



# 차세대 네트워크(5G+) 기반 과학기술 특화연구망 기술 동향과 전망

김동균 · 조부승

디지털 대전환기에 5G 및 5GB(6G) 기술이 경제 성장의 신서비스 원천으로 작용함에 따라 과학기술계를 위한 첨단 무선망 기반의 과학기술디지털융합 생태계 구축이 요구되고 있다. 특히 점차 증가하는 다양한 과학기술 및 첨단무선 장치와 단말을 수용하고 새로운 서비스를 제공하기 위해 과학기술연구망의 첨단망 인프라 개발과 고도화 필요성이 대두되었다. 해외의 경우 미국과 유럽, 일본 등에서 국가적 과학기술디지털융합 프로젝트 및 첨단기술개발을 통해 5GB 및 6G 인프라 구축과 연구개발, 서비스 제공을 추진하고 있으며, 국내의 과학기술연구망을 이용하는 산학연 이용자들이 첨단무선망에 높은 관심과 수요를 제기하고 있는 상황이다. 이에 따라 본고에서는 과학기술연구망의 5G+ 기반 첨단무선망을 통한 특화연구망의 필요성과 해외 동향 및 기술개발 아이템을 분석하고, 도출된 결과를 바탕으로 향후 과학기술계 및 산업계의 디지털 전환 촉진과 공공·사회적 기여를 위한 개발 방향과 기대효과를 제안하고자 한다.

## CONTENTS

### 1. 5G+ 기반 과학기술 특화연구망의 필요성

- 과학기술연구망의 첨단융합서비스 기반 환경 구축
- 과학기술계의 첨단무선망 구축 및 활용 수요 대응
- 과학기술디지털융합 신서비스 발굴·제공 및 선도 산업 창출

### 2. 과학기술디지털융합 생태계를 위한 5G+ 기술개발의 해외 동향

- [미국] 국가지원 프로젝트 및 기술개발
- [유럽] 대형연구장비 및 범유럽연구망 중심의 기술 연구개발
- [일본] 국가연구소와 대학을 통한 첨단무선망 설계 및 구축 추진
- 5G+ 기술개발의 해외동향 시사점

### 3. 5G+ 과학기술 특화연구망 수요 기반의 기술개발 아이템

- 과학기술연구망 활용·협력을 위한 첨단무선망 수요 분석
- 과학기술연구망 기반의 수요 분석에 따른 5G+ 기술개발 아이템 도출

### 4. 5G+ 과학기술 특화연구망의 개발 방향과 기대효과

- 차세대 네트워크(6G) 핵심기술개발을 위한 선택과 집중
- 과학기술계 및 산업계의 디지털 전환 촉진
- 저비용·초고속·저지연 특화연구망을 통한 공공적 파급효과

# 1. 5G+ 기반 과학기술 특화연구망<sup>1)</sup>의 필요성

## ▶ 과학기술연구망의 첨단융합서비스 기반 환경 구축

- 과학기술연구망의 첨단무선망 서비스 부재에 따라 5GB(5G-and-beyond) 기반 인프라 구축 및 고도화 개발, 첨단융합서비스 환경 제공이 요구됨
- 차세대 무선망 인프라 및 첨단융합서비스 기반의 디지털 전환 가속화를 위한 첨단 무선 네트워크 인프라 구축·고도화와 관리·서비스 기술의 확보가 필요함(김영재, 2022)
  - 점차 증가하는 다양한 과학기술 및 첨단 무선장치와 단말을 수용하고 새로운 서비스를 제공하기 위해 과학기술연구망의 첨단무선망 인프라 개발과 고도화 필요성이 대두됨
  - 위치와 장소 및 장치에 구애받지 않는 5G/5GB 기반의 초고속·저지연·고대역 첨단무선망 인프라의 구축·제공이 필요함

## ▶ 과학기술계의 첨단무선망 구축 및 활용 수요 대응

- 최근 출연연·대학 등의 첨단무선망 인프라 구축 수요가 증가하고 있으므로 과학기술계를 위한 전용의 첨단무선망 구축 기술에 대한 개발 필요성이 제기됨
- 특히 고성능의 데이터 전송과 더불어 높은 보안 수준이 요구되는 첨단 무선 특화망 인프라의 구축 요구가 증가하고 있음(최영수, 2020)
  - 국가보안시설의 정보보호 및 로봇/장비의 제어 해킹 방지를 고려한 무선망이 필요하며(보안 보장 전용 첨단 무선망), 사고 현장의 상황 파악과 사고대응 로봇/장비 제어를 위한 다중 영상, 3차원 형상, 위치, 장애물 정보 등 대용량 정보의 원격 전송을 지원할 수 있는 첨단무선망이 요구됨(고속·대용량 첨단무선망)
  - 스마트랩/연구동, 스마트팩토리(연구제조시설), 스마트캠퍼스 등을 위해 성능과 보안이 보장되고 동적 망 분리(네트워크 슬라이싱) 가능한 차세대 무선통신망이 요구됨(김영재, 2022)
  - 첨단응용연구자, 첨단과학기술장비, 연구망 이용자 등을 위한 주요 과학기술연구데이터 대상의 보안 보장형 첨단 무선 특화연구망 인프라의 구축이 필요함

## ▶ 과학기술디지털융합 신서비스 발굴·제공 및 선도산업 창출

- 5G/5GB 에지컴퓨팅, 사이버보안, 증강/가상/확장현실(AR/VR/XR), 메타버스, 디지털트윈, AI 등 차세대 융합서비스 창출 및 제공이 필요함(정우기, 2022)

1) 5G+ 과학기술 특화연구망 : 과학기술연구 및 디지털융합에 특화된 5G+ 기술 기반의 연구망을 의미하며, 기존의 과학기술연구망이 제공하는 첨단 유선망 인프라와 통합 가능한 소프트웨어 중심의 무선접속망 인프라/연구개발/서비스를 포함함

