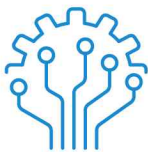
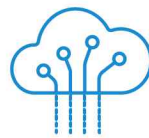


# 선도국의 6G R&D 전략 현황



송영근





본 보고서는 ETRI 기술정책연구본부 기본사업인  
“국가 지능화 기술정책 및 표준화 연구”과 원내 협력사업인  
“Tbps 기술경제성 분석”를 통해 작성된 결과물입니다.



# 목 차

C O N T E N T S

I. 서론 : 6G 개요 및 연구 필요성 .....	1
II. 국가별 6G 이동통신 R&D 전략 .....	3
1. 일본 .....	3
2. 중국 .....	10
3. EU .....	15
4. 미국 .....	19
5. 한국 .....	22
III. 결론 : 시사점 및 제언 .....	25
참고문헌 .....	27





# I 서론 : 6G 개요 및 연구 필요성

## 가. 개요 : 이동통신 진화 및 6G 개념

□ 이동통신 인프라는 10년 주기로 세대가 발전·구축되고 있으며, 6G 서비스는 선도국에서 '28~'30년경 최초로 상용화될 것으로 예상

- 6G는 5G 대비 더 큰 용량, 빠른 전송속도 및 반응속도, 고속이동성 제공, 공중으로 서비스 확대 등 개선된 기술 특성으로 기존 장비·서비스 시장 대체 및 신규 융합 서비스 시장을 창출할 전망
  - (최대 전송속도=용량) 기지국 용량 50배 증가로 낮은 비용으로 보다 빠른 서비스 가능 → 모바일 트래픽의 효율적 처리 및 낮은 통신요금
  - (이용자 체감속도) 기가인터넷을 이동 환경에서 사용 가능 → 이동 중 초실감 콘텐츠(초고화질 가상회의·게임, 홀로그램) 활용 보편화
  - (전송지연) 자율차 제동거리 10배 개선, 원격조정·수술 정밀도 증가
  - (고속이동성) 고속열차, 플라잉카(드론 포함) 內 고속서비스 가능
  - (초공간) 위성 등을 활용하여 항공기 내 초고속인터넷, 공중·해상·오지에서 자율비행 및 플라잉카·드론 등에 대한 광대역 통신서비스 제공
  - (기타) 인간의 개입을 최소화한 완전 자동연결 서비스 및 사이버 위협에 대한 걱정 없이 안전한 6G 융합서비스 제공

표 1 최근 이동통신 세대별 성능 비교

성능지표	4G	5G	6G
기지국 최대 전송속도	1Gbps	20Gbps (20배)	1Tbps (50배)
이용자 체감속도	10Mbps	100Mbps (10배)	1Gbps (10배)
최대 기기 연결 수	십만 개/km <sup>2</sup>	백만 개/km <sup>2</sup> (10배)	억 개/km <sup>2</sup> (100배)
전송지연 (반응속도)	10ms (무선: 10배)	1ms (무선: 10배)	0.1ms (무선: 10배) 수ms (중단간)
고속이동성	350Km/h	500Km/h	1,000Km/h
위치 정밀도	실외 수십m	실외10m, 실내1m	실외1m, 실내10cm
에너지 효율성	고려 안함(?)	100bits/J	200bits/J (2배)
주파수 (최대 대역폭)	6GHz 이하 (~100MHz)	100GHz 이하 (~800MHz)	1THz 이하 (~40GHz)

\* 출처: ETRI 기술전략연구센터 자체 작성

## 나. 연구 배경 및 필요성

□ 2030년경 상용화가 예상되는 6세대(6G) 이동통신 시장의 주도권 확보를 위해, 세계 주요국들은 구체적인 전략 발표 및 연구개발(R&D)을 추진

- 각국의 선진 연구기관은 기존 5G 이동통신 3대 KPI(Key Performance Indicator, 핵심 성능지표)를 확장하는 형태로 6G 이동통신에 대한 개념 수립 및 관련 기초 연구 착수 중
- 이러한 시점에서 국가 차원의 효과적인 국내 6G 추진전략 수립을 위해서는 해외 6G 정책 및 R&D 전략 현황을 모니터링하고 심층 분석하는 작업이 필수적
- 본 고에서는 지금까지 발표된 선도 국가들의 주요 6G 이동통신 R&D 전략들을 검토 분석하여 시사점을 도출하고, 향후 대응 방향을 제시하고자 함

□ 선도국의 주요 6G 이동통신 R&D 전략 현황을 요약 정리하면 <표 2>와 같음

- 국가 전략으로의 내용 완성도 및 국내로의 시사점을 고려한 중요도에 따라, <표 2>에 중국, 일본, 유럽연합(EU), 미국 순으로 6G 전략 및 R&D 프로그램 현황을 정리
- 본문에서는 <표 2>에서 언급한 국가별 6G 이동통신 R&D 전략 및 프로그램 세부 내용을 소개

표 2 선도국 주요 6G 이동통신 R&D 전략 현황

국가	기관	발표 시기	주요 내용
일본	총무성	2020년 4월	Beyond 5G 추진전략 발표 및 실행 전담기구 가동
		2021년 9월	Beyond 5G 연구개발 촉진 사업 추진
	정보통신연구기구(NICT)	2021년 4월	Beyond 5G/6G 핵심기술 전망
중국	과학기술부	2018년 2월	정부 주도 6G 연구개발(R&D) 추진 및 전담기구 가동
	공업정보화부 IMT-2030	2021년 7월	6G 활용 예상영역 및 핵심기술 전망
		2021년 9월	6G 네트워크 아키텍처 비전 및 핵심기술 전망
EU	5GPPP	2018년 5월	6G Flagship 프로젝트 추진
	EU 내 산·학·연	2020년 12월	6G 핵심기술 개발을 위한 Hexa-X 프로젝트 추진
	독일 정부	2021년 2월	자국 중심 5G/6G 통신장비 산업 육성 투자
미국	DARPA	2018년 1월	6G 테라헤르츠 대역 활용기술 연구센터 운영
	미국통신산업협회(ATIS)	2020년 10월	선도기업 중심의 NextG Alliance 출범
한국	과학기술정보통신부	2020년 8월	6G 연구개발(R&D) 전략 발표 및 추진
	삼성전자	2021년 6월	6G 핵심기술 전망 및 테라헤르츠 시연 성공

\* 출처: ETRI 기술전략연구센터 자체 작성

## II 국가별 6G 이동통신 R&D 전략

### 1 일본

#### 가. 총무성, Beyond 5G 추진전략 발표 및 실행 전담기구 가동

- 일본은 6G를 국가 비전인 ‘Society 5.0’ 구현을 위한 핵심기술로 인식하고, AI, 양자 암호, 센싱 등을 핵심 기반기술로 지목
- 2020년 4월, 2030년 6G 도입을 목표로 ‘Beyond 5G 추진전략’을 마련
  - 한국, 미국, 중국 등 주요국에 비해 5G에서 뒤쳐진 일본은 차세대 이동통신, 즉 6G에서는 경쟁우위 선점을 목표로 함 (6G 기지국 장비 점유율 30%)
  - (3대 기본 방침) ‘Beyond 5G 추진전략’의 기본 방침은 ①글로벌 퍼스트, ②혁신을 창출하는 생태계 구축, ③자원의 집중 투입 등

그림 1 일본 총무성 Beyond 5G 추진전략의 기본 방침



\* 출처: 산업연구원, 주요국의 최근 정책동향, 미래전략산업 브리프 제12호, 2020년 4월, 원 자료) 일본 총무성, Beyond 5G 추진전략(개요), 2020년 4월



- (3대 전략 방안) 이를 위해 ‘연구개발 전략’, ‘지적재산·표준화 전략’, ‘추진전략’을 마련하고, 차세대 이동통신 6G 분야의 신속한 도입과 글로벌 위상 강화를 목표로 추진

