech Republic	240,131	328,801	407,185
Denmark	242,214	261,524	311,054
Estonia	23,435	32,831	46,125
Finland	194,756	232,049	253,939
France	2,281,452	2,583,640	2,905,602
Germany	3,285,211	3,577,748	4,155,043
Greece	299,186	356,111	306,256
Hungary	193,010	237,928	309,648
Iceland	10,828	14,064	19,062
Ireland	177,104	234,450	415,659
Israel	183,801	249,805	342,235
Italy	2,248,225	2,319,252	2,338,165
Japan	4,587,369	4,888,534	5,326,436
Korea	1,053,866	1,663,951	2,156,552
Latvia	28,563	41,360	55,405
Lithuania	45,453	69,561	97,139
Luxembourg	39,305	51,291	66,361
Mexico	1,667,259	1,927,008	2,388,117
Netherlands	717,129	820,940	932,681
New Zealand	113,254	148,698	195,572
Norway	245,957	287,579	331,998
Poland	598,144	878,909	1,210,569
Portugal	298,073	320,540	341,221
Slovak Republic	88,074	143,018	181,374
Slovenia	48,918	63,949	76,038
Spain	1,317,067	1,623,610	1,796,506
Sweden	347,604	432,241	520,184
Switzerland	406,877	487,588	568,701
Turkey	968,565	1,437,473	2,334,659
United Kingdom	2,125,917	2,504,757	2,956,279
United States	13,738,215	16,320,100	19,974,534
OECD - Total	41,046,105	48,692,530	58,429,712

주: Constant prices, constant PPPs, OECD base year, US Dollar, Millions, 2015

출처: OECD Stat.

<표 7-7> 국가별 1인당 국내총생산

Country	2000	2010	2019
Australia	38,012	44,545	48,534
Austria	43,838	48,921	52,760
Belgium	40,203	44,827	48,351
Canada	38,859	42,171	45,851
Chile	14,464	19,702	23,151
Colombia	8,620	11,341	14,126
Czech Republic	23,376	31,263	38,164
Denmark	45,376	47,147	53,473
Estonia	16,724	24,624	34,816
Finland	37,625	43,265	45,990
France	37,460	39,742	43,074
Germany	40,331	44,564	50,005
Greece	27,688	32,020	28,591
Hungary	18,902	23,793	31,690
Iceland	38,507	44,226	52,863
Ireland	46,554	51,417	84,361
Israel	29,157	32,779	37,815
Italy	39,483	38,764	38,750
Japan	36,169	38,179	42,226
Korea	22,419	33,579	41,605
Latvia	12,064	19,721	28,960
Lithuania	12,989	22,459	34,765
Luxembourg	89,948	101,058	106,775
Mexico	16,525	16,887	18,988
Netherlands	45,029	49,410	53,772
New Zealand	29,299	34,083	39,614
Norway	54,767	58,822	62,079
Poland	15,635	22,819	31,533
Portugal	28,967	30,317	33,172
Slovak Republic	16,308	26,339	33,260
Slovenia	24,590	31,213	36,399
Spain	32,477	34,869	38,139
Sweden	39,179	46,091	50,607
Switzerland	56,101	62,210	66,319
Turkey	15,070	19,653	28,272
United Kingdom	36,102	39,910	44,234
United States	48,648	52,683	60,710
OECD - Total	34,236	37,822	43,038

주: Constant prices, constant PPPs, OECD base year, US Dollar, 2015

출처: OECD Stat.

<표 7-8> Gross domestic expenditure on R&D by sector of performance and field of R&D (FORD)

Country	2000	2010	2017
Australia	10,669	21,382	..
Austria	6,624	11,151	13,749
Belgium	7,980	10,071	14,338
Canada	22,161	26,175	27,736
Chile	..	1,110	1,491
Czech Republic	2,663	4,371	6,803
Denmark	5,295	7,629	8,959
Estonia	140	514	..
Finland	6,316	8,602	6,740
France	47,761	..	..
Germany	79,063	97,562	125,175
Greece	..	2,131	3,336
Hungary	1,529	2,698	3,728
Iceland	279	..	379
Ireland	1,922	3,731	..
Israel	7,196	9,832	15,404
Italy	22,564	28,248	31,639
Japan	133,295	153,357	169,203
Korea	22,397	55,173	88,148
Latvia	124	251	267
Lithuania	266	546	802
Luxembourg	620	771	..
Mexico	5,104	9,536	7,690
Netherlands	12,835	13,989	17,771
New Zealand	..	..	..
Norway	..	4,886	6,685
Poland	3,840	6,334	11,413
Portugal	2,151	4,921	4,281
Slovak Republic	562	873	1,513
Slovenia	665	1,312	1,317
Spain	11,627	22,081	20,806
Sweden	..	13,702	16,941
Switzerland	9,454	..	18,469
Turkey	4,508	11,408	21,418
United Kingdom	34,379	41,219	..
United States	361,469	..	..

주: Constant prices, constant PPPs, OECD base year, US Dollar, Millions, 2015

출처: OECD Stat.