- 국가적 사업인 이음 5G, 5G-Advanced, 6G 기반의 밀리미터파(mmWave/Sub-THz) 중심 고대역·고성능 무선망 활용이 가능한 신규 응용 및 킬러 애플리케이션 부재<sup>2)</sup>에 따른 국가연구망의 선도적 역할이 요구됨
- 대부분의 실험실 장치가 유선망을 통해 연결되어 있는 상황에서 실험실 환경의 복잡도 증가 및 이동 한계 등의 문제가 발생하므로 이를 해결하기 위한 첨단무선망 인프라 구축/개발과 신규 응용(스마트 연구실 등) 및 서비스 발굴이 필요함
- 첨단스마트실험실(원격/가상 디지털트윈 실험실), 첨단대형연구장비(ITER, RAON 등), IoT 및 연구용 자율주행장치, 증강가상현실 기반 대용량 과학기술 (영상) 데이터 전송, 슈퍼컴/데이터센터 보조 네트워크, 실외 기기(기상, 센서 모듈 등) 네트워크 등을 위한 첨단무선망 연동 및 활용을 추진해야 함
- **디지털 전환의 완성을 위해 출연연, 대학, 산업체와 협력을 통한 5G+ 특화연구망 인프라 개발에 따른 과학기술계·산업계·공공부문 활성화를 모색해야 함**
  - 최근 데이터 보안의 중요성으로 정부는 관련 기술 확보를 위한 다양한 연구개발사업을 지원하고 있으며(한국데이터산업진흥원 데이터안심구역<sup>3)</sup> 등) 이에 따라 첨단무선망 기반의 보안 인프라 기술 확보와 서비스 제공이 필요함
  - 초고속·대용량 데이터 전송, 초저지연·우수한 보안 등의 서비스를 제공하는 첨단 무선 특화연구망 기술개발을 통해 산업계 및 공공부문의 가치 창출 인프라로서 활용이 가능해야 함
  - 5G/5GB, AI, 데이터의 D.N.A. 디지털융합 인프라 및 첨단 기술의 확보와 이전을 바탕으로 주요 산업 분야(제조업, 헬스케어, 운송, 농업, 보안/안전, 미디어, 에너지, 유통 등)의 디지털 전환과 경제적 가치 증대를 위한 협력이 필요함(DISTEP, 2023)

## 2. 과학기술디지털융합 생태계를 위한 5G+ 기술개발의 해외 동향

### [미국] 국가지원 프로젝트 및 기술개발

- **국립과학재단(NSF)의 지원을 통해 첨단무선망플랫폼(PAWR)<sup>4)</sup> 개발을 추진함**
  - 5G/5GB 및 첨단무선망 기술과 네트워크, 시스템, 서비스의 선도적 연구개발 및 연구시험을 위한 테스트베드 플랫폼을 제공함
  - 미국 내 4개 지역(클러스터)의 첨단무선망 프로젝트 기반 인프라 구축 및 연구개발시험, 소프트웨어 정의(Software-Defined) 테스트베드 플랫폼 구현을 통해 연구 주제 및 서비스를 차별화함(표 1, 그림 1)

2) KT, LG U+, SKT의 5G 밀리미터파 대역인 28GHz가 정부의 성과평가에 따라 회수된 상황이므로, 국가연구망 및 공공부문의 선도적 활용·확산을 통해 통신망 사업자 및 산업계를 위한 신규 응용·서비스 창출을 도모할 수 있음

3) 데이터안심구역은 미개방 데이터를 안정적으로 분석/활용할 수 있는 플랫폼으로, 쉽게 접할 수 없는 공공기관 및 민간기업의 미개방 데이터를 누구나 안전한 분석 환경에서 활용할 수 있도록 지원함, <https://dsz.kdata.or.kr/svc/main/main.do>

4) Platforms for Advanced Wireless Research, <https://advancedwireless.org/>

<표 1> 미국 NSF 지원 첨단무선망 연구플랫폼(PAWR)의 핵심 프로젝트 추진 현황

프로젝트	주요 참여기관	추진 목적
POWDER <sup>5)</sup>	유타대학, 라이스대학 등	캠퍼스 기반의 과학기술융합 첨단무선망 기술개발 및 테스트베드 구축·개발
COSMOS <sup>6)</sup>	실리콘 할렘, 뉴욕시립대학, 아리조나대학 등	뉴욕시 중심의 5G/6G 기반 차세대 유무선 통합 네트워크 구축과 실증 수행
AERPAW <sup>7)</sup>	노스캐롤라이나 주립대학, 노스캐롤라이나 연구센터, 미시시피 주립대학 등	무인항공기 및 시스템, 28GHz/60GHz 등 밀리미터파 첨단무선기술 등의 연구 수행
ARA <sup>8)</sup>	아이오와 주립대학, 아메스시, 농장 및 지역 커뮤니티 등	스마트팜을 위한 첨단무선망 기반 실시간·고성능 로봇 운용·모니터링, 저지연 농업/경작 자동화 연구 등

<그림 1> 미국 PAWR의 4개 프로젝트 기반 구축 및 개발 방향



● 에너지부(DoE) 지원 에너지과학연구망(ESNET)<sup>9)</sup>의 “과학기술기반 5G 혁신 네트워크” 인프라 구축 및 개발이 추진됨(P. Beckman et al. 2020)

- 5G, 밀리미터파 첨단무선망 인프라 구축 및 기술개발을 통해 첨단과학기술장비, 대규모 분산 센서 네트워크, 지능형 IoT, 슈퍼컴 연동 네트워크를 구축하여 과학기술연구 및 디지털융합 인프라의 고도화·혁신을 추진함
- ESNET 기반의 첨단무선망 중심 과학기술 테스트베드 구축 필요성에 따라 핵심연구개발 기술을 도출함 : 에너지 절감 에지컴퓨팅 및 AI 기술, 고대역/저지연 원격 실험환경 구축 및 고성능 데이터 수집/분석기술, 극한 환경/오지 무선 센터 네트워킹 및 저궤도 위성통신 기술, 과학기술응용 기반 오픈소스 시험 기술 등
- DoE는 ESNET 기반의 과학기술 첨단무선망 인프라 및 기술 연구개발 프로젝트를 선정·지원함(표 2)

5) Platforms for Open Wireless Data-driven Experimental Testbed, <https://powderwireless.net>  
 6) Cloud Enhanced Open Software-Defined Mobile Wireless Testbed, <https://cosmos-lab.org>  
 7) Aerial Experimentation and Research Platform for Advanced Wireless, <https://aerpaw.org>  
 8) Wireless Living Lab for Smart and Connected Rural Communities, <https://arawireless.org>  
 9) Energy Science Network, <https://www.es.net>

<표 2> 미국 DoE 지원 5G 기반 주요 과학기술디지털융합 프로젝트 현황

연구기관	프로젝트명	주요내용
브룩헤이븐 국립연구소 (BNL)	5G-enabled Reliable and Decentralized IoT Framework with Blockchain	5G 기반 보안 강화 분산 IoT 기술개발
아르곤 국립연구소 (ANL)	Wilbebeest: Migratory Computation for the Wireless 5G Digital Continuum	디지털융합을 위한 5G 무선접속망 기반의 Advanced-AI 기술개발
로렌스 버클리 국립연구소 (LBNL)	Large-scale Self-driving 5G Network for Science	과학기술융합을 위한 AI 기반 자율형 5G 네트워크 관리기술개발
퍼시픽 노스웨스트 국립연구소 (PNNL)	Energy FRAME: 5G Fabricated Resource and Asset Management Encompassment for Energy Infrastructure	에너지 자원 및 인프라의 5G 기반 효율적 관리기술개발
로스 앨모스 국립연구소 (LANL)	5G Drones: Real Time Data Assimilation to Transform Wildfire Predictability	5G 무인항공기술 기반의 실시간 재난 예측(산불 등) 기술개발