**그림 2** 일본 총무성 Beyond 5G 추진전략의 전략 방안

연구개발 전략	지재권·표준화 전략	추진 전략
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beyond 5G 실현 위한 첨단기술을 목표로 초기 스타트업 단계에 국가 자원 집중 투입</li> <li>- R&amp;D거점 구축, 과감한 전파 개방 등 세계 최고의 R&amp;D 환경 정비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beyond 5G 실현 위해 지재권 취득과 표준화 활동 촉진</li> <li>- 광케이블 확장, 오픈화, 가상화, 상공·해상 등 확장, 보안 강화 등에 중점</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beyond 5G의 원활한 조기 도입을 위해 5G가 모든 분야의 지역에 보급·침투되도록 Beyond 5G ready 환경을 조기 실현</li> <li>- 5G 기지국 확대 및 5G 산업·공공 이용을 강력하게 추진</li> </ul>
<p><b>첨단기술 연구개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beyond 5G 중 핵심기술이 될 첨단요소 기술의 R&amp;D 기간을 제한하고 관계부처와 연계하여 집중 추진</li> </ul>	<p><b>전략적 지적재산화·표준화 위해 오픈화, 사실상 표준(de facto) 추진</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본이 강점을 보유하고 있는 기술의 Open-Close 전략 추진</li> <li>- 오픈화·de facto 추진시, 장비 개발 부담을 경감하기 위한 상호 연결 및 상호 운용성 테스트 베드 등을 정비</li> </ul> <p><b>전략적 파트너와 협력 체제 구축</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- R&amp;D 초기단계에서 국제 공동연구를 확대하고 국제표준화를 위해 국제협력을 강화</li> </ul> <p><b>표준화 거점 활용과 전략적 지재권·표준화 활동 촉진</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산관학의 주요 사업가가 참여하고 전략적으로 표준화 등을 추진할 수 있는 장소에 ‘Beyond 5G 지재·표준화센터’를 설치</li> <li>- 표준화와 비즈니스를 연결하는 R&amp;D 프로젝트를 채택, 새로운 전파 할당 등에서 오픈 표준 채택과 국제 표준화 기여도·지재권 전략을 요구화</li> </ul>	<p><b>네트워크 면적 확대</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세제지원 등으로 5G 기지국 정비, 지역의 5G 도입 촉진(‘23년 말까지 당초 계획의 3배 이상 기지국을 정비)</li> <li>- 5G 기지국 확대를 위해 인프라 공유를 촉진</li> </ul> <p><b>사이버 보안의 상시보장 기능 실현</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Security by design 기반으로 규격 책정, 자동 변조탐지 및 취약점 탐지 기술 도입, 양자암호 시스템 기반의 사회구현 등을 추진</li> </ul> <p><b>과제 해결에 기여할 수 있는 Use Case 구축·확대</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사회과제 해결 위해 5G 솔루션 실증 프로젝트를 전개, 특히 원격의료·교육, 방재 등 수요가 높은 국가와 연계·제휴해 향후 5년간 집중적 실증을 실시</li> <li>- 지역 대학 등을 거점으로 인재육성·개발·사업전개 지원을 포함한 체제를 정비</li> <li>- 스마트시티의 각종 기능 등 솔루션 모델을 SaaS를 활용해 ‘5G 솔루션 센터’에서 제공</li> <li>- 한 도시를 ‘Living 테스트베드’로, 자유롭고 유연한 실증 환경 정비</li> <li>- 긴급비상 사태에서도 ICT를 활용한 국민생활과 경제활동이 원활히 유지되도록 사회실현을 위해 필요한 제도를 검토·추진</li> </ul>
<p><b>Beyond 5G 연구개발 플랫폼 구축</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 애플레이터(앱 플레이어)나 각종 테스트베드 제공, 공동연구 실시 등 산학연이 협력·공동으로 연구개발하는 장을 NICT(정보통신연구기구) 등에 구축</li> </ul>		
<p><b>연구개발 추진 체계 확충</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 민간 연구개발 촉진 위해 관계부처와 연계하여 확대 실시</li> </ul>		
<p><b>전파 개방</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 테라헤르츠파 등 고주파수 대역을 일정기간 간소한 절차로 자유롭게 사용 가능한 인프라 장비 지원</li> <li>- 특정 조건을 충족하는 실험 등에 대해 무선국 면허의 취득·변경 절차 대폭 완화</li> </ul>		
<p><b>파격적 이노베이션 창출과 인재육성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인센티브 제공, 참신한 아이디어 발굴 위한 공모 등을 추진</li> </ul>		

\* 출처: 산업연구원, 주요국의 최근 정책동향, 미래전략산업 브리프 제12호, 2020년 4월, 원 자료) 일본 총무성, Beyond 5G 추진전략(개요), 2020년 4월

## □ 일본 'Beyond 5G 추진전략' 실행 전담기구 본격 가동

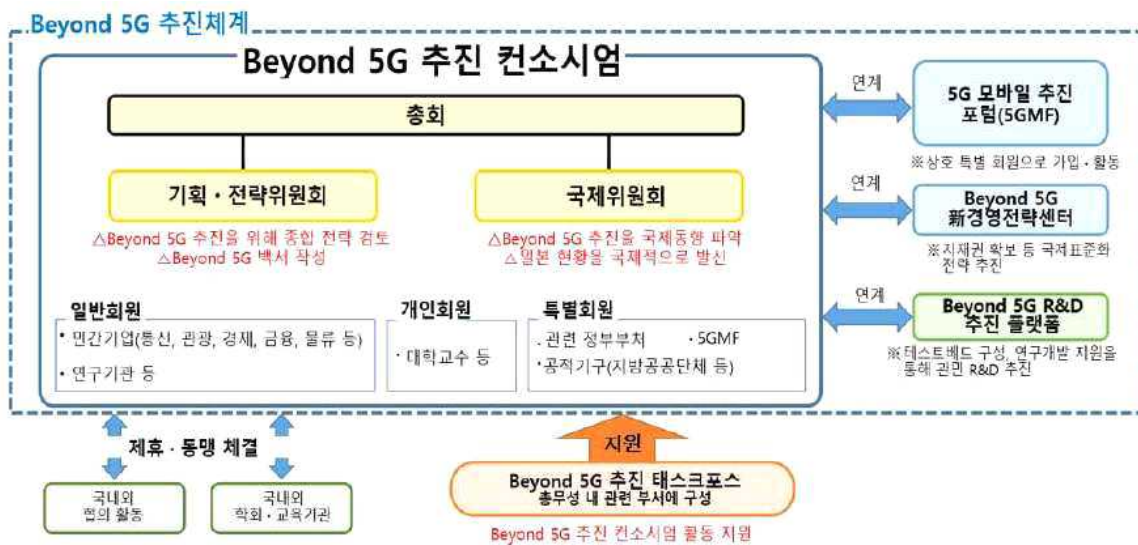
- '20년 12월, 강력하고 적극적인 6G 상용화 이행을 위해 'Beyond 5G 추진 컨소시엄'을 발족하고 지재권·표준화 등을 전담하는 'Beyond 5G 新경영전략센터'를 설립
- (Beyond 5G 추진 컨소시엄) 2030년 강인하고 활력있는 사회를 위해 6G의 속도감 있는 도입과 국제 경쟁력 강화를 목표로 함
  - 동 컨소시엄은 5G 모바일 추진 포럼(5GMF), Beyond 5G 新경영전략센터, Beyond 5G R&D 추진 플랫폼 등과 연계·협력을 기반으로 활동
- (Beyond 5G 新경영전략센터) 6G 지적재산권, 표준화 등에 전략적으로 대응하기 위한 산학관 협력 단체로 매년 1회 총회를 개최하고 산하 위원회에서 관련 논의를 진행
  - Beyond 5G 전략의 구체적 시책 중 하나가 표준화 점검 활용과 전략적 지식재산 표준화 활동인 만큼, 산학관 연계·협력을 기반으로 대응해 나간다는 취지

\* 6G 필수 특허 점유율 10% 이상 달성 목표

- 국내외 최신 동향 수집·파악, Beyond 5G 관련 다양한 참여자 간 파트너십 형성의 장 제공, 표준화 지재권 관련 전문가 데이터베이스 구축, 인재 육성을 위한 워크숍 개최 등이 주요 업무

※ 출처: IITP, ICT Brief: 일본 Beyond 5G 추진전략 실행 전담기구 본격 가동, 2020년 12월

그림 3 Beyond 5G 추진 컨소시엄 구조



\* 출처: IITP 통신전략기획팀, 6G 일본 동향 보고, 2021년 7월

## 나. 총무성, Beyond 5G 연구개발 촉진 사업 추진

### □ 2030년 Beyond 5G를 위한 7대 기능별 기술 도출, 기본 방침·전략 유형별 목표를 수립

- 초다수 동시접속, 자율성, 확장성 등 Beyond 5G를 위한 요구 기능별 일본이 강점을 가지고 있는 기술을 제시

표 3 Beyond 5G 요구 기능과 핵심 개발 기술

요구 기능	주요 내용	핵심 개발 기술
초고속 대용량	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 액세스 망 통신 속도는 5G의 10배</li> <li>▪ 코어망 통신 속도는 현재의 100배</li> </ul>	테라헤르츠파
초저지연	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 5G의 1/10 수준 저지연율</li> <li>▪ 사이버-물리 시스템 완전 동기화</li> <li>▪ 보완 네트워크와 고도 동기화</li> </ul>	시공간 동기화 (사이버공간 포함)
초다수 동시접속	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 다수 동시접속 수는 5G의 10배</li> </ul>	센싱
초저소비전력	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 현재의 1/100 수준 저소비전력 (별도의 대책이 없을 시, IT관련 소비전력은 현재의 36배로 증가)</li> </ul>	All-Fiber 네트워크 저소비전력 반도체
초안전 및 신뢰성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 보안 상시 확보</li> <li>▪ 재해 및 장애 발생 시 순간 복구</li> </ul>	양자암호
자율성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 자율적으로 동작하는 기기들 간의 자동 연계</li> <li>▪ 유무선을 넘어 최적 네트워크 구축</li> </ul>	완전 가상화
확장성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 위성 및 성층권통신시스템(HAPS)과의 심리스한 접속(우주 및 해양 포함)</li> <li>▪ 기기 간 상호 연동으로 모든 장소에서 통신</li> </ul>	HAPS 포용적 인터페이스

\* 출처: IITP, ICT Spot Issue: 주요국 6G 주도권 선점 경쟁 본격화, 2020년 7월, 원 자료) 일본 총무성, Beyond 5G 추진전략(연구개발 전략), 2020년 6월