<표 7-9> Gross domestic expenditure on R&D by sector of performance and field of R&D (FORD) - Natural sciences and engineering

Country	2000	2010	2017
Australia	9,728	..	..
Austria	..	..	..
Belgium	..	..	..
Canada	20,751	23,923	24,823
Chile	..	914	1,310
Czech Republic	2,546	4,045	6,380
Denmark	..	..	8,207
Estonia	..	..	..
Finland	..	..	..
Germany	..	..	..
Greece	..	..	2,763
Hungary	1,200	2,376	3,459
Iceland	259	..	..
Ireland	..	3,498	..
Israel	..	..	..
Italy	..	..	..
Japan	125,906	..	..
Korea	22,397	52,959	85,022
Latvia	97	221	237
Lithuania	..	..	..
Mexico	4,084	8,438	6,206
Netherlands	..	..	15,583
New Zealand	..	..	..
Norway	..	..	5,712
Poland	3,576	5,679	10,307
Portugal	..	4,008	3,547
Slovak Republic	524	775	1,332
Slovenia	586	1,190	1,233
Spain	10,718	..	..
Sweden	..	..	..
Switzerland	..	..	..
Turkey	..	9,570	18,699
United Kingdom	..	..	..

주: Constant prices, constant PPPs, OECD base year, US Dollar, Millions, 2015

출처: OECD Stat.

<표 7-10> R&D personel - Total

Year	1970	1980	1990	2000	2010	2017
Country						
Australia	..	..	69,048	95,621	..	..
Austria	10,734	..	..	..	59,923	76,010
Belgium	..	32,204	..	53,391	60,075	..
Canada	..	85,560	116,060	167,940	233,060	..
Chile	..	..	..	..	..	..
Czech Republic	..	..	..	24,198	52,290	69,736
Denmark	11,669	15,775	25,047	37,693	56,623	63,243
Estonia	..	..	..	3,710	5,277	6,048
Finland	..	..	..	52,604	55,897	48,999
France	202,842	..	292,964	327,466	..	..
Germany	268,000	..	431,100	484,734	548,723	686,349
Greece	..	..	..	..	..	47,585
Hungary	..	..	36,384	23,534	31,480	40,432
Iceland	..	..	1,188	..	..	3,172
Ireland	..	..	6,846	12,762	19,722	..
Israel	..	..	..	..	..	..
Italy	75,376	95,803	144,917	150,066	225,632	317,628
Japan	499,447	629,172	899,286	896,847	877,928	890,749
Korea	..	..	..	..	..	..
Latvia	..	..	..	5,449	5,563	5,378
Lithuania	..	..	..	11,791	12,315	11,577
Luxembourg	..	..	..	..	4,972	5,545
Mexico	..	..	..	..	..	..
Netherlands	54,726	53,560	73,940	91,313	..	135,626
New Zealand	..	..	8,808	..	..	..
Norway	8,900	15,005	..	..	36,121	46,234
Poland	..	..	..	78,925	81,843	144,103
Portugal	..	7,711	12,043	21,888	47,616	54,995
Slovak Republic	..	..	..	15,221	18,188	16,810
Slovenia	..	..	..	8,568	12,940	14,713
Spain	16,309	35,496	69,684	120,618	222,022	215,744
Sweden	..	..	..	..	77,418	88,928
Switzerland	21,971	..	..	52,285	..	81,751
Turkey	..	..	13,951	27,003	81,792	153,552
'United Kingdom	..	..	280,000	..	..	..

주: Full time equivalent

출처: OECD Stat.

<표 7-11> R&D personel by sector and major field of R&D (FORD) - Researchers

Country	1981	1990	2000	2010	2017
Australia	24,208	43,176	66,001	..	..
Austria	6,712	..	..	36,581	47,521
Belgium	12,747	..	30,540	40,832	..
Canada	..	65,730	107,900	158,660	..
Chile	..	..	..	5,440	9,111
Czech Republic	..	..	13,852	29,228	39,181
Denmark	6,785	11,505	..	37,435	45,428
Estonia	..	..	2,666	4,077	4,674
Finland	..	..	..	41,425	..
France	85,500	123,938	172,070	243,533	..
Germany	128,200	..	257,874	327,996	419,617
Greece	..	..	..	..	35,000
Hungary	22,267	17,550	14,406	21,342	28,426
Iceland	345	676	..	..	2,050
Ireland	2,114	4,618	8,516	14,176	..
Italy	52,060	77,876	66,110	103,424	140,378
Japan	..	..	647,572	656,032	676,292
Latvia	..	..	3,814	3,896	3,482
Lithuania	..	..	7,777	8,599	8,741
Luxembourg	..	..	1,646	2,613	2,936
Mexico	..	..	..	..	..
Netherlands	19,436	..	42,194	53,703	83,187
Norway	7,498	..	..	26,451	33,632
Poland	..	..	55,174	64,511	114,585
Portugal	..	7,736	16,738	41,523	44,938
Slovak Republic	..	..	9,955	15,183	13,163
Slovenia	..	..	4,336	7,703	9,301
Spain	19,268	37,676	76,670	134,653	133,213
Sweden	17,896	..	..	49,312	73,132
Switzerland	..	..	26,105	..	46,088
Turkey	..	11,225	23,083	64,341	111,893
United Kingdom	127,000	133,000	170,554	..	..

주: Full time equivalent

출처: OECD Stat.