● 아르곤 국립연구소(ANL)<sup>10)</sup>는 첨단무선망 기술 및 과학기술응용연구에 대한 수요 분석을 수행함(정은성, 2022)

- 컴퓨터 분야 이외에 물리, 화학 등 다양한 과학기술분야의 연구수행에 따른 첨단무선망 활용 및 응용연구 수요를 분석함(그림 2)
- 유선으로 구성된 실험기구 및 설비의 복잡도 증가에 따른 다양한 문제 해결을 위해 첨단무선망 인프라 구축과 개발이 필요함
- 첨단 대형 연구장비(가속기, 슈퍼컴 등) 및 증강·가상현실 등의 첨단응용을 위한 무선 네트워크 기반의 대용량 데이터 전송 요구가 발생함
- 무선 기반의 실험장비 원격 제어 및 실외 기기와의 고성능·저지연 무선 데이터 교환 필요성과 강수량 측정을 위한 기상 센서 등 센서 네트워크 및 스마트시티, 스마트 연구실의 연구·실증 필요성을 도출함

<그림 2> 미국 ANL의 과학기술디지털융합을 위한 첨단무선망 요구사항 분석



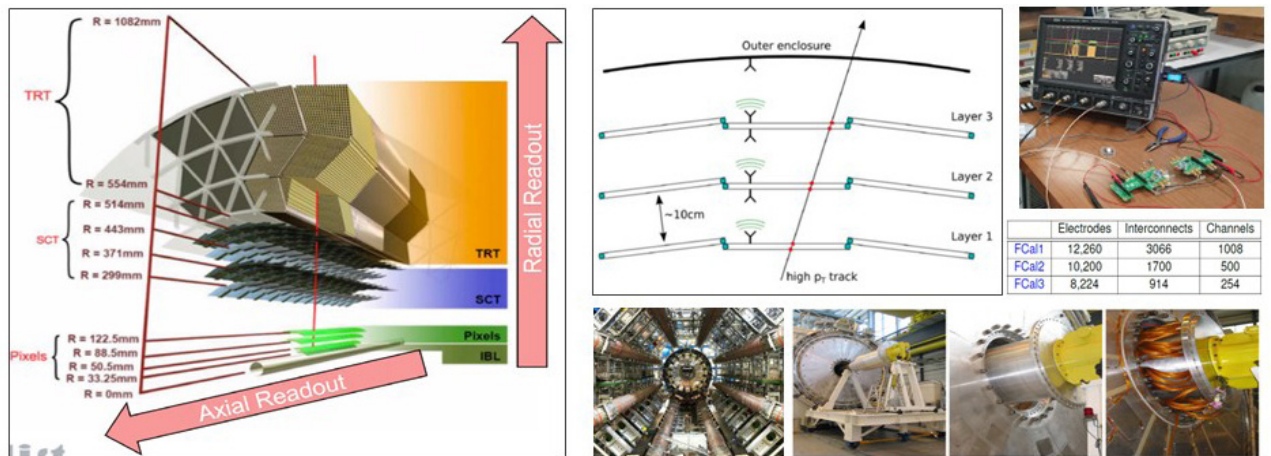
출처) 정은성(2022)에서 발췌 및 정리

10) Argonne National Laboratory, <https://www.anl.gov>

**[유럽] 대형연구장비 및 범유럽연구망 중심의 기술연구개발**

- WADAPT<sup>11)</sup> 컨소시엄은 대형 과학연구장비(CMS, ATLAS 등)를 위한 고대역 무선통신기술 연구를 수행함(그림 3)
  - 가속기, 검출기 등 거대실험장비의 유선 케이블링에 대한 비효율적 전송 경로를 개선하여 계층 간 방사상(Radial) 방향 무선 통신을 구현하고 유선 통신을 보완함
  - 과학실험장비의 대형화 및 정밀화에 따른 데이터 전송량이 증가하나 케이블 경로로 인한 설계 제한, 파손 위험, 높은 운영 비용 초래 등의 문제가 발생하므로 이에 대한 해결이 필요함
  - 유럽 중심 사업이나 미국, 아시아에서도 공동연구에 참여하여 CERN(스위스), Uppsala Univ.(스페인), CEA(프랑스), Wuppertal Univ./Bergen Univ./Hidelberg Univ.(독일), ANL(미국), Ganneng-Wonju Univ.(한국) 등이 협업 연구를 수행함

<그림 3> CMS와 ATLAS 기반의 첨단무선통신기술개발



CMS: 기존 Axial 방향 유선 연결을 Radial 방향으로 무선 대체

CMS와 ATLAS의 케이블링 현황 및 WADAPT 유사 실험환경 구축

출처) C. Dehos et al.(2020)에서 발췌 및 정리

- 범유럽첨단연구망(GEANT)<sup>12)</sup>은 첨단무선망 기반의 GTS(GEANT Testbed Service) 연구개발을 수행함
  - GEANT는 유럽 38개국의 첨단국가연구망 상호연동과 네트워크 및 테스트베드 서비스 제공을 위한 범유럽 연구망 인프라임
  - 기존 유선망 중심의 가상 네트워크 테스트베드 서비스를 5G 기반의 첨단무선망 서비스(EuWireless Service)로 고도화하기 위한 연구를 수행함(A. Rios et al., 2019)
  - 특히 GTS 가상화 테스트베드(GTS-virtualized Testbed)는 SDN 기반의 스토리지, 컴퓨팅, 스위치 자원을 거대 규모로 통합하여 고성능의 연구데이터 전송 환경을 제공하고자 함