### □ Beyond 5G 추진전략은 ①글로벌 퍼스트, ②이노베이션을 창출하는 생태계 구축, ③ 자원의 집중적 투입이라는 3가지 방침(지향점) 가지고 있음

### □ 3가지 방침(지향점)에 기반하여 3가지 Beyond 5G 연구개발 프로그램을 운영

- ①Beyond 5G 기능 실현형 프로그램, ②Beyond 5G 국제 공동 연구형 프로그램, ③Beyond 5G 씨앗 창출형 프로그램

※ 출처: 총무성, Beyond 5G 연구개발 촉진사업 방침, 2021년 9월

### □ Beyond 5G 기능 실현형 프로그램

- Beyond 5G의 주요 특성인 「초고속·대용량」, 「초저지연」, 「초다수 동시 접속」, 「자율성, 확장성, 초안전·신뢰성, 초저소비전력」을 실현하는데 필요한 기술을 산·학·연을 대상으로 공모형 연구개발을 실시
- 본 연구개발 과제 후보 리스트에 대해서는 향후의 기술 동향이나 시장 동향 등을 근거로 수시로 유연하게 추가·변경하는 것으로 함
- 연구개발 기간에 대해서는, R&D 개시 시점으로부터 원칙 5년 이내로 하고, 예산 규모(NICT 부담액)는 수억엔~10억엔/年 정도를 기준으로 함
- 2024년 후반에 평가위원회 평가(Stage-Gate 평가)를 실시하여, 지속 필요성이 인정된 과제에 대해서는, 예산을 별도 확보하여 연구개발을 지속하고 필요성이 인정되지 않은 과제에 대해서는 2024년 말에 종료

### □ Beyond 5G 국제 공동 연구형 프로그램

- 신뢰할 수 있고 시너지 효과를 기대할 수 있는 외국 정부 및 기업과 전략적 파트너십 체계를 확립하여, Beyond 5G 실현에 필요한 첨단 요소 기술의 공동개발이나 국제 표준화에 공동으로 대응할 수 있도록 프로그램을 운영
- Beyond 5G의 주요 특성인 「초고속·대용량」, 「초저지연」, 「초다수 동시 접속」, 「자율성, 확장성, 초안전·신뢰성, 초저소비전력」을 실현하는데 필요한 기술을 대상으로 하고, 과제평가 시 외국의 연구기관과 제휴체제나 국제표준화 대응방안을 중시
- 연구개발 기간은 개시일 이후 3년 이내를 원칙으로 하고, 제안 1건당의 예산규모 (NICT 부담액)는 수천만엔~수억엔/年 정도를 기준으로 함

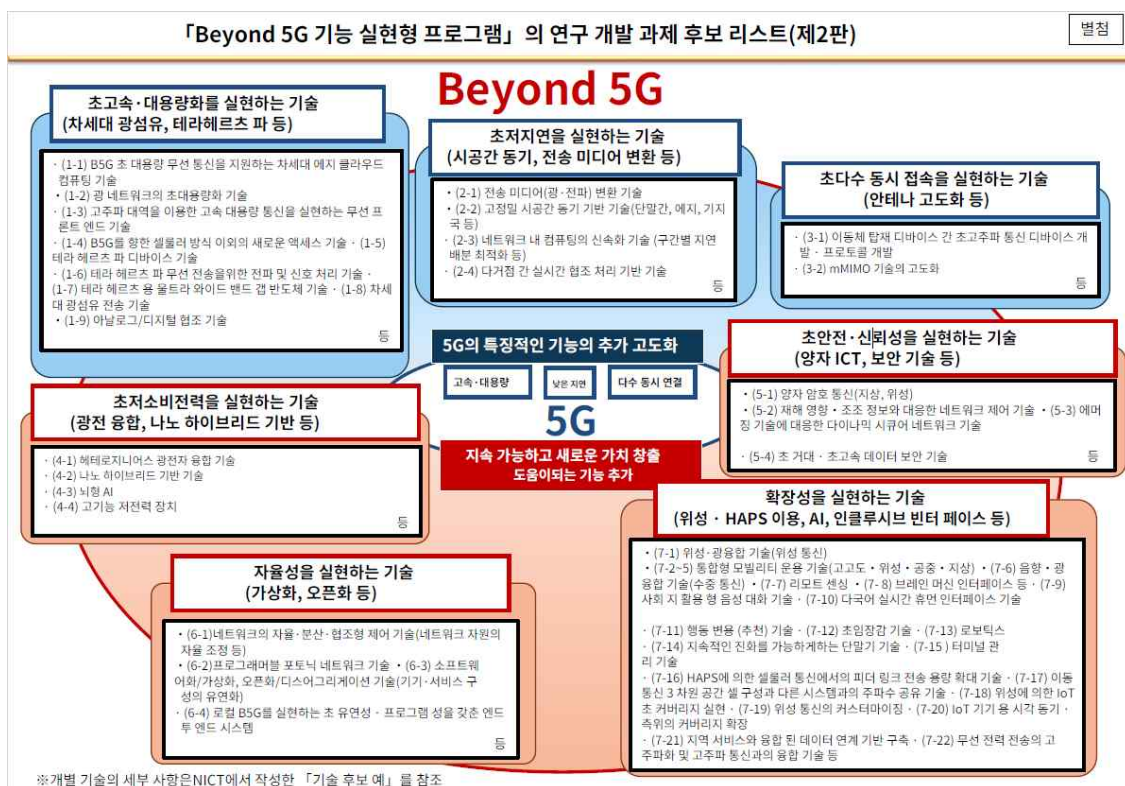
### □ Beyond 5G 씨앗 창출형 프로그램

- 기술혁신 속도가 매우 빠른 분야에서는 신속한 시작과 리스크를 허용하면서 혁신을 일으키는 생태계를 구축하는 것이 매우 중요하므로, Beyond 5G의 연구개발 시 제약을 최소화하여 참여자의 연구활동을 자유롭고 민첩하게 진행하도록 설계·운영
- 이를 위해 폭넓은 범위의 다양한 연구개발을 지원(기술 시즈 창출)하고, 민간의 사업화 노하우를 활용하여 사업화를 실시(혁신 창출)하도록 프로그램을 운영
- Beyond 5G의 주요 특성인 「초고속·대용량」, 「초저지연」, 「초다수 동시 접속」, 「자율성, 확장성, 초안전·신뢰성, 초저소비전력」을 실현하는데 필요한 기술 외에도 Beyond 5G가 실현하는 통신 인프라에서 기대되는 새로운 애플리케이션 개발에 관한 연구개발 등 다양한 제안을 대상으로 함



- 대학 등의 젊은 연구자나 벤처·스타트업 등의 중소기업을 공모대상으로 하고, 혁신적인 아이디어나 요소기술을 가지며 어려운 과제에 도전하는 과제를 선정함
  - 연구개발 기간은 연구개발 개시 시점으로부터 3년 이내를 원칙으로 하고, 예산규모 (NICT 부담액)는 수천만엔~1억엔/年 정도를 기준으로 함
- ※ 다만, NICT가 부담액은 조성경비의 3분의 2 이하로 결정

그림 4 Beyond 5G 연구개발 과제 후보 리스트



\* 출처: 산업연구원, 주요국의 최근 정책동향, 미래전략산업 브리프 제12호, 2020년 4월, 원 자료) 일본 총무성, Beyond 5G 추진전략(개요), 2020년 4월

## 다. 정보통신연구기구(NICT), Beyond 5G/6G 핵심기술 전망

### □ 일본 정보통신연구기구(NICT)는 'Beyond 5G/6G 백서'를 발간

- Beyond 5G/6G 시대의 일상을 3가지 시나리오 및 각 시나리오 내 활용사례로 정리하고, 활용사례 구현을 위한 필수 핵심기술을 제시
- (시나리오 1: 사이버네틱 아바타 사회) ① 상호 이해 증진 시스템(문화와 가치관의 장벽 극복),

- ②돌봄 지원 아바타(나이와 신체 능력의 장벽 극복) ③텔레프레전스를 통한 근무 환경의 혁명(시간과 공간 장벽 초월)이라는 활용사례를 제시
- (시나리오 2: 달 위의 도시) ①6G로 연결된 달 기지, ②달까지 이어지는 6G 통신시스템, ③달에서 활동하는 아바타(우주의 스트리트 뷰), ④달 여행이라는 활용사례를 제시
- (시나리오 3: 시간과 공간을 초월한 사회) ①사람, 물건 그리고 정보의 수직적 흐름, ②회복력 있는 마을 숲(사토야마), ③옴니 클라우드 게이트웨이라는 활용사례를 제시
- 각 시나리오의 활용사례에서 제시된 필수 핵심기술을 기술 특성별로 그룹핑하여 정리하면 <표 4>와 같음