<표 7-12> 국가별 특허건수(IP5 Patent families)

Country	1985	1990	2000	2010	2017
Australia	617.3	526.2	1,664.8	1,243.9	659.0
Austria	642.0	651.5	1,175.3	1,758.4	1,297.0
Belgium	397.7	481.9	1,029.4	1,220.2	860.6
Canada	886.9	1,290.6	3,208.9	3,918.8	2,584.1
Chile	4.0	6.3	14.1	73.5	19.0
Colombia	2.0	3.5	10.6	27.7	12.7
Czech Republic	51.8	25.1	69.8	206.6	249.1
Denmark	264.9	335.0	880.0	1,065.9	615.6
Estonia	0.0	0.0	7.4	38.3	15.0
Finland	310.6	513.9	1,484.8	1,328.8	687.4
France	3,978.5	5,007.4	7,309.9	8,549.1	5,390.4
Germany	11,442.6	12,545.5	23,202.1	24,603.7	16,655.2
Greece	9.8	21.7	57.2	64.0	64.9
Hungary	186.3	82.9	123.9	200.4	66.3
Iceland	5.5	7.7	33.2	18.9	7.3
Ireland	45.6	63.8	245.6	276.8	229.7
Israel	205.3	292.7	1,277.5	1,365.2	1,102.7
Italy	1,770.5	2,366.0	3,858.0	4,277.3	2,715.6
Japan	16,955.0	25,004.2	48,660.6	62,568.8	49,964.6
Korea	101.6	968.6	6,155.6	18,058.5	16,770.2
Latvia	0.0	0.0	9.8	10.1	4.3
Lithuania	0.0	0.0	4.3	16.3	7.8
Luxembourg	43.2	43.0	86.9	67.8	32.4
Mexico	11.1	24.5	83.2	162.0	198.7
Netherlands	1,134.2	1,405.9	2,830.2	2,498.2	1,539.7
New Zealand	68.0	41.4	247.2	228.0	75.9
Norway	158.5	157.0	463.4	583.4	277.8
Poland	23.3	20.6	47.9	321.2	360.8
Portugal	8.7	7.9	43.7	81.9	68.5
Slovak Republic	0.0	2.3	14.0	49.8	41.5
Slovenia	0.0	6.0	48.8	89.4	89.6
Spain	177.1	261.6	736.7	1,327.9	748.6
Sweden	1,135.8	987.1	2,397.1	2,400.6	1,261.4
Switzerland	1,601.7	1,634.5	2,323.2	2,608.0	1,572.3
Turkey	1.0	2.8	39.0	335.1	532.1
United Kingdom	3,655.5	3,784.0	6,329.6	5,637.9	3,567.3
United States	15,891.1	22,016.4	43,279.1	38,128.5	31,013.4
OECD - Total	61,787.2	80,589.4	159,452.9	185,410.9	141,358.4
World	62,771.0	81,539.0	166,138.0	211,031.0	175,886.0

주: 단위는 건수, Inventor(s)'s country(ies) of residence

출처: OECD Stat.

<표 7-13> 국가별 정보통신분야 특허건수(IP5 Patent families)

Country	1985	1990	2000	2010	2017
Australia	41.8	31.3	409.7	247.3	134.4
Austria	22.0	42.0	150.0	247.0	275.9
Belgium	22.3	37.5	152.9	228.4	237.0
Canada	126.4	143.5	959.8	1,538.9	691.9
Chile	0.0	0.0	2.0	2.0	..
Colombia	0.0	0.0	0.3	1.9	0.3
Czech Republic	0.0	1.0	6.7	29.6	45.4
Denmark	18.7	19.7	138.7	181.8	112.0
Estonia	0.0	0.0	1.0	10.6	3.5
Finland	9.0	72.0	736.2	545.2	243.8
France	476.5	740.4	1,666.7	2,013.0	1,222.1
Germany	999.8	1,076.9	3,647.5	3,627.7	2,672.2
Greece	0.5	2.3	8.5	17.9	13.8
Hungary	5.0	1.0	30.2	55.1	10.9
Iceland	0.0	0.3	6.5	3.0	0.8
Ireland	10.0	12.3	114.9	98.2	127.6
Israel	16.0	57.3	563.9	547.6	499.8
Italy	161.5	185.3	458.0	455.2	318.3
Japan	4,643.4	8,355.9	20,114.7	25,185.0	16,918.8
Korea	26.7	461.2	3,318.8	10,983.6	8,552.5
Latvia	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0
Lithuania	0.0	0.0	0.1	1.3	1.7
Luxembourg	1.0	0.8	4.0	9.8	8.4
Mexico	1.3	0.0	15.9	16.9	20.7
Netherlands	218.9	249.8	1,032.1	659.2	355.2
New Zealand	0.0	1.0	56.1	30.5	17.1
Norway	10.0	7.0	66.2	77.9	71.7
Poland	1.0	1.5	0.5	72.3	52.7
Portugal	0.5	0.5	3.4	14.1	9.3
Slovak Republic	0.0	0.0	0.3	7.1	..
Slovenia	0.0	1.0	4.9	4.5	8.5
Spain	8.0	14.5	84.0	204.2	103.9
Sweden	53.7	109.2	745.7	919.8	536.8
Switzerland	100.8	90.1	343.2	354.6	226.7
Turkey	0.0	0.0	3.2	35.7	216.6
United Kingdom	480.0	598.4	1,888.1	1,536.2	1,095.9
United States	2,728.9	4,278.1	14,029.9	13,160.4	10,515.2
OECD - Total	10,183.6	16,592.0	50,764.6	63,125.2	45,326.6
World	10,231.0	16,678.0	52,668.0	75,500.0	63,632.0

주: 단위는 건수, Inventor(s)'s country(ies) of residence

출처: OECD Stat.