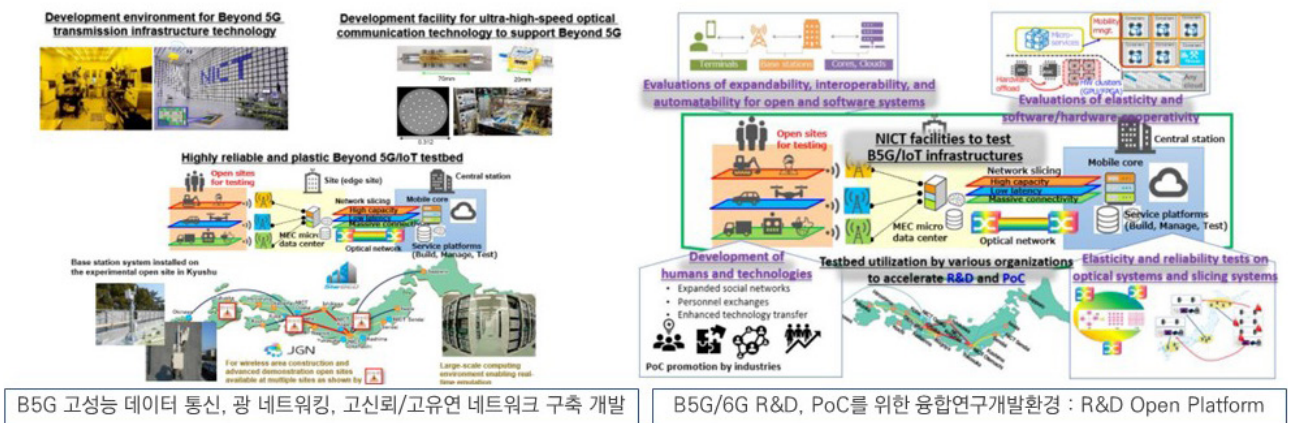
11) Wireless Allowing Data and Power Transmission, <https://indico.cern.ch/category/6640/>

12) Grand European Advanced Network, <https://network.geant.org>

**[일본] 국가연구소와 대학을 통한 첨단무선망 설계 및 구축 추진**

- 국가정보통신연구소(NICT)<sup>13)</sup>가 운영하는 JGN(Japan Gigabit Network)은 일본의 대표적 선도국가 연구망으로 “Ultra-high-speed R&D testbed”와 “StarBED(a large-scale emulation testbed)”를 통해 미래인터넷, IPv6 등 과학기술연구시험환경 및 글로벌 연동 서비스를 제공함(그림 4)
  - JGN 기반의 5G/6G 구축·개발을 통해 “R&D Open Platform”을 구현함으로써 CPS(Cyber-Physical System) 중심의 사회 문제 해결, 팬데믹 대응 사이버 가상 환경 구현, 차세대 모바일 통신 시스템 및 기술개발을 추진함
  - CPS 서비스는 스마트시티(AI 도심 트래픽 제어, 지능형 하천 관리, 사이버 학습, 원격 AI 의료, e-Commerce, 도심항공교통(UAM) 등), 스마트팩토리(로봇, 무인화/자동화 등), 엔터테인먼트(사이버 여행, e-Sports 등)를 포함함

<그림 4> 일본 국가연구망(JGN) 기반의 5G 인프라 구축 및 기술개발 현황



출처) NICT(2022)에서 발췌 및 정리

- 도쿄도립대학은 5G 특화망의 구축과 활용을 추진함(5G 특화망 가이드라인, 2021)
  - 도쿄도립대학은 도쿄 미나미 오사오 캠퍼스와 히노 캠퍼스에 5G 특화망을 구축하고 5G를 활용한 연구 및 실증 실험의 성과를 사회에 환원하기 위해 민간·산·학 공동 연계를 통한 스마트 도쿄 구현을 추진함
  - 과학기술과 디지털융합을 통한 주요 응용 사례로 카메라/센서를 내장하여 이동체나 장애물을 지연 없이 실시간으로 인식 가능한 AI 휠체어 시스템, 실시간 무선 멀티모달(인간 중심형 오감 인터페이스 기반) 센싱, 통신자원의 이용 효율 극대화를 위한 모바일 네트워킹 등이 있음

13) National Institute of Information and Communications Technology, <https://www.nict.go.jp>

## 5G+ 기술개발의 해외동향 시사점

### ● [미국] 국립과학재단은 첨단무선망플랫폼(PWAR) 인프라/연구개발/서비스를 추진함

- PWAR 프로젝트의 경우 국가연구소, 대학, 산업체가 참여하는 산학연 연합체를 통해 4개의 지역 클러스터 기반의 인프라를 구축하여 기술개발과 적용 및 서비스를 동시에 추진함
- ▶ [시사점] 산학연과 협력하여 기술개발과 응용 별로 특화된 클러스터 기반의 인프라 구축 및 개발을 진행하고, 추후 서비스 역시 특화된 형태로 고도화할 필요성이 있음
- ESNET의 경우 첨단과학기술장비, 슈퍼컴 등의 연동 네트워크를 첨단무선망으로 구축하여 과학기술연구 및 디지털 융합 인프라의 고도화와 혁신을 추진함
- ▶ [시사점] 국가연구망인 KREONET 역시 다양한 국내의 대형 및 첨단과학기술연구장비와 슈퍼컴퓨터를 연계할 수 있는 첨단무선망 기반 특화연구망의 연구개발을 수행하여 과학기술디지털융합생태계 구축에 기여해야 함
- ANL 등의 국가연구소는 컴퓨터 분야 외에도 물리, 화학 등 다양한 과학기술분야의 연구수행에 따른 첨단무선망 활용 및 응용연구 수요를 제기하고 있음
- ▶ [시사점] 기존 ICT 응용뿐만 아니라 다양한 과학기술분야의 첨단과학기술응용으로 대상을 확대하고 과학기술 특화연구망의 활용 분야를 다각화해야 함

### ● [유럽] 대형연구장비 및 범유럽연구망 중심의 기술연구개발이 추진됨

- WADAPT 컨소시엄은 첨단가속기(CMS, ATLAS 등)에 대한 고대역 무선통신기술 연구를 수행하고 있음
- ▶ [시사점] 국내의 경우 중이온가속기 등 유사한 첨단연구환경이 존재하므로 유럽의 사례를 충분히 참조하여 기술개발과 서비스를 추진할 필요성이 있음
- GEANT는 기존 유선망 중심의 연구망 인프라를 첨단무선망과 융합한 형태로 고도화 개발하고자 하며, 고성능의 소프트웨어 중심 연구데이터 전송 환경을 구현하고 있음
- ▶ [시사점] 특화연구망의 경우 유사한 접근 방안을 통해 유무선통합망 인프라를 구축하고 SDN 등 소프트웨어 정의 네트워크를 활용한 유연하고 동적인 기술개발과 서비스 제공을 고려해야 함

### ● [일본] 국가연구소와 대학을 중심으로 첨단무선망 설계 및 구축개발을 수행함

- JGN은 5G/6G를 통해 연구개발을 위한 개방형 플랫폼을 구현하여 스마트시티, 스마트팩토리, 스마트의료, 엔터테인먼트 등 다양한 분야로 확대할 계획을 가지고 있음
- ▶ [시사점] 장기적으로 5G+ 특화연구망 인프라를 플랫폼으로 고도화할 계획을 세우고 이를 실현하기 위한 역량을 쌓아 나가야 할 것으로 보이며, 연구망 커뮤니티를 넘어서 범국가적인 사회경제적 측면의 기여 방안을 수립해야 함