**표 4** NICT의 Beyond 5G/6G 핵심 기술

<b>T1. 초고속 및 대용량 무선통신</b>		<b>T5. 시공간 동기화</b>	
T1.1	테라헤르츠 대역 기술	T5.1	무선 시공간 동기화
T1.2	광통신망(대용량 통신기술)	T5.2	원자시계 칩
T1.3	광통신망(광통신 및 무선 융합기술)	T5.3	참조시간 생성 및 공유 기술
<b>T2. 초저지연 및 초연결성</b>		<b>T6. 초보안성 및 안정성</b>	
T2.1	에지 컴퓨팅 기술	T6.1	떠오르는 보안 기술
T2.2	적응형 무선 네트워크 구축 기술	T6.2	실제 공격 데이터에 기반한 사이버 보안 기술
T2.3	적응형 무선 네트워크 애플리케이션 기술	T6.3	양자암호화
T2.4	전파방출 공간의 자율적 위치결정 및 보존 기술	T6.4	전자파 적합성
T2.5	유비쿼터스 사회자원을 이용한 초다중연결 자율 M2M 네트워크 구축 기술	T6.5	복원 ICT
T2.6	고급 무선 에물레이션	<b>T7. 초현실성 및 혁신적인 애플리케이션</b>	
<b>T3. 유무선 통신 및 네트워크 제어 기술</b>		T7.1	뇌 정보 읽기, 시각화 및 BMI 기술
T3.1	네트워크 제어 기술(네트워크 운영 자동화, 네트워크 내 컴퓨팅)	T7.2	직관 측정, 커뮤니케이션 및 보증 기술
T3.2	주파수 할당 및 공유 관리	T7.3	리얼 3D 아바타, 감각 통신 및 XR 기술
T3.3	자체 무선 시스템 관리(로컬 B5G/6G)	T7.4	언어 및 언어 외 정보를 이용한 AI 분석 및 대화 기술
<b>T4. 무선 시스템의 다중 계층</b>		T7.5	다국어 동시통역, 의역 및 요약 기술
T4.1	위성 및 비지상 통신 플랫폼	T7.6	자율주행
T4.2	광학 위성통신	T7.7	드론
T4.3	해상통신		
T4.4	수중 및 해저통신		
T4.5	통합 네트워크 제어		

\* 출처: 일본 정보통신연구기구(NICT), Beyond 5G/6G White Paper, 2021년 8월

## 2 중국

### 가. 과학기술부, 정부 주도 6G 연구개발(R&D) 추진 및 전담기구 가동

#### □ 2018년부터 중국 과학기술부(MOST) 주관 국책사업을 기획하여 매년 5년 단위 과제를 선정하여 추진 중

- 6G 이동통신 등 차세대 통신 연구개발을 위해 ‘광대역통신 및 차세대 네트워크 중점 프로젝트(宽带通信和新型网络 重点专项)’를 추진 (18.2월)

구분	2018	2019	2020
기간	2019~2023	2020~2024	2021~2025
금액	7.64억 위안 (1,320억 원)	9.7억 위안(1,676억 원)	10억 위안 (1,728억 원)
주요 분야	1) 새로운 네트워크 기술 2) 고효율 전송 기술 3) 어플리케이션 시연	1) 새로운 네트워크 기술 2) 핵심 장비 3) 위성통신 4) 무선통신 5) 광통신 6) 테스트 검증 환경 및 어플리케이션 시연	1) 새로운 네트워크 기술 2) 고효율 전송 기술/장비 3) 위성통신

\* 출처: ①IITP, ICT Spot Issue: 주요국 6G 주도권 선점 경쟁 본격화, 2020년 7월, ②IITP 통신전파기획팀, 중국 6G 기술개발 현황, 2021년 10월

#### □ 2019년 11월, 6G R&D 전략 수립을 위한 범정부 전담기구 발족, 정부주도 6G R&D 추진

- 국가발전개혁위원회, 과학기술부, 공업정보화부, 과학원 등 관련 부처와 기관이 참여한 가운데, 국가 6G 이동통신 기술 R&D 업무 선포식을 개최
- 과학기술부는 ‘국가 6G R&D 추진 공작조’와 ‘6G 총괄 전문가조’를 각각 구성하고 향후 유관 부처와 함께 6G 이동통신 개발을 위한 계획과 기술 표준 등을 만들어 나갈 예정
  - 6G R&D 추진 공작조: 주요 부처 공무원, 6G R&D 국가 컨트롤타워, 6G R&D 효율성 증대 및 가속화
  - 6G 총괄 전문가조 : 산학연 최고 전문가 37명, 6G R&D 관련 권고/자문, 국가 6G R&D 계획(안)

## 나. 공업정보화부 IMT-2030 추진조, 6G 활용 예상영역 및 핵심기술 전망

□ IMT-2030 추진조(중국 6G 추진단)는 중국 공업정보화부(MIIT)가 IMT-2020(5G) 추진단을 기반으로 2019년 6월 중국정보통신원(中國信通院, CAICT) 산하에 설립

- 회원사로는 중국의 주요 통신사업자, 제조업체, 대학, 연구기관 등을 포함
- 추진조는 중국의 6G 분야 산학연 협력, R&D 활성화 및 국제 교류·협력 증진의 주요 플랫폼 역할 수행

그림 5 IMT-2030 추진조 주요 참여자 현황



\* 출처: 중국 IMT-2020 Promotion Group, White Paper on 6G Vision and Candidate Technologies, 2021년 6월

□ IMT-2030 추진조(중국 6G 추진단), '6G 비전과 잠재적 핵심기술' 백서 발표 ('21.6월)

- 백서는 6G의 비전과 잠재적 활용 분야, 10대 핵심기술 및 6G 개발 전망 등으로 구성
- (6G 3대 트렌드) 몰입화(immersive), 지능화(intelligent), 보편화(universal)
- (6G 8대 활용 예상 영역) 몰입형 클라우드 XR(eXtended Reality), 홀로그래픽 통신, 오감 연결 인터넷, 지능형 상호작용, 센싱 통신, 지능의 확산, 디지털 트윈, 지구 전역의 심리스(seamless) 연결(天地 일체화) 등 8대 서비스 환경을 조성할 것으로 전망



표 6 IMT-2030 추진조, 6G 10대 핵심기술

기술		주요 내용
1	네이티브 AI 기반 신 네트워크 (New Network with Native AI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 네이티브 AI 기반 新 무선인터페이스</li> <li>• 네이티브 AI 기반 신 네트워크 아키텍처</li> </ul>
2	증강형 무선 에어인터페이스 기술 (Enhanced Wireless Air interface Technologies)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물리계층 기초기술</li> <li>• 초대형 MIMO</li> <li>• In-band Full Duplex</li> </ul>
3	新 물리공간 무선 전송기술 (Wireless Transmission Tech. on new Physical Dimensions)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconfigurable Intelligent Surface(RIS)</li> <li>• Orbital Angular Momentum(OAM)</li> <li>• Intelligent Holographic Radio(IHR)</li> </ul>
4	테라헤르츠 및 가시광 통신기술 (Terahertz and Visible Light Technologies)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 트랜시브 아키텍처 디자인, RF단 부품(SiGe, InP 등의 재료 기술 등), 낮은 복잡성과 저저력의 고속 베이스밴드 신호처리 기술 등</li> </ul>
5	통신·센싱 통합기술 (Integrated Communications and Sensing)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무선통신과 센싱이 동일 시스템에서 상호 교환방식으로 구현</li> <li>• 통신시스템은 동일 주파수 또는 동일 하드웨어·신호 처리 모듈을 사용하여 센싱 가능. 센싱 결과는 통신 액세스 또는 관리에 사용하여 서비스 품질·통신 효율 개선 가능</li> </ul>
6	분산형 자율 네트워크 아키텍처 (Distributed Autonomous Network Architecture)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 액세스 네트워크: 아키텍처를 단순화하여 처리 지연시간을 줄이고 필요한 기능을 제공할 수 있도록 탄력성 요구</li> <li>• 코어 네트워크: 분산·분권·자율 네트워크 메커니즘은 유연하고 보편적인 네트워킹 구현 가능</li> </ul>
7	시간확정형 네트워크 (Deterministic Network)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제조업, V2X 및 스마트 그리드 등 지연시간 민감 서비스는 시간확정형 네트워크 성능 필수</li> <li>• 확정형 최소·최대 지연시간(latency) 및 지연시간 지터(latency jitter)에 의존하는 신속한 종단 간 전송, 다양한 실행 상태의 경계 패킷 손실률, 데이터 전송 중 순서 외 패킷의 상한값 등</li> </ul>
8	컴퓨팅 인식 네트워크 (Computing-Aware Network)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 클라우드, 디바이스 및 엣지에 위치한 컴퓨팅 파워를 연결 및 조율함으로써 컴퓨팅과 네트워크의 심층 융합과 협력적 인지 및 주문형 스케줄링·컴퓨팅 서비스의 효율적 공유</li> </ul>
9	지상·비지상 통합형 네트워크 (Integrated Terrestrial and Non-Terrestrial Network)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비지상 네트워크와의 통합을 위한 지상 네트워크 혁신 기술 (라우팅·전송, 동적 네트워크 요소 배치, 상호운용성 등)</li> <li>• 위성의 에너지 및 컴퓨팅 자원 부족 해결 기술 등</li> </ul>
10	다자 신뢰 모델 기반 네이티브 네트워크 보안 (Native Network Security based on Multi-Lateral Trust Model)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중앙집중형 및 분산형 모델과 제3자 인증까지 요구되는 6G의 다자 신뢰 모델 부응 필요</li> <li>• 특히 AI, 빅데이터 및 6G 네트워크 간 심층 융합은 데이터 보호에 완전히 새로운 도전과제 제시</li> </ul>