<표 7-14> Gross domestic expenditure on R&D(% of GDP)

Country	2000	2010	2014
Australia	1.48	2.19	..
Austria	1.89	2.74	3.07
Belgium	1.92	2.05	2.47
Canada	1.86	1.84	1.61
Chile	..	0.33	0.38
Colombia	0.11	0.22	..
Czech Republic	1.12	1.34	2.00
Denmark	..	2.94	3.05
Estonia	0.60	1.58	1.44
Finland	3.25	3.73	3.17
France	2.08	2.18	2.26
Germany	2.39	2.71	2.90
Greece	..	0.60	0.84
Hungary	0.79	1.15	1.37
Iceland	2.60	..	1.89
Ireland	1.09	1.61	1.49
Israel	3.93	3.93	4.11
Italy	1.01	1.22	1.29
Japan	3.00	3.25	3.59
Korea	2.18	3.47	4.29
Latvia	0.45	0.61	0.69
Lithuania	..	0.78	1.01
Luxembourg	1.57	1.53	1.26
Mexico	0.33	0.45	0.54
Netherlands	1.81	1.72	2.00
New Zealand	..	..	..
Norway	..	1.65	1.71
Poland	0.64	0.72	0.94
Portugal	0.72	1.53	1.29
Slovak Republic	0.64	0.62	0.89
Slovenia	1.36	2.06	2.39
Spain	0.88	1.35	1.23
Sweden	..	3.22	3.16
Switzerland	2.33	..	..
Turkey	0.48	0.84	1.01
United Kingdom	1.72	1.69	1.70
United States	2.62	2.74	..
OECD - Total	2.14	2.30	2.38

출처: Science Technology and Innovation Outlook 2016, OECD.

<표 7-15> Gross domestic expenditure on R&D(million USD)

Country	2000	2010	2014
Australia	10,219.7	20,572.2	..
Austria	5,701.3	9,592.5	11,206.7
Belgium	7,014.6	8,772.0	10,894.8
Canada	21,144.6	25,048.2	24,158.8
Chile	..	1,027.8	1,388.8
Colombia	349.7	1,031.3	..
Czech Republic	2,315.5	3,799.0	5,805.0
Denmark	..	6,816.5	7,231.2
Estonia	122.0	444.6	477.6
Finland	5,636.8	7,658.4	6,497.3
France	43,119.4	50,765.0	54,296.8
Germany	70,876.0	87,966.1	99,585.5
Greece	..	1,928.6	2,218.0
Hungary	1,399.2	2,474.3	3,125.3
Iceland	244.5	..	253.5
Ireland	1,592.2	3,168.6	3,227.0
Israel	6,298.9	8,658.7	10,357.5
Italy	20,058.8	25,168.9	25,376.7
Japan	120,214.6	140,607.4	159,218.3
Korea	21,290.7	52,172.8	72,833.9
Lithuania	241.9	499.1	759.4
Luxembourg	514.7	655.0	594.9
Mexico	4,786.9	7,865.7	10,434.4
Netherlands	11,799.0	12,831.0	15,056.9
New Zealand	..	..	..
Norway	..	4,747.1	5,385.4
Poland	3,476.6	5,726.5	8,334.0
Portugal	1,908.7	4,365.9	3,446.2
Slovak Republic	525.3	816.7	1,271.8
Slovenia	590.1	1,163.7	1,347.4
Spain	10,714.2	20,350.3	17,840.1
Sweden	..	12,594.1	13,119.1
Switzerland	7,777.1	..	..
Turkey	3,831.2	9,859.3	14,023.5
United Kingdom	33,144.5	38,165.6	41,503.3
United States	333,146.1	410,093.0	..
OECD - Total	772,444.7	999,219.7	1,104,658.1

주: million constant USD PPPs

출처: Science Technology and Innovation Outlook 2016, OECD.

제 4 절 전파분야 전문가 연구반 구성/운영

4-1. 전파분야 범위/개념 정의 연구반

연구반 구성

성 명	소 속	비고
이재성	고려대	연구반장
강진섭	KRISS	
강광용	블루웨이브텔	
송명선	ETRI	
이문규	서울시립대	

제 1 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020 년 7월 24일
☐ 장소: 더케이호텔 비올라 룸
☐ 참석자: 이재성, 강진섭, 강광용, 송명선, 이문규
☐ 논의내용:

- ❍ 기존에 제시된 분류방식에서 벗어나서 bottom-up 방식으로 진행하는 방식도 의미가 있음.
- ❍ 전파분야 리스트를 먼저 작성하고, 이로부터 분류화 작업하는 순서로 진행하며, 전파분야 리스트에 있어서, 적합인증대상 기기 명단도 좋은 시작점이 될 것으로 보임
- ❍ 가능하면 미래지향 응용 내용을 포함하고 기존의 ‘전파산업’ 의 분류에 비해 ‘전파분야’의 각도에서 접근하는 시각 전환 필요
- ❍ 전파진흥기본계획, 산업생활주파수 공급계획 등 참조하며, 연구반원들이 전파분야에 포함될 수 있는 내용을 우선적으로 제시

제 2 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020 년 8월 18일
☐ 장소: 온라인
☐ 참석자: 이재성, 이문규

□ 논의내용:

❍ 전파분야의 범위 및 분류에 관한 연구는 이미 많이 진행이 되었고, 이에 따라 어느 정도는 합의가 이루어진 상황이며, 이에 따른 보고서/자료서도 다수 나와 있는 것으로 확인됨.