### 3. 5G+ 과학기술 특화연구망 수요 기반의 기술개발 아이템

#### 과학기술연구망 활용·협력을 위한 첨단무선망 수요 분석

- 과학기술연구망 이용기관(출연연, 대학 등)은 5G+ 특화연구망 서비스에 대한 주제 선정과 연계 서비스의 구체화 및 공유 필요성, 첨단무선망 기술개발 및 응용, 서비스에 대한 사례 도출과 공유를 요청함(그림 5)
  - 5G 특화망 등 첨단무선망 기술에 대한 관심도는 높으나 자체 인력 및 신기술 수요에 따라 과학기술연구망의 첨단무선망 구축 기술에 대한 지원 요구가 증가함
  - 연구망 이용자의 경우 복잡하고 관리가 어려운 상용 통신망 수준의 무선 인프라 구축 보다 낮은 비용으로 효율적 관리가 가능한 첨단무선망의 구축을 선호함

<그림 5> 과학기술연구망 기반의 첨단무선망 수요조사(1차, 30여 개 기관, 2022)



2022년도 하반기 과학기술연구망실무자협의회 개최(6/30-7/1) 및 "5G 특화망 기반 연구망 활용 기술" 발표/토의에 따른 다양한 의견 수렴



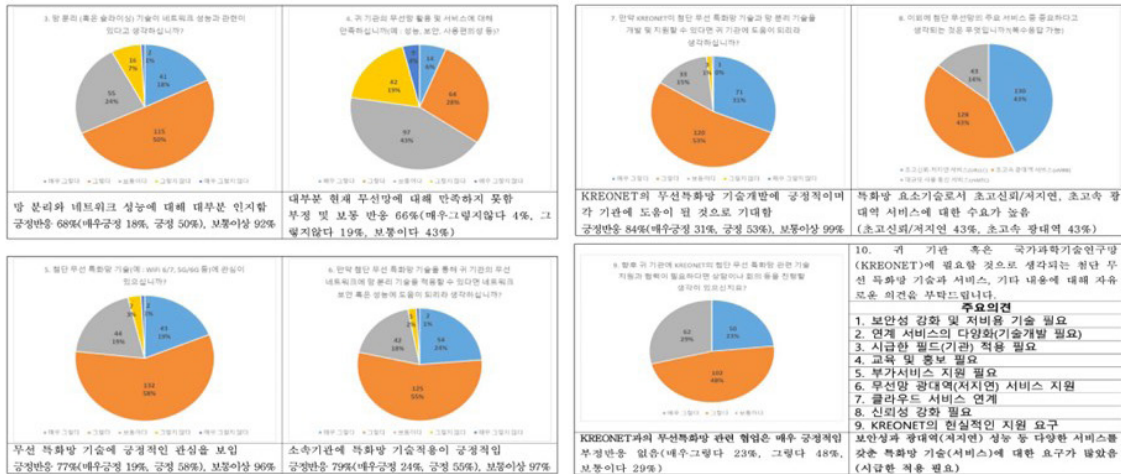
2022년도 과학기술연구망 지역망센터 운영위원회 개최 및 수요조사(8/18-8/19)

2022년도 과학기술연구망 실무협 수도권 WG 간담회 개최 및 수요 조사(7/19)

- 저비용·경량화 첨단무선망 구축기술 및 고보안·저지연·고대역 무선 네트워크 기술지원/서비스 요구 사항이 도출됨(그림 6)
  - (보안 요구사항) 과학기술연구망의 5G+ 특화연구망에 대한 보안 기능 확보 필요성, 보안 이슈에 대한 많은 연구와 논의 필요성, 서비스 안정성 등을 요구했으며, 이에 더하여 첨단무선망에 대한 안전하고 편리한 관리 환경 제공, 신뢰성 높은 무선 서비스 제공, 보안 기술을 탑재한 무선망의 필요성 등을 제기함
  - (저비용/초고속/고성능 요구사항) 개별 기관의 무선망 구축에 고비용이 소요되는 어려움이 있으므로 저비용의 첨단무선망 서비스가 가능한 특화연구망의 보급과 기술개발을 위해 과학기술연구망 차원의 (구축기술) 지원을 요구했고, 더하여 저비용 기술개발과 적용을 위한 비면허대역 기반의 대용량 무선전송기술 개발 필요성과 유선망 수준의 초고속 광대역 서비스 필요성 등의 요구사항이 도출됨

- (기타 기술개발 및 활용·확산 요구사항) 외부에서 사용이 용이한 API의 제공 필요성, 고정밀도 위치 측위 기술 연동 서비스 개발 필요성, AI/기계학습 연계성, 패킷 분석 기술의 공유, (활용을 위한) 교육 및 홍보의 중요성, 첨단무선특화망의 빠른 확산 기대 등의 의견을 제기함

<그림 6> 과학기술연구망의 첨단무선망 수요조사(2차, 229명, 2022)