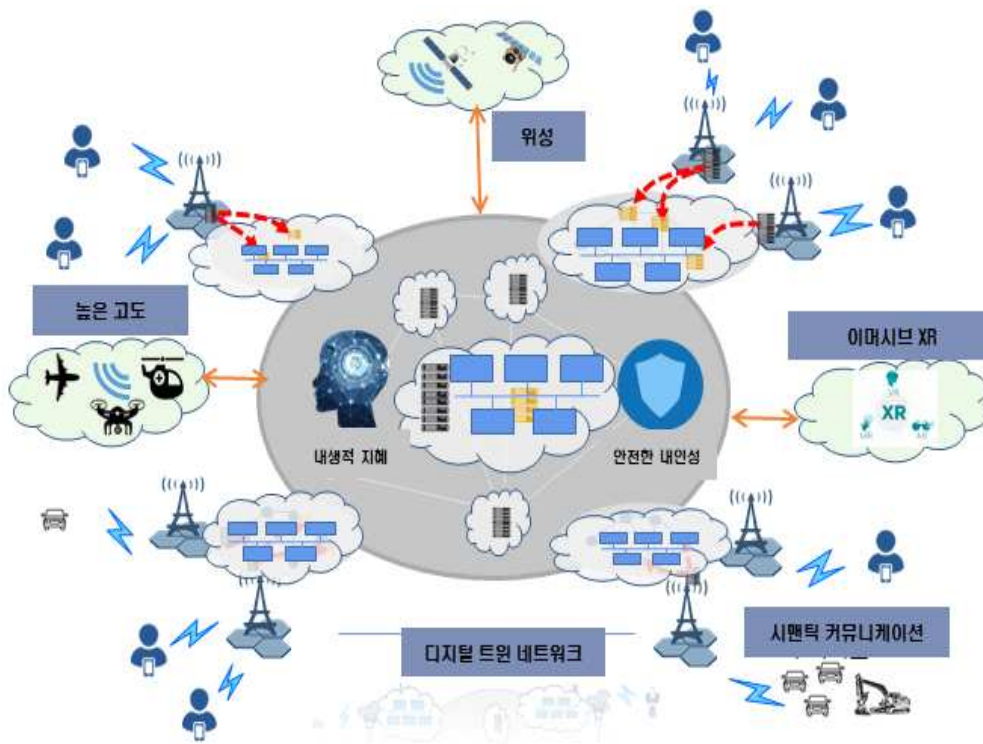
\* 출처: 중국 IMT-2030 Promotion Group, 6G网络架构愿景与关键技术展望白皮书, 2021년 6월

## 다. 공업정보화부 IMT-2030 추진조, 6G 네트워크 아키텍처 비전 및 핵심기술 전망

### □ 6G 네트워크 전체 아키텍처 전망

- 6G 네트워크는 중앙 집중화 및 분산 조정, 분산 자율성을 통한 네트워크 기능을 확장하고 클라우드-네트워크 통합 및 분산 협업을 통해 보다 복잡한 서비스를 지원할 예정
- (분산 구조 조직) 중앙 집중식 + 분산 협업, 다양한 이기종 유비쿼터스 액세스 지원
- (네트워크 요소) 에지 네트워크, 마이크로 클라우드 유닛에 의해 확장
- (거버넌스 메커니즘의 자율성) 지능형, 자율형 분산 관리 메커니즘과 디지털 트윈 기술을 활용한 자체 분산/지능화 구현
- (인터페이스 프로토콜) 네트워크 서비스의 플러그 앤 플레이(plug and play)를 실현하기 위한 단순하고 통합된 프로토콜 채택

그림 6 6G 네트워크 전체 아키텍처 전망



\* 출처: 중국 IMT-2030 Promotion Group, 6G网络架构愿景与关键技术展望白皮书, 2021년 6월

### □ 6G 잠재적 아키텍처 기술

○ <표 7>과 같이 12가지 6G 잠재적 아키텍처 기술에 대한 필요성 및 주요 기술을 정의

※ 주요 기술 내용은 분량 관계로 <표 7>에 정리하지 않고 원본 및 별도 보고서 참고

**표 7** 6G 관련 잠재적 아키텍처 기술

아키텍처 기술		주요 내용
1	분산 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>새로운 6G 시대에는 트래픽이 더 광범위하게 분산되고 현장 액세스에 대한 수요가 급증할 것으로 예상됨에 따라 리소스, 컴퓨팅 성능 및 서비스는 보다 보편적인 분산형 네트워크 아키텍처가 필요</li> </ul>
2	공공-지상 통합 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래의 네트워크는 언제 어디서나 글로벌, 전체 영역 3차원 커버리지 (고정/이동/위성 네트워크 융합) 및 광대역 액세스 기능을 갖추어야 함</li> </ul>
3	지능형 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>6G 네트워크 인텔리전스는 내생적 활용이 예상됨에 따라 네트워크 성능 최적화, 사용자 경험 향상, 네트워크 지능형 자율성 실현을 목표로, 외부 다양한 산업 분야에 실시간 AI 서비스, 실시간 컴퓨팅 신사업 접목이 가능하도록 설계해야 함</li> </ul>
4	내재적 보안	<ul style="list-style-type: none"> <li>6G 네트워크의 새로운 기능에 대응하기 위해서는 아키텍처 내 보안 기능 내장 필요</li> </ul>
5	디지털 트윈 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>디지털 트윈 네트워크(DTN)는 물리적 네트워크 엔터티 및 트윈 가상화, 실시간 대화형 매핑 기능 필요</li> </ul>
6	컴퓨팅 파워 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>Computing Force Network의 목표는 네트워크와 컴퓨팅을 긴밀하게 통합하는 새로운 유형의 유비쿼터스 통합 인프라를 구축하는 것으로 "언제 어디서나" 컴퓨팅 파워 네트워크 서비스 제공을 목표로 함</li> </ul>
7	프로그래머블 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>End-to-End 프로그래밍 가능 네트워크 기술은 높은 적응성과 유연성으로 6G 네트워크를 보다 지능적이고 유연하게 운영 가능</li> </ul>
8	통신과 정보지각 융합	<ul style="list-style-type: none"> <li>6G 공감각 융합 네트워크는 커뮤니케이션의 모든 것을 인지하고 인지된 지식을 기반으로 네트워크 간 커뮤니케이션을 부여함으로써 공감각적인 협업 컴퓨팅이 가능</li> </ul>
9	시간확정형 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>6G 비전 및 비즈니스는 네트워크 지연, 대역폭 및 안정성에 대한 추가 요구사항을 제시하며, 종단 간, 시간확정형 네트워크 서비스를 보장하는 것이 필요</li> </ul>
10	신뢰할 수 있는 데이터 서비스	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 대비, 운영 효율성을 향상시키고, 보안 문제 및 방대한 사용자 데이터의 진화에 대응하기 위해서는 6G 네트워크 구축 필요</li> </ul>
11	몰입형 다감각 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>6G는 몰입형 다차원 인식을 통한 실시간 대화형 기능 제공을 목표로 함에 따라, 새로운 몰입형 다중 센서 네트워크 아키텍처 구성 및 기능적 정의 요구</li> </ul>
12	시맨틱 커뮤니케이션	<ul style="list-style-type: none"> <li>6G 네트워크는 만물의 지능적 연결을 지향하는 시맨틱 통신망 아키텍처 구현을 목표로 지각, 인식, 추출, 추론, 마이그레이션 기능 구현이 필수적으로 요구됨</li> </ul>

\* 출처: 중국 IMT-2030 Promotion Group. 6G网络架构愿景与关键技术展望白皮书, 2021년 6월

### 3 EU

#### 가. 5GPPP, 6G Flagship 프로젝트 추진

##### □ 3GPP를 계승하는 5GPPP를 구성하고 6G Flagship 프로젝트를 통해 기술개발과 동시에 유럽 전역에서 거점 선정·실증하여 상용화를 준비

- 2030년 6G 생태계 조성을 목표로 핀란드 오울루 대학 주도로 2018년부터 “6G Flagship 프로젝트”를 진행 : 8년(2018~2025년)간 약 3,000억 원 규모
  - 오울루·알토대학, 핀란드 기술연구센터, 기업체(노키아, 인터디지털 등) 간 협업체계를 구성, 내재화된 보안기술 기반의 6G 연구개발 착수
  - ※ 핀란드 학술원(Academy of Finland)의 후원을 받은 프로그램으로 예산은 ‘오울루 대학교 자체 펀딩기금 + 핀란드 학술원 지원 + EU 연구기금’으로 구성
- UN SDG 및 비즈니스 연계, 원격지 접속, 네트워킹, 머신러닝, 엣지통신, 보안, 센싱 등 6G 관련 12개 분야 주제에 대해 30개국 100개 기관 250명의 전문가 그룹이 참여하여 백서 발간