❍ 본 연구반원의 목적은 전파분야 가치 산출의 근거가 되는 전파이용 분야를 제시하는 것이 목적이므로 완전히 새로운 범위/분류를 제시하기 보다는 기존의 범위/분류를 참고하되, 이를 보완 발전시키는 방향으로 접근하는 편이 좋을 것이라는 의견 제시.

❍ IITP 의 미래전파 신기술 목록을 적극 참조하고, 추가되는 전파이용 분야에 있어서는 잘 알려지지 않은 응용을 가능하면 많이 추가함과 동시에 4차산업혁명과 관련되어서도 발굴 노력 필요.

❍ 참고 자료를 적극 활용하여 대략적인 구성 정리하고 연구반원들로부터 추가 의견 수렴하여 중간 보고회 때 진행 상황을 정리하고 보고 예정.

제 3 차 연구반 회의

□ 일시: 2020 년 12월 7일

□ 장소: 온라인

□ 참석자: 이재성, 강진섭, 강광용, 송명선

□ 논의내용:

❍ 1 차년도 중간 보고서는 기존의 전파 분야 범위 및 분류에 대해 리뷰하는 형식으로 작성이 되었으며, 이들 내용을 정리하고 한계를 보이며 보완되어야 하는 내용 중심으로 작성되어 있음.

❍ 기존의 전파 분야 분류는 주로 방송/통신 서비스 및 기기 중심을 작성이 되었으며, 최종보고서는 전파 센싱, 전파 에너지에 관련된 새로운 내용을 중심으로 기술

❍ 기존의 자료들은 보다 전문성이 있을 수는 있으나 많은 경우 보수적으로 작성이 되어 새롭게 부상하는 내용을 추가하는데 인색하며, 전자파학회의 경우 이해관계를 벗어나 다양한 구성원이 참여하므로 새로운 내용의 추가에 있어 보다 자유로울 수 있음. 최종 보고서는 이러한 면을 강조하여 기술되면 좋을 것으로 사료.

❍ 1차년도에는 광의적 전파 범위의 정의를 최종 도출하기 보다는 정의안을 제시하는 정도로 진행하면 좋을듯.

❍ 과제 책임자가 과제에 투자해야 하는 시간 및 노력에 비해 혜택이 크지 않아 이를 보완할 방안이 필요해 보임.

제 4 차 연구반 회의

□ 일시: 2020 년 12월 9일

□ 장소: 온라인
□ 참석자: 이재성, 이문규
□ 논의내용:
  ○ 기존 타 기관에서 작성한 전파 분야 분류가 있으나, 이들의 내용과 형식도 유사하게 가져가는 경우 학회에서 수행하는 과제의 장점을 살리기 어려움.
  ○ 이에 기반하여 볼 때, 1차년도 보고서에는 기존 중간 보고서의 내용을 포함하되, 추가적인 내용으로서는 전파 분야 및 기술의 리스트를 작성하고 (예를 들어 전파기술 100 선), 이들에 대한 간략한 내용을 기술하는 편이 좋을 듯.
  ○ 전체적인 분류로서는 전파센싱, 전파에너지, 통신, 기타 등 4개의 분류가 적절할 것으로 보임 (방송의 경우 하나의 분류로 별도 다루기에는 너무 작음)
  ○ 2차년도 연구 내용의 경우 기 리스트된 분야에 대하여 설문 조사 등의 형식을 빌려 hype cycle 작성된 데이터 취합 및 작성은 외주 적극검토

4-2. 전파이용산업 동향분석 연구반

연구반구성

성 명	소 속	비고
황금철	성균관대	연구반장
홍순기	숭실대	
김기원	KCA	

제 1 차 연구반 회의

□ 일시: 2020년 7월 28일
□ 장소: 성균관대 산학협력센터 85670호
□ 참석자: 황금철, 홍순기, 김기원
□ 논의내용:
  ○ 연구반 구성 협의 및 업무 분장
  ○ 연구반 구성의 취지 및 향후 업무 협의
  ○ 전파 핵심 산업 현황 소개 및 국내 관련 분야 동향 소개
  ○ 2차 회의 일정 협의 및 11월 워크숍 연사 섭외 협의

제 2 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020년 9월 3일
☐ 장소: 성균관대 산학협력센터 85670호
☐ 참석자: 황금철, 홍순기, 김기원
☐ 논의내용:
 ❍ 전파산업통계 조사방안 검토 결과 발표
 ❍ KIAT 통계자료 분석 및 토의
 ❍ 일본 전파관련 산업의 시장규모 예측 자료 분석
 ❍ 국내 주파수 사용 신청 자료 공유

제 3 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020년 12월 3일
☐ 장소: 성균관대 산학협력센터 85670호
☐ 참석자: 황금철, 홍순기, 이동환, 송찬미, 임홍준, 권오헌, 박원빈, 윤주호, 정태용, 이종선
☐ 논의내용:
 ❍ 최종보고서 작성을 위한 업무 분장
 ❍ 최종보고서 작성을 위한 자료 수집 및 조사
 ❍ 최종보고서 목차 및 contents 선정
 ❍ 2020 미래 전파산업의 경제적 효과에 관한 정책 워크숍 발표자료 분석