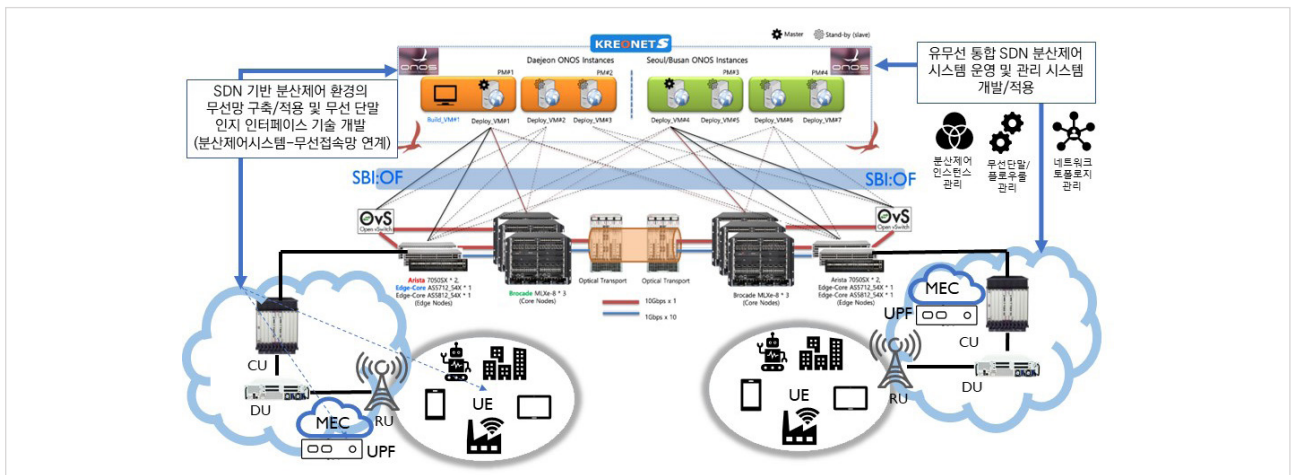


## 과학기술연구망 기반의 수요 분석에 따른 5G+ 기술개발 아이템 도출

### ● 5G+ 기반의 과학기술 특화연구망 인프라 구축기술 개발을 추진함

- 면허대역 및 차세대 ISM 대역(비면허대역) 기반의 고성능 밀리미터파 중심 첨단무선망 인프라 구축 및 시험을 추진함(저비용·고성능 인프라 구축기술)
- 특화연구망의 무선 단말을 위한 유무선 통합 자동화/지능화 네트워크 슬라이싱 기술개발 및 적용을 수행함(고보안·고성능 첨단무선망 기술)
- SDN 기반의 유무선 통합 분산제어 및 관리환경 구축/개발을 추진함(그림 7)

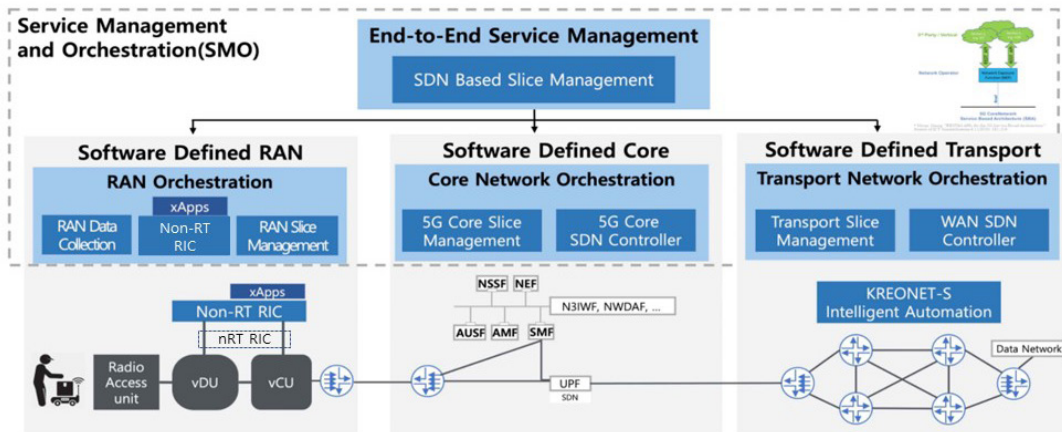
<그림 7> 서비스 고가용성 제공을 위한 유무선 통합 분산제어 관리환경 개발



● 저비용·경량화·지능화 첨단무선망 서비스 기술 및 관리기술을 개발함(그림 8)

- 개방형 SD-RAN(Software-Defined Radio Access Network) 및 경량화 SD-Core (Software-Defined Core Network) 관리기술개발을 추진함(저비용 관리기술개발)
- 오픈소스 기반의 지능형 제어기술(RIC) 개발을 추진함(자동화/지능화 기술개발)
- 5G/5GB 에지컴퓨팅 기반의 첨단무선특화연구망 서비스 기술을 개발함(첨단응용확산)

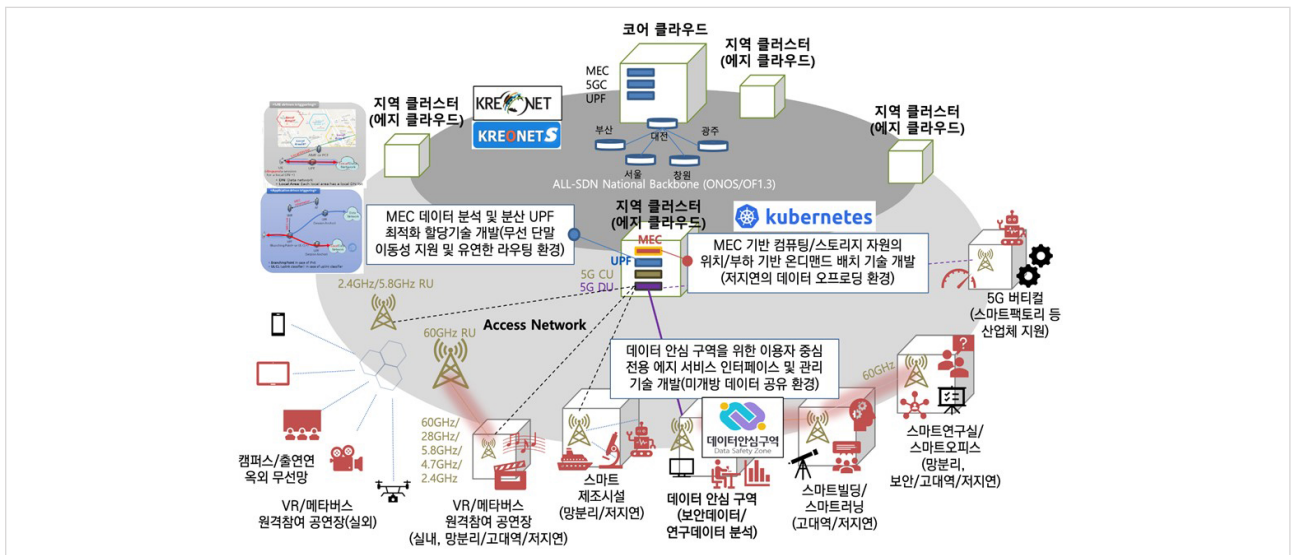
<그림 8> 소프트웨어 기반의 경량형 5G+ 액세스/코어망 구조(안)