표 8 6G Flagship 프로젝트 주요 보고서

아키텍처 기술		주요 내용
1	6G 핵심 동력과 연구과제 (세계 최초 6G 백서, '19.9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사회 및 비즈니스 측면의 6G 추진 동력</li> <li>• 6G 활용 사례 및 기기 형태</li> <li>• 6G 주파수 및 성능 목표치</li> <li>• 무선 하드웨어의 개발 진전을 위한 과제</li> <li>• 신규 서비스 인에이블러(enabler)</li> </ul>
2	6G 촉진제와 UN 지속가능발전 목표에 관한 백서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지식 확산 및 혁신 촉진을 위한 정치, 교육, 경제, 자연환경, 미디어 문화 관련 공공 시스템 분야에서 6G의 역할 전망과 과제</li> <li>• UN SDG 달성을 위한 6G의 역할과 과제</li> </ul>
3	6G 비즈니스 백서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6G 비즈니스 시나리오 분석: 사용자 경험/비즈니스/지속가능성의 3가지 테마를 토대로 수요·공급 동력과 경제발전 양상의 두 가지 축으로 분석</li> </ul>
4	6G 검증 및 산업계 시범사업 백서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제조·교통·의료·에너지·금융·공공안전·농업 등 수직 분야의 6G 응용 서비스와 요구사항 정의</li> </ul>
5	6G 기반 원격지 접속 백서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 격차 해소의 일환으로 원격지·오지 주민들을 위한 6G 네트워크 인프라 활용 가능성 검토</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지상파 백홀 네트워크, 지상파/비지상파 솔루션, 주파수 이슈 등을 분석</li> </ul>
6	<b>6G 네트워킹 백서</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5G 이후의 네트워크 진화와 관련된 네트워크 기술 특징을 분석하고 전망</li> <li>• 6G 네트워크를 구성하는 주요 기술과 고정밀 종단 간 원격 측정 (telemetry) 등의 서비스 요구사항 분석</li> </ul>
7	<b>6G 머신러닝 백서</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 머신러닝이 다양한 네트워크 층위별 무선통신 시스템에 미칠 영향에 관해 검토</li> <li>• 머신러닝 활용이 가능한 소형무인항공기(UAV) 등 다양한 무선통신 환경 제시</li> </ul>
8	<b>6G 엣지 인텔리전스 백서</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT에서 인텔리전트 IoT로 진화하는데 필요한 높은 수준의 신뢰·효율·복원력·보안을 갖춘 6G 엣지통신 개발 방안 제시</li> <li>• 이 과정에서 AI는 무선통신 노드 상에서 다양한 서비스와 고품질의 QoS 기능을 제공</li> </ul>
9	<b>트러스트·보안·프라이버시 분야 6G 연구 과제 백서</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안정적인 6G 구현을 위한 기술요소로서 트러스트·보안·프라이버시 분야 각각의 기술 과제 정의</li> </ul>
10	<b>6G 브로드밴드 접속성 백서</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6G 무선 시스템 기반 브로드밴드 활용사례별 기술 요구 사항 정의</li> <li>• 지상파·위성·네트워크 등 다양한 네트워크 기술 간 인프라, 주파수, 프로토콜·알고리즘 통합 방안 제시</li> </ul>
11	<b>6G 크리티컬 매시브 머신 통신 백서</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대규모(massive) 사물통신 네트워크(MTC: Machine Type Communications)에 최적화된 6G 네트워크의 발전 요인과 요구사항 분석</li> <li>• 다양한 유형의 MTC 구현을 위한 연구 방향성 제시</li> </ul>
12	<b>6G 기반 로컬라이징·센싱 연구 백서</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인텔리전트 상황 인식 네트워크 및 애플리케이션에서 필요로 하는 6G 통신시스템 로컬라이징과 센싱 기능 주요 특징 분석</li> </ul>
13	<b>6G RF 백서</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6G 시스템 및 스펙트럼 고려사항 및 잠재적 응용</li> </ul>

\* 출처: 핀란드 오울루대학 6G Flagship 프로젝트 홈페이지, <https://www oulu.fi/6gflagship/6g-white-papers>

### 나. EU 內 산·학·연, 6G Hexa-X 프로젝트 추진

#### □ 2030년 상용화를 위해 6G 시스템 비전, 핵심기술 및 서비스 모델 개발을 위한 Hexa-X 프로젝트를 출범('20.12월)하고, 6G 표준기술 선점 목표

- Hexa-X는 EU 차원에서 진행되는 연구 중심이던 6G 플래그십 프로젝트를 확장하여, 민간기업까지 참여해 진행되는 대규모 프로젝트
- 참여기관: 노키아와 에릭슨, 오렌지, 텔레포니카, 인텔, 지멘스, CEA, 핀란드 오울루 대학, 이탈리아 피사 대학 등

□ Hexa-X의 6G 비전을 살펴보면, 6G를 통해 현실 세계(Physical world)와 인터넷 중심의 디지털 세계(Digital world), 인간 신체(Human world)를 연결하는 것을 목표로 하고 있음

- 이를 위한 6G의 3대 핵심가치로 Trustworthiness, Sustainability, Inclusion을 제시
- Trustworthiness: 신뢰가치(信賴價値), 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)는 사이버 물리 시스템(Cyber Physical System) 프레임워크에서 여러 가지 신뢰 특성 요소 전체를 신뢰가치(Trustworthiness)라는 상위 개념으로 정의
  - Trustworthiness를 위해 갖추어야 할 세부 요소로는 보안성(security), 안전성(safety), 신뢰성(reliability), 개인정보보호(privacy), 가용성(availability), 투명성(transparency), 무결성(integrity), 복원력(resilience) 등이 포함
- Sustainability : 지속가능성. 생태계가 미래에도 유지할 수 있는 제반 환경이란 의미로 6G 생태계를 구성하는 요소들의 미래 발전·유지 가능성을 강조
- Inclusion : 포용, 최근 ESG(Environmental, Social, and Governance) 경영과 같은 사회적인 가치를 강조한 특성

그림 7 Hexa-X 6G Vision 및 6대 개발영역(research challenges)



\* 출처: EU Hexa X Deliverable D1.1, 6G Vision, use cases and key societal values, 2021년 2월

○ Hexa-X 프로젝트는 30개월의 기간 동안 9개의 작업패키지로 구성되어 있음

\* 주요 기술 내용은 분량 관계로 별도로 정리하지 않고 원본 보고서(Hexa-X D1.1) 참조

#### 다. 독일, 통신장비 산업 육성 투자 프로젝트

- 2021년 2월, 독일은 중국 Huawei(스웨덴 Ericsson, 핀란드 Nokia) 같은 시장 지배적기업의 영향력에서 벗어나고, 자국 통신장비업체의 발전을 촉진하기 위한 20억 유로의 대규모 투자계획을 발표
  - (필요성) 향후 독일/유럽의 경제번영과 산업 경쟁력은 6G와 같은 새로운 통신기술의 습득에 달려 있다고 주장 → 국가/유럽 차원에서 정치/산업적 공약의 추진 중요성을 강조
  - (투자내용) O-RAN 기술 3억 유로, 6G 연구 허브에 2억 3,300만 유로, 5G 네트워크 확장 및 서비스 활성화에 2억 5,000만 유로, 반도체 경쟁력 확보 5.5억 유로 등
  - (기대효과) O-RAN과 6G 이동통신 관련 자국 내 산업 생태계를 구축



## 4 미국

### 가. DARPA, 6G 테라헤르츠 대역 활용기술 연구센터(ComSenTer) 운영

□ DARPA를 통해서 6G 원천특허 확보 및 차별화를 위해 THz 대역 활용기술 연구센터(ComSenTer)를 운영하며, 5년간 THz 관련 R&D에 총 2,750만 달러를 투자

\* ComSenTer : Center for Converged TeraHertz Communications and Sensing

- (목표) 100GHz~1THz 주파수를 활용하여 높은 데이터 용량을 처리하는 이동통신 시스템과 높은 해상도를 가지는 소형 무선 영상 시스템 개발을 주요 목적으로 함
  - 센티미터 단위의 위치 정확성 구현(자율주행), 초저지연 데이터 처리(원격 실재), 초고해상도 이미징 처리(VR/AR) 등 데이터 프로세싱 기술개발 추진
  - 세부 연구 항목은 총 6개(베이스밴드 처리 알고리즘 및 아키텍처, 초고속 네트워크 프로토콜, 압축 이미지 시스템용 하드웨어, mmWave Mesh 네트워크 설계, Massive MIMO 및 THz 센싱을 위한 신호처리, THz 채널 모델링)로 구성
- (참여대학) 10개의 대학이 참여하여 연구 수행 중, UC Berkeley, UC Santa Barbara, UC San Diego, Cornell Univ. MIT, NYU, Stanford, UT Dalas, Univ. of Southern California, Columbia Univ. 등

표 9 6G 테라헤르츠 대역 활용기술 연구센터(ComSenTer) 연구개발 현황

연구 항목	개발 목표	성과	리더
베이스밴드 처리 알고리즘 및 아키텍처	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mmWave 및 THz MIMO 시스템에서 베이스밴드 처리 문제를 해결하기 위한 알고리즘과 VLSI 구현을 다룸</li> <li>• 특히, 전력소비량, 처리량, 지연시간 제약 등을 고려해 하드웨어를 효율적으로 구현할 수 있는 솔루션 (채널추정, 데이터 검출, 디코딩 방법 등) 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 범스페이스 도메인의 sparsity를 활용한 효율적이며 저복잡도의 채널 추정 알고리즘, BEACHES 개발</li> <li>• 업링크 데이터 감지 및 다운링크 precoding의 속도와 전력 소비 감소 기법 개발</li> </ul>	크리스토퍼 스테더 교수 (Cornell Univ)
초고속 네트워크 프로토콜	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mmWave 하드웨어를 효율적으로 개발하고 통신 네트워크에 통합하기 위한 프로토콜과 시스템 아키텍처 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 페이지 접근 불가</li> </ul>	다니엘라 캐브릭 교수 (UCLA)
압축 이미지 시스템용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mmWave 영상 시스템의 강점을 보여줄 하드웨어 차량과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 130GHz 반송파 주파수로 작동하며 1m 거리에서</li> </ul>	아민 아르바비안