제 4 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020년 12월 8일
☐ 장소: 성균관대 산학협력센터 85670호
☐ 참석자: 황금철, 홍순기, 이동환, 송찬미, 임홍준, 권오헌, 박원빈, 윤주호, 정태용, 이종선
☐ 논의내용:
 ❍ 최종보고서 작성초안 검토
 ❍ 최종보고서 챕터 구성가 발표자료와 상이함 -> 수정 요망
 ❍ 최종보고서 목차 및 contents 별지 추가 요망
 ❍ 보고서내 각종 오타 및 분량 조정
 ❍ 차기 회의 (2020년 12월 10일)에서 최종 보고서 완성 예정

제 5 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020년 12월 10일
☐ 장소: 성균관대 산학협력센터 85670호
☐ 참석자: 황금철, 홍순기, 이동환, 송찬미, 임홍준, 권오헌, 박원빈, 윤주호, 정태용, 이종선
☐ 논의내용:
○ 최종보고서 최종 검토 회의 개최
○ 연구반 위원 및 도우미 학생들간 전파산업 분야 전망 토의
○ 최종보고서를 기반으로 한 차년도 연구 테마 발굴
○ 일본의 전파 응용 산업 전망에 대한 기술적 접근법 확보가 절실
○ 미국내 전파 응용 산업에 대한 조사도 필요할 것임 (홍순기 교수가 추후 추진 예정)

4-3. 경제적 가치 산출모델 연구반

연구반구성

성 명	소 속	비고
박용배	아주대	연구반장
김성환	아주대	
김정호	아주대	

제 1 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020년 7월 20일
☐ 장소: 아주대학교 원천관307호
☐ 참석자: 박용배, 김성환, 김정호
☐ 논의내용: R&D 분야 예산타당성 분석 방법 고찰

제 2 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020년 8월 13일
☐ 장소: 아주대학교 원천관307호
☐ 참석자: 박용배, 김성환, 김정호
☐ 논의내용: 6G R&D 예산타당성 분석 결과

제 3 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020년 9월 15일
☐ 장소: 아주대학교 원천관307호
☐ 참석자: 박용배, 김성환, 김정호
☐ 논의내용: 전파의 경제적 가치 산출 방법론 고찰

제 4 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020년 10월 16일
☐ 장소: 아주대학교 원천관307호
☐ 참석자: 박용배, 김성환, 김정호
☐ 논의내용:
  ❍ 전파기술과 경제 성장의 관계 분석 방법 고찰
  ❍ 워크숍 발표 내용 준비

제 5 차 연구반 회의

☐ 일시: 2020년 12월 3일
☐ 장소: 아주대학교 원천관307호
☐ 참석자: 박용배, 김성환, 김정호
☐ 논의내용:
  ❍ 전파기술과 경제 성장의 관계 분석 방법 고찰
  ❍ 전파분야 경제적 가치 산출 모델 조사/분석
  ❍ 최종 보고서 작성 관련 논의

4-4. 위원회 전체 회의

전파산업 및 미래 경제적 가치에 관한 연구 1차 회의

☐ 일시: 2020년 7월 2일
☐ 장소: 한국전자파학회 회의실
☐ 참석자: 민경식, 강진섭, 황금철, 홍순기, 이재성, 송명선, 강광용, 최종성, 김열길, 이봉규, 최인태, 김용권, 박용배
☐ 논의내용
  ❍ 위원회 구성 (구성 내용은 아래 표와 같음)

구분	세부연구 내용	성 명	소 속	직 위	학 위	활동 기간	비 고
국내	과제 총괄	박용배	아주대	교수	공학박사	6개월	
국내	전파이용산업 동향분석	황금철	성균관대	교수	공학박사	6개월	연구반장
국내	전파이용산업 동향분석	홍순기	숭실대	조교수	공학박사	6개월	
국내	전파이용산업 동향분석	김기원	KCA	차장		6개월	
국내	전파분야 범위/개념 정의	이재성	고려대	교수	공학박사	6개월	연구반장
국내	전파분야 범위/개념 정의	강진섭	KRISS	책임	공학박사	6개월	
국내	전파분야 범위/개념 정의	송명선	ETRI	책임	공학박사	6개월	
국내	전파분야 범위/개념 정의	이문규	서울시립대	교수	공학박사	6개월	
국내	전파분야 범위/개념 정의	강광용	블루웨이브텔	고문	이학박사	6개월	
국내	경제적 가치 산출모델	박용배	아주대	교수	공학박사	6개월	연구반장
국내	경제적 가치 산출모델	김성환	아주대	교수	경제학박사	6개월	
국내	경제적 가치 산출모델	김정호	아주대	교수	경제학박사	6개월	
국내	전문가 자문	민경식	한국해양대	교수	공학박사		
국내	전문가 자문	김영길	국립전파연구원	사무관			
국내	전문가 자문	변우진	ETRI	본부장	공학박사		
국내	과제 협의	이봉규	KCA	팀장			
국내	과제 협의	최인태	KCA	과장			

❍ 연구 일정 협의

전파산업 및 미래 경제적 가치에 관한 연구 2차 회의

□ 일시: 2020년 9월 11일

□ 장소: 한국전자파학회 회의실

□ 참석자: 민경식, 강진섭, 최종성, 선종준, 이봉규, 강광용, 이문규, 이재성, 홍순기, 황금철, 김성환, 박용배

□ 논의내용

❍ 연구반별 진행 내용 중간 보고

✓ 전파분야 범위/개념 정의 연구반 (이재성 교수 발표)