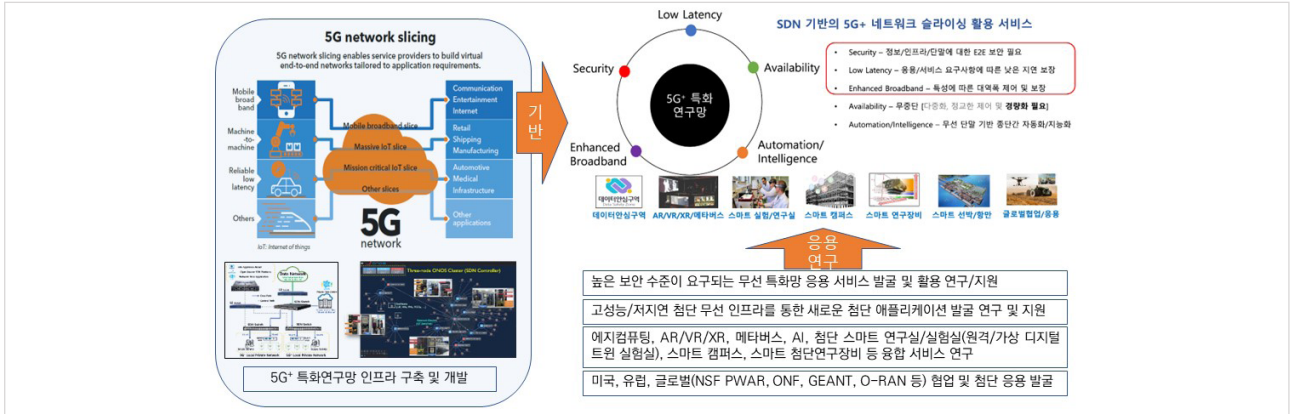
● 5G+ 특화연구망 기반의 첨단과학기술 및 디지털융합 시범 서비스를 제공함

- 첨단 무선 특화연구망 기반의 과학기술 및 디지털융합 응용 서비스 발굴·지원을 추진함(그림 9)
- 4개 이상 지역의 지역 클러스터 및 7개 이상의 특화된 응용 분야를 대상으로 시범 서비스 제공을 추진함(그림 10)

<그림 9> 5G+ 특화연구망 에지컴퓨팅 기반의 과학기술디지털융합 생태계 구축 환경 제공(안)



<그림 10> 과학기술 및 디지털융합 생태계 구축을 위한 첨단무선망 응용 발굴/지원



## 4. 5G+ 과학기술 특화연구망의 개발 방향과 기대효과

### 차세대 네트워크(6G) 핵심기술개발을 위한 선택과 집중

- 5GB 및 6G를 위한 핵심 기반 기술로 SDN을 통한 네트워크 슬라이싱 기술을 고려해야 함
  - 기존 관련 기술개발 및 인프라 구축의 경우 5G부터 네트워크 슬라이싱이 필수적인 요소 기능으로 제안되었음에도 실질적인 적용이 미진한 문제점이 있으므로 이를 극복하기 위한 핵심 인프라 구축 및 기술개발 노력이 필요함
  - 5GB/6G 기반의 미래 네트워크는 다양한 이기종 및 대용량 데이터를 활용할 수 있도록 “사람+사물”, “스마트+연구개발”, “제조+서비스”등 모든 분야의 연결·초연결을 유연성, 지능화, 저지연 성능 등의 기술적 바탕을 마련해야 함
  - SDN 기술은 급증하는 무선인터넷 트래픽과 다양한 새로운 서비스를 효율적으로 관리할 수 있다는 측면에서 차세대 네트워크 및 5GB/6G의 핵심 구조 기술로서 특히 망 분리와 저지연 특성 및 보안을 보장하는 네트워크 슬라이싱 기술을 확보해야 함(중소기업 기술로드맵, 2022-2024)

<그림 11> 정부의 6G 기술개발을 위한 5개 핵심 분야



## ● 연구개발성과의 기술이전·기술사업화 추진 및 6G 등 후속기술 연구개발 참여 가능성

- 저비용/경량화 기술 및 비면허대역 무선 액세스망, 지능화/자동화 기술의 경우 연구망 수요자들이 필요성을 제기한 상황이므로 이와 같은 요구사항을 충분히 감안한 연구개발이 이루어질 필요가 있음
- 경량화 및 지능화 면허/비면허대역 5G+ 액세스망 및 코어망 기술, 유무선 통합 네트워크 슬라이싱 기술, 에지컴퓨팅 서비스 기술 등은 국내외 특허 등록 및 기술이전과 기술사업화 추진 가능성을 고려해야 함
- 과학기술정보통신부의 개방형 무선접속망 생태계 구축을 위한 “오픈랜(O-RAN) 얼라이언스(협의체)” 출범(2022)에 따른 개방형 5G+ 기술의 후속 연구개발에 참여/활용이 가능해야 함
- 과학기술정보통신부의 “차세대 네트워크(6G) 산업 기술개발사업”이 예비타당성 조사를 통과(과기정통부, 2023)함에 따라 본격적인 기술개발이 추진될 예정이므로 소프트웨어(SW) 중심 네트워크, Upper-mid 대역(7-24GHz), 커버리지 확대, 에너지 절감, 공급망 안보 강화 등의 분야(그림 11) 중 강점 분야를 선택하여 기술 확보를 추진해야 함

## ▶ 과학기술계 및 산업계의 디지털 전환 촉진

### ● 산업, 과학기술, 의료(Industrial-Science-Medical) 분야를 위한 저비용·경량화 5G+ 기술 보급으로 디지털 전환이 가속화됨

- 산업, 과학기술, 의료 등의 분야는 공익적인 측면에서 저비용 및 경량화 첨단무선망 기술을 개발하여 보급할 필요성이 있음
- 5G+ 기반 기술개발과 지속적인 인프라의 구축·운영을 위해 인프라 구축비용(CAPEX)과 지속적 투입 운영비(OPEX) 절감이 수반되어야 하며, 투자 인프라의 지속적 유지 가능성을 고려해야 함
- 저비용 인프라 구축 및 개발 측면에서 면허대역과 더불어 CAPEX/OPEX의 절감이 가능한 비면허대역 주파수의 활용을 고려해야 하며, 네트워크 자원의 효율적 관리를 통해 운영 부담을 경감시켜야 함