<p><b>하드웨어</b></p>	<p>데모 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 140GHz 이상의 주파수에서 확장가능하고 전력 효율이 높은 LOS MIMO 어레이를 위한 시스템 연구 및 개발</li> </ul>	<p>30Gbps 속도를 제공하는 환경에서 mmWave distribution link 측정 시스템 설계</p>	<p>교수 (Stanford Univ)</p>
<p><b>mmWave Mesh 네트워크 설계</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• THz 시스템의 MAC과 네트워크 분야 연구</li> <li>• P2P, 셀룰러, 메시, UAV 등 다양한 토폴로지 고려</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mmWave 파형 연구를 위한 ns-3 시뮬레이터(네트워크 blockage 및 코어네트워크 지연 모델링) 개발</li> </ul>	<p>선임 랭건 교수 (NYU)</p>
<p><b>Massive MIMO 및 THz 센싱을 위한 신호처리</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 140GHz 이상에서 확장가능하고 전력 효율적인 다중 사용자 대용량 MIMO 시스템 개발</li> <li>• 저비용 전치단을 활용한 가시거리 기반 THz MIMO 시스템 설계</li> <li>• 고해상도 THz 레이더에 대한 분산 감지 알고리즘</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 안테나 수 증가에 따른 RF 전치단의 선형성 요구 사항 완화 및 ADC 정밀도 감소보다 더 높은 수준으로 요구사항 감소</li> </ul>	<p>우파만유 마도우 교수 (UC Santa Barbara)</p>
<p><b>THz 채널 모델링</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 기하학적 구조와 배치를 고려한 저THz 대역 채널 전파 특성 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 거리에 걸쳐 실내 및 시나리오에서 채널 측정</li> </ul>	<p>안드레아스 F.몰리쉬 (Univ. of Southern California)</p>

\* 출처: IITP, 미국 6G 기술개발 현황, 2021년 10월

원 자료) 미국 SRC 홈페이지 - ConSenTer, <https://www.src.org/program/jump/comsenter/>

- (투자규모 및 방식) DARPA 40%, 민간기업 60%의 예산을 투입하여 공동 컨소시엄 형태 운영 → THz 관련 원천기술을 무작정 확보하겠다는 것이 아닌, 민간기업의 철저한 수요에 기반하여 6G THz 원천기술을 개발하겠다는 전략으로 판단

#### 나. 미국통신산업협회(ATIS), 선도기업 중심의 NextG Alliance 출범

□ 2020년 10월 마이크로소프트와 페이스북, 버라이즌, 퀄컴 등 경쟁한 선도기업들이 참여한 'NextG Alliance'를 출범시키며 향후 10년간 6G의 미국 리더십을 확립하겠다고 선언

- (선도기업) 美 이동통신사(AT&T, Verizon, T-Mobile, US Cellular), 통신장비업체(에릭슨, 노키아, 삼성전자), 반도체업체(인텔, 퀄컴), 기타(Microsoft, InterDigital, Bell Canada 등)
- 향후 10년 6G R&D와 인프라 조성에 미국 기업이 글로벌 기업과 협력하여 영향력 확대

**표 10** NextG Alliance 워킹그룹 구성

워킹그룹	역할	의장
Application	<ul style="list-style-type: none"> <li>차세대 네트워크 인프라를 활용한 융합 애플리케이션을 식별하고 요구사항 분석</li> </ul>	LG전자 이기동
Green G	<ul style="list-style-type: none"> <li>이동통신 기술이 환경에 미치는 영향(탄소중립 등) 분석</li> </ul>	HPE 마리 폴 오디니
National 6G Roadmap	<ul style="list-style-type: none"> <li>6G 비전 및 국가 로드맵 수립</li> </ul>	Nokia 아미타바 고시
Social and Economic Needs	<ul style="list-style-type: none"> <li>6G 비즈니스의 사회·경제적 요구 사항 분석</li> </ul>	VMWare 제스아민 친
Spectrum	<ul style="list-style-type: none"> <li>주파수 수요 및 액세스 관리, 정책 권고</li> </ul>	MITRE 앤드류 티센
Technology	<ul style="list-style-type: none"> <li>6G 국가 로드맵에서 비전을 달성하는 필요한 기술 정의</li> </ul>	Qualcomm 권환준

\* 출처: 미국 NextG Alliance 홈페이지, [https://nextgalliance.org/working\\_group/national-6g-roadmap/](https://nextgalliance.org/working_group/national-6g-roadmap/)

**□ 6G 비전 수립 단계부터 글로벌 주도권 확보를 목표로 3대 전략 과제 제시 : ① 6G 국가 로드맵 수립 ② 6G 정책·예산에 대한 정부 우선순위 부여 ③ 글로벌 리더십**

- 2021년 10월, Next G Alliance는 국제 표준기구인 ITU-R에 「2030년 IMT 비전」에 대한 기고서를 제출하였음

  - 차세대 무선 인터페이스에 대한 권고사항인 IMT-2030에 대한 ITU-R 권고안을 구체화 하기 위함
  - ITU-R에 기여한 국가 6G 로드맵에 제시된 목표는 미래 네트워크에 대한 제품, 운영 및 서비스 권고와 함께 향후 글로벌 표준으로의 계기 마련
  - 신뢰, 보안 및 탄력성의 향상, 네트워크 아키텍처의 모든 측면에서의 비용 효율성, 향상된 디지털 환경 경험, AI 네이티브 미래 시스템, 클라우드 및 가상화 기술을 기반으로 구축된 분산 컴퓨팅 및 통신시스템 등 내용 포함

## 5 한국

### 가. 과학기술정보통신부, 6G 연구개발(R&D) 전략 발표 및 세계 최초 상용화 추진

□ 과학기술정보통신부는 심화되는 글로벌 기술경쟁 속에서 미래 네트워크 주도권을 선점하고, COVID-19 이후 가속화되는 비대면·디지털화에 대응, 미래 新산업의 성장 기반을 마련하고자 '6G R&D 전략'을 발표

\* 6G 시대를 선도하기 위한 미래 이동통신 R&D 추진전략(안), 2020년 8월

● 5G에 이어 세계 최초 6G 상용화를 목표로 원천기술에 대한 선제적 개발 및 국제 표준화 선도, 핵심 장비·부품 국산화를 위한 R&D 전략 수립

● 6G 상용화가 10년 뒤인 '28~'30년경 시작될 것으로 예상되는 점을 고려하여, 연구 개발 사업을 2단계\*로 나누어 외재적 요인에 대한 불확실성에 유연하게 대응

\* (1단계) 핵심 기술개발('21~'25, 5년간), (2단계) 상용화 지원('26~'28, 3년간)

● 고위험 6G 원천기술 확보를 위해 '21년부터 5년 간 2,000억 원을 투자, 6G 국제표준 선점과 산업 생태계 강화로 글로벌 시장 주도권 확보, 설계단계부터 보안을 고려하는 6G 보안 내재화 기술개발 병행

### 나. 삼성전자, 6G 핵심기술 전망 및 테라헤르츠 시연 성공

□ 2020년 7월, 삼성전자가 2030년 6G 이동통신을 본격적으로 상용화하겠다는 계획을 발표하고 R&D 및 상용화 준비에 착수

● 삼성리서치 산하에 차세대통신연구센터를 설립하고 6G 선행기술 연구를 진행 중이고, 6G 글로벌 표준화를 주도할 계획

□ 2020년 7월, 2028년 6G 상용화를 전망하며 6G 기술 특성, 주요 트렌드, 대표 서비스, 후보 기술 등을 제시한 6G 백서를 7월 공개

● (6G 시대 주요 트렌드) 커넥티드 기기의 폭발적인 증가, AI 활용 통신 기술 확대, 개방형 협업을 통한 통신망 개발, 통신 기술을 활용한 사회적 격차 해소와 지속 가능한 발전 등

● (6G 대표 서비스) 초실감 확장 현실(Truly Immersive XR(eXtended Reality)), 고정밀 모바일 홀로그램(High-fidelity mobile hologram), 디지털 복제(digital replica) 등

● (6G 후보 기술) 6G 요구사항을 충족시키기 위해 연구가 필요한 후보 기술로 THz 주파수 대역 활용을 위한 기술, 고주파 대역 커버리지 개선을 위한 새로운 안테나