✓ 전파이용산업 동향분석 연구반 (황금철 교수 발표)

✓ 경제적 가치 산출 모델 연구반 (김정호 교수 발표)

❍ 11월 워크숍 프로그램 관련 협의
전파산업 및 미래 경제적 가치에 관한 정책 워크숍 / 11.13 (금) / 여의도중소기업 중앙회

❍ 연사: 각 연구반별 1, 2명

전파산업 및 미래 경제적 가치에 관한 연구 3차 회의

□ 일시: 2020년 12월 14일

□ 장소: 온라인 회의 (줌 이용)

□ 참석자: 민경식, 강진섭, 이문규, 이재성, 황금철, 김정호, 박용배

□ 논의내용

❍ 연구 진행 보고

- ✓ 6월 15일 과제시작
- ✓ 7월 2일(목) 킥오프회의
- ✓ 7월 1차 연구반 회의
- ✓ 8월 2차 연구반 회의
- ✓ 9월 11일(금) 중간점검회의
- ✓ 9월 3차 연구반 회의
- ✓ 10월 4차 연구반 회의
- ✓ 10월 20일 중간보고서 작성 회의
- ✓ 10월 26일 중간보고서 제출
- ✓ 11월 13(금) “2020 미래 전파산업의 경제적 효과에 관한 정책 워크숍 1”
- ✓ 11월 5차 연구반 회의
- ✓ 12월 14일 과제종료 회의
- ✓ 1월 4일 최종보고서 제출

❍ 연구반 운영

- ✓ 전파분야 범위/개념정의 연구반 (구성: 이재성, 강진섭, 송명선, 이문규,, 강광용)
- ✓ 전파이용산업 동향분석 연구반 (구성: 황금철, 홍순기, 김기원)
- ✓ 경제적 가치 산출모델 연구반 (구성: 박용배, 김정호, 김성환)

❍ 워크숍 개최 보고

- ✓ 2020 미래 전파산업의 경제적 효과에 관한 정책 워크숍 1 / 11.13(금) / 여의도 중소기업 중앙회
- ✓ 발표연사: 강진섭, 김정호, 이문규, 황금철
- ✓ 패널토의: 강진섭, 김용희, 김진기, 민경식, 박석지, 변우진, 이재성, 황금철, 박용배
- ✓ 참석인원: 오프라인 37명, 온라인 104명, 총 141명

4-5. 연구반 운영 결과

□ 전파분야 범위/개념 정의 연구반

- ❍ 미래지향적인 응용 내용 포함을 위해 전파 산업이 아닌 전파 분야로의 접근이 필요
- ❍ 광의적 전파 범위를 최종적으로 도출하기에는 한계가 있기에 광의적 전파 범위 정의안을 제시
- ❍ 전체적인 분류로서는 전파센싱, 전파에너지, 통신, 기타 등 4개의 분류를 제안

□ 전파이용산업 동향분석 연구반

- ❍ 전파산업통계 조사 및 KIAT 통계자료 분석 및 토의
- ❍ 일본 전파 관련 산업의 시장 규모 예측 자료 분석
- ❍ 일본의 전파 응용 산업 전망에 대한 기술적 접근법 확보 필요
- ❍ 미국내 전파 응용 산업에 대한 조사도 필요하다 생각되며, 추후 홍순기 교수가 추진 예정

□ 경제적 가치 산출모델 연구반

- ❍ R&D 분야 예산 타당석 분석 방법 고찰
- ❍ 전파의 경제적 가치 산출 방법론 고찰
- ❍ 전파 기술과 경제 성장이 관계 분석 방법 고찰
- ❍ 전파 분야 경제적 가치 산출 모델 조사 및 분석

제 3 장 결론

현재 전파 산업은 방송에서 시작하여 무선 통신을 거쳐 센싱(레이다), 에너지 전송 등의 활용 범위가 급격히 확대되고 있으며, 과거 인프라 구축인 원거리 응용에서 근거리(스몰셀 등) 다중 접속으로 경향이 변하고 있다. 또한 전파 신산업으로 전파의 물리적 특성을 이용하여 의료 분야의 활용이 증가하고 있다. 이어 센싱(레이다) 분야의 전파 응용의 경우, 군용에서 산업 생활로, 고출력에서 저출력, UHF 대역 저해상도에서 mmWave 대역의 고해상도, 타겟 물리정보(위치, 속도, 방향)에서 미세 움직이나 심리상태 분석으로 전파의 응용 분야가 확대되고 있다.

정밀 가공, 반도체 집적도 향상과 같은 하드웨어(HW) 혁신으로 인하여 과거 6 GHz 미만에서 mmWave 대역으로 주파수 활용 범위가 확대되고 있으며, 이 대역의 전파 활용을 위해 도전적 문제 해결을 위해 빔포밍(주로 높은 대역), MIMO (주로 낮은 대역)을 적용하고 있으며, 이를 활용하기 위한 원천적 소재 가공 기술 개발이 필요하다.

전파 산업은 과거 HW 중심으로 산업이 발전하였으나, 2000년대 중반 이후, 타 산업과 유사하게 SW지능화 산업으로 발전하고 있다. 이에 맞추어 HW는 SW를 구동하기 위한 플랫폼의 형태로 개발되는 경향이 있다.