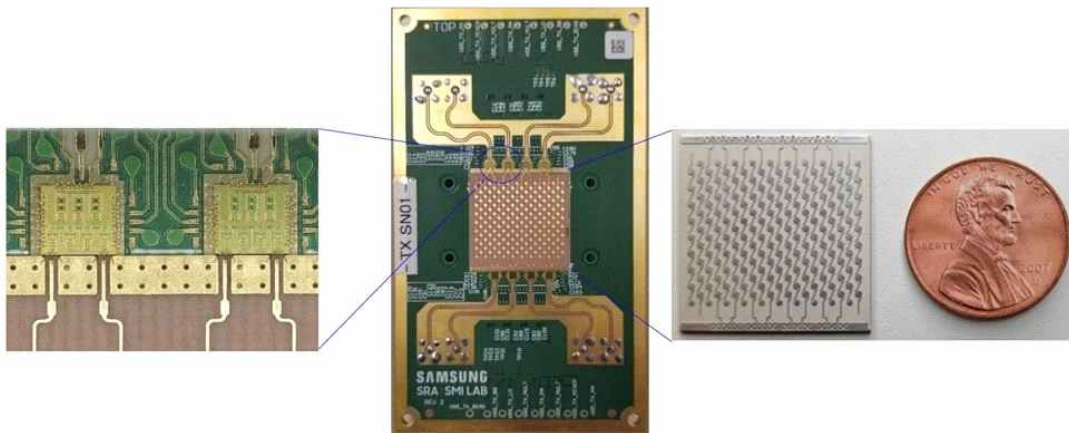
기술, 이중화(duplex) 혁신 기술, 유연한 네트워크 구성, 위성 활용 등 네트워크 토폴로지 혁신 기술, 주파수 효율을 높이기 위한 주파수 공유 기술, AI 적용 통신 기술 등

- 그 밖에 6G 시대가 되면 스마트폰뿐만 아니라 증강현실(AR) 안경, 가상현실(VR) 헤드셋, 홀로그램 기기 등 다양한 기능을 가진 디바이스가 연결돼 완전히 새로운 경험을 할 수 있고, 집이나 공장 혹은 도시 전체를 3차원 가상공간에서 똑같이 재현할 것이라 전망

#### □ 2021년 6월, 삼성전자는 미국 UCSB와 협업 테라헤르츠 대역 통신시스템 시연에 성공

- 삼성리서치, 삼성리서치 아메리카(SRA), 미국 산타바버라캘리포니아주립대(UCSB) 연구진은 140GHz를 활용하여 15m 떨어진 거리에서 6.2 Gbps의 전송속도를 시연
- 삼성전자와 UCSB 연구진은 RFIC, 안테나, 베이스밴드 모뎀까지 통합\*하여 실시간 전송 시연에 성공함으로써 6G 상용화를 위해 해결해야 할 테라헤르츠 대역의 높은 경로 손실과 낮은 전력 효율 등 기술적 난제 극복에 의미 있는 진전을 이루었음
  - \* LTE와 5G에서 널리 사용되고 있는 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor) 공정 기반 RFIC과 이를 통해 구동되는 128개 안테나 소자가 배열된 송신기와 수신기 모듈, 실시간 고성능 빔포밍을 지원하는 모뎀을 구성해 시연을 성공
- 기존 THz 대역 시연은 RFIC 또는 모뎀 역할을 하는 계측 장비와 안테나만을 이용해 데이터를 전송하는 방식이었음

그림 8 삼성전자 6G 테라헤르츠 통신시스템 시연 모듈



주) 16채널 140GHz 모듈(가운데)과 이를 구성하는 이중채널 RFIC(왼쪽)과 128개 안테나 소자(오른쪽)

\* 출처: 삼성 뉴스룸(<https://bit.ly/3zqLF5D>), 2021년 6월



### Ⅲ 결론 : 시사점 및 제언

- **선도국들의 6G R&D 전략은 정부가 확실히 정책적으로 지원하겠다는 추진 의지 표명을 넘어, 6G 기술·시장에 대한 구체적이고 실효적인 선도 계획을 보유**
  - (실효적 방안 모색) 실제 6G 기술·시장을 선점할 수 있도록 민간 생태계와 협력, 해외 기업과 제휴 등 유효적인 정책 방안 모색
  - 6G 기술혁신 생태계에서 민간·정부의 역할 구분 및 현실적 정부 지원 정책 제시 노력
- **(전략 로드맵) 주요국들의 선도 계획은 다음 7가지 전략으로 종합되며, 연구개발 (R&D)부터 상용·융합서비스까지의 7가지 전략이 순차적으로 진행될 것임**

1. 6G 정부 R&D 투자 효율성, 파급 효과성 최대화
2. 초기 단계부터 6G 국제 표준화 주도, 표준 특허 및 지적재산권 확보
3. 자국 중심의 6G 산업 생태계 구축
4. 부족한 부문은 해외업체와 전략적 제휴를 통해 실질적 효과 제고
5. 차세대 네트워크에 대한 조기 실증 및 최고 수준의 상용 망 구축
6. 혁신적이고 수익성 높은 미래 어플리케이션 창출
7. 세계 6G 통신서비스, 장비, 융합서비스 시장 선점

- **선도국 6G R&D 전략 및 프로그램을 분석한 국내로의 핵심 시사점은 다음과 같음**
  - (시사점 1) 위 7가지 단계별 전략을 종합적으로 반영한 6G 추진전략을 수립
  - (시사점 2) 6G 선행기술 개발을 현재보다 강화하여, 핵심 원천기술 경쟁력을 확보
  - (시사점 3) 실질적 효과 제고를 위해, 기술 생태계 내 정부/민간의 역할을 명확히 한 6G 추진전략 수립



## 참고문헌

### ○ 국내자료

- 과학기술정보통신부 (2020.08), 6G 시대를 선도하기 위한 미래 이동통신 R&D 추진전략(안).
- 산업연구원(KIET) 성장동력산업연구본부 (2020.03.), 주요국의 최근 정책동향, 미래전략산업 브리프 제12호.
- 정보통신기획평가원(IITP) 통신전파기획팀 (2021.07.), 6G 일본 동향 보고.
- 정보통신기획평가원(IITP) 통신전파기획팀 (2021.10.), 중국 6G 기술개발 현황.
- 정보통신기획평가원(IITP) 통신전파기획팀 (2021.10.), 미국 6G 기술개발 현황.
- 정보통신기획평가원(IITP) (2020.07.), ICT Spot Issue: 주요국 6G 주도권 선점 경쟁 본격화.
- 정보통신기획평가원(IITP) (2020.12.), ICT Brief: 일본 Beyond 5G 추진전략 실행 전담기구 본격 가동.
- 한국전자통신연구원(ETRI) (2021.10.), 글로벌 기술 패권 경쟁과 우리의 대응, 6G 대응 전략.

### ○ 국외자료

- 일본 총무성 (2020.04.), Beyond 5G 추진전략(개요).
- 일본 총무성 (2020.06.), Beyond 5G 추진전략(연구개발 전략).
- 일본 총무성 (2021.09.), Beyond 5G 연구개발 촉진사업 방침.
- 일본 정보통신연구기구(NICT) (2021.08.), Beyond 5G/6G White Paper.
- 중국 IMT-2000 Promotion Group (2021.06.), White Paper on 6G Vision and Candidate Technologies.
- 중국 IMT-2030 Promotion Group (2021.06.), 6G网络架构愿景与关键技术展望白皮书.
- EU Hexa X Deliverable D1.1 (2021.02), 6G Vision, use cases and key societal values.

### ○ 웹사이트

- 미국 NextG Alliance 홈페이지, [https://nextgalliance.org/working\\_group/national-6g-roadmap/](https://nextgalliance.org/working_group/national-6g-roadmap/)



미국 SRC(Semiconductor Research Corporation) 홈페이지 - ConSenTer,  
<https://www.src.org/program/jump/comsenter/>

삼성 뉴스룸 홈페이지 (2021.06.16.), <https://bit.ly/3zqLF5D>

핀란드 오울루대학 6G Flagship 프로젝트 홈페이지, <https://www oulu.fi/6gflagship/6g-white-papers>

---

## 저자소개

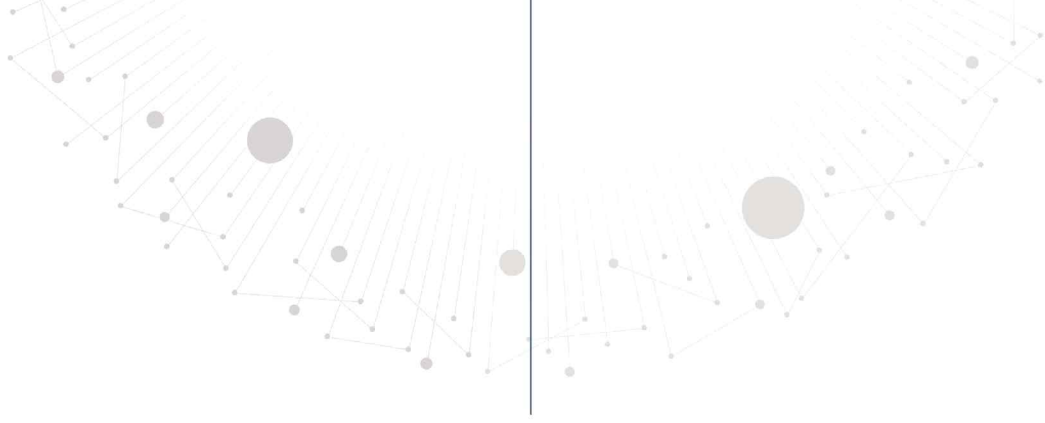
**송영근** ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 기술전략연구센터 책임연구원  
e-mail: iesong@etri.re.kr Tel. 042-860-1662

---

## 기술정책연구본부 기술정책 트렌드

**발행인** 이 지 형  
**발행처** 한국전자통신연구원 지능화융합연구소 기술정책연구본부  
**발행일** 2022년 06월 09일





www.etri.re.kr

본 저작물은 공공누리 제4유형:

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.



**ETRI** Electronics and Telecommunications  
Research Institute

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