또한 전파 산업은 군집/네트워크화가 이루어지고 있다. HW 기술의 발전으로 인해 디바이스의 수가 늘어나면서 이를 네트워킹함으로써 성능을 개선하려는 다양한 사례가 출연하고 있다. 또한 지상망 통신 인프라 구축의 경제성 한계로 최근 글로벌 서비르를 위한 저궤도 군집형 위성 산업 시대가 도래하고 있음을 확인하였다.

“전파핵심산업”은 국내/외 모두 정체 혹은 더딘 성장이 예측된다. 전통적 개념의 전파 핵심 산업 위주의 동향 분석으로는 미래 신개념 전파 융합 산업 발전 예측에 한계가 있다.

이에 따라 신개념 융합 전파 산업에서의 미래 먹거리 발굴과 전파 산업 육성을 위해서 전체 전파 산업 분야를 아우르는 “전파이용산업”의 카테고리 신설 및 통계 조사가 요구된다. 구체적으로 미래 산업에 대비하고 시장의 이해를 위해서 전파 산업의 정확한 이해와 분석이 요구되며, 전파 자원 활용 시장의 확대와 발전을 위해 국가적 차원의 통계 분석과 동향 조사가 요구된다.

빅데이터에 기반한 주파수 사용 신청내역을 분석하면 전체 산업 분야에서의 전파 기여도 분석이 용이할 것으로 사료된다. 국내의 주파수 사용은 국가의 승인이 요구되며, 주파수 사용을 위해 국가에 제출한 신청 내역을 분석하여 사용되는 산업, 목적, 기관등을 분석하면 관련된 통계 자료 산출이 가능할 것이다.

분석한 자료를 기반으로 “전파핵심산업”과 “전파이용산업”의 동향 분석을 위한 통계가 제공되어야 한다. 전파의 핵심산업의 분석은 지속적으로 연구개발 기술 분류를 갱신하며 현행과 같이 통계조사 및 원인 분석이 요구되며, 전파이용산업의 분석은 4차 산업혁명 시대에 대두된 전파 활용산업의 시장규모 분석과 발전 가능성, 향후 출현할 신산업들에 대한 예측과 이해를 요구기 때문이다.

전파 기술의 중요성을 정량적으로 측정하기 위해서 전파 기술의 경제적 가치를 측정하는 작업은 의미가 있다. 이러한 경제적 가치를 추정하는데 있어 활용할 수 있는 경제학적 이론에 대해서 검토하였다.

전파의 경제적 가치를 추정하기 위해서는 전파의 경제적 기능에 대한 정의가 필요하며, 경제 성장론의 틀을 이용하면 전파의 가치는 산출물의 가치, 생산요소로서의 가치, 기술로서의 가치 3가지로 구분이 가능하다.

세 종류의 전파의 가치를 추정하기 위해서는 각기 다른 방법론을 적용해야 하며, 이러한 방법론을 선정하는데 있어서 일반적인 기술과 경제 성장의 관계로부터 시사점을 도출할 수 있다. 기술 개발을 하기 위해서는 현재의 산출을 포기해야 하는 상충관계가 존재한다. 또한 향후 기술 개발 인력을 확충하더라도 기술개발의 속성으로 인해 기술 진보의 속도가 둔화될 가능성이 있다. 한편 기술 개발 인력이 확대됨에 따라 기술 진보 속도가 더 빨라질 가능성도 동시에 존재한다. 장기적으로 전파 분야의 기술 개발로 인한 생산성 증가가 전체 경제성장에 미치는 효과는 전파 분야와 다른 분야와의 관계가 보완적인지 대체적인지에 따라 달려 있다.

본 연구는 광의적 전파 범위/개념에 대해 정의, 전파 이용 산업의 동향을 분석, 그리고 전파 분야의 경제적 가치 산출 모델에 대해서 조사 및 분석하였음. 본 연구 결과를 통해 추후 전파 추후 미래 경제적 가치 판단에 대한 기반 조사 자료로 활용될 수 있음.

제 4 장 연구결과가 도출된 참고 자료

1. 2019년 ICT주요품목 동향조사 12월호, 과학기술정보통신부, 2020.
2. 전파자원 활용과 융합의 핵심가치, ETRI 미래전략연구소, 2019.
3. 2016 모바일 트렌드 ①스마트폰과 커넥티드 디바이스, 새로운 성숙기에 접어들다, samsungnewsroom, 2016.
4. 독일의 'Private 5G' 구축 현황 - 이통사 서비스를 받냐? 기업이 자체로 구축하냐?, Netmanias, 2019.
5. 일본 5G 사설망 (로컬 5G) 전개 상황, Netmanias, 2019.
6. 5G 데이터 고속도로를 만드는 스마트공장 인프라, MFG, 2019.
7. 육·해·공 무인이동체 기술 개발 추진, 전파신문, 2017.
8. 해외 주요국의 Private 5G 도입 동향, ETRI, 2020.
9. '2020년도 무인이동체 기술개발사업' 시행계획 확정, 로봇신문, 2019.
10. 2018년도 KDI 공공투자관리센터 연차보고서, 한국개발연구원, 2019.
11. 국가연구개발사업 예비타당성 수행 세부지침, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2020.
12. 신태영, 기술혁신과 경제성장, 과학기술정책연구원, 정책연구 2005-08, 2005. pp.1 - 106.
13. 정정규 외, 6G 핵심기술개발사업, 2019년도 예비타당성조사 보고서, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2020.
14. Economic Growth (3/E) by Weil, David N., Pearson Higher Education, 2012.