### ● 저비용·산업용 5G+ 기술 보급으로 제조업, 헬스케어, 운송, 농업 등 10개 산업 분야의 디지털 전환이 촉진되고, 2030년까지 42.3조 원의 가치를 생성할 것으로 전망됨(김영재, 2022)

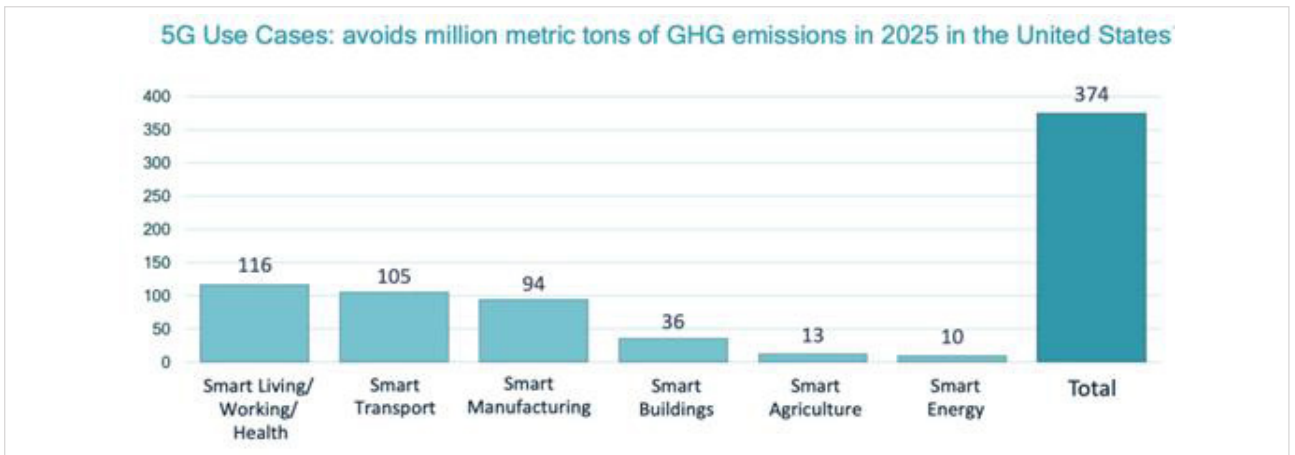
- 데이터/트래픽 폭증과 네트워크 공격이 발생하더라도 5G+ 기반의 서비스, 장치, 시간, 공간별 전용 네트워크의 생성이 가능한 경우, 산업체 네트워크 문제에 따른 불량률을 개선하고 수율을 향상시킬 수 있는 핵심기술의 보급이 가능할 것으로 전망됨
- 스마트팩토리를 기반으로 한 제조업 혁신을 통해 2025년 8.6조 원, 2030년 15.6조 원의 가치가 발생할 것으로 전망됨
- 디지털 헬스케어 분야 성장에 따라 2025년 1.8조 원, 2030년 2.9조 원의 가치가 발생할 것으로 전망됨
- 운송 분야의 5G+ 스마트 네트워크 도입을 통한 혁신으로 2025년 2.1조 원, 2030년 2.8조 원의 가치가 발생할 것으로 전망됨

- 스마트팜 시장 규모의 성장 및 농업 생산성 증가와 재해 예방을 통해 기대되는 가치는 2025년 1,734억 원, 2030년 2,607억 원임

### 저비용·초고속·저지연 특화연구망을 통한 공공적 파급효과

- 5G+ 특화연구망 기반의 초고속·저지연 서비스를 활용한 지속 가능한 ESG(Environment, Social, Governance) 인프라 보급과 확산에 따른 공공적 파급효과가 기대됨
  - 퀄컴에 따르면 5G 기반 자원 관리 시스템 도입으로 2025년까지 온실가스 3억 7,400만 톤 감축, 연간 수자원 4,100억 갤런 절약, 연료 효율성 20% 증대가 가능함(Qualcomm, 2022)
  - 과학기술계와 산업계의 지연 없는 빠른 데이터 전송과 관리환경은 에너지 소비를 줄여 탄소 배출을 감축할 것으로 전망됨
  - 특히 비면허대역 기반의 5G+ 특화연구망 서비스를 제공하는 경우 주파수 사용료 없이 첨단무선망 서비스를 공급할 수 있으므로 과학기술계와 더불어 공공의 이익을 위해 소외계층, 중소기업, 소상공인들에게 고품질의 통신서비스를 적은 투자 비용으로 제공할 수 있을 것으로 기대됨

<그림 12> 5G 기반 관리 시스템을 통한 온실가스 배출량 감소 전망(미국, 2025년)



출처) Qualcomm(2022)에서 발췌 및 정리

- 스마트시티, 스마트홈, 스마트오피스 등을 통해 사회적 문제 해결에 기여 가능함
  - 도시화 현상 및 문제에 따른 스마트시티 구축·개발에 활용할 수 있음
  - 지능형 스마트홈을 통해 개인 정보 누출 문제 등 보안 이슈 해결 및 복지 향상에 활용 가능함
  - 스마트 오피스를 통해 워라밸 및 스마트워크 플레이스 실현에 기여할 수 있음

## 참고문헌

- 5G 특화망 가이드라인(2021). 과학기술정보통신부, 한국방송통신전파진흥원. <https://www.kca.kr/fileDownload.do?action=fileDown&mode=&boardId=NOTICE&seq=3485969&fileSn=1>
- 과학기술정보통신부(2023. 8). 6G 경쟁력 확보, 본격적으로 시작합니다 - 총 4,407.3억 원('24~'28년) 규모의 차세대 네트워크(6G) 산업 기술개발사업 예비타당성 조사 통과, 2026년 Pre-6G 기술 시연, 6G 국제표준특허 점유율 30% 달성 목표. 보도참고자료
- 김영재(2022). 2022년 대전형 융합신산업 창출 특구기술 실증 선도사업 사전기획과제. 최종보고서(2022. 9)
- 정우기(2022). 융합산업을 가속화하기 위한 6G 이동통신기술의 도입 전망. 정보통신기획평가원(IITP). 주간기술동향(2022. 1)
- 정은성(2022). 지능형 5G 무선네트워크 기반 사용사례 및 사용자 요구사항. 자문보고서(2022. 7)
- 중소기업 기술로드맵(2022-2024). 디지털 전환, 사회안전망 구축, 환경에너지 혁신, 미래혁신 선도, 성장동력 고도화, 소재·부품·장비, 중소기업 특화 기술로드맵. <https://smroadmap.smtech.go.kr/>
- 최영수(2020). 원자력비상상황 무인대응 시스템. 5G 사설망 자문보고서(2020. 12)
- A. Rios et al.(2019). Expanding GEANT Testbeds Service to Support Pan-European 5G Network Slices for Research in the EuWireless Project. Mobile Information Systems, vol. 2019, Article ID 6249247, 13 pages, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/6249247>
- C. Dehos et al.(2020). Wireless Allowing Data and Power Transfer. Proceedings of 40th International Conference on High Energy Physics.
- DISTEP(대전과학산업진흥원)(2023). 디지털 전환을 위한 AI+SDN 기술 기반의 5G+ 플랫폼 구축을 통한 산업용 DNA(Data-Network-AI) 인프라 실증사업. 최종보고서(2023. 11)
- NICT(2022). Beyond 5G/6G White Paper. English Version 2.0. <https://www.nec.com/en/global/solutions/5g/download/pdf/beyond-5g-6g-vision-whitepaper.pdf>
- P. Beckman et al.(2022). 5G Enabled Energy Innovation: Advanced Wireless for Science(Workshop Report). Technical Report. <https://www.osti.gov/biblio/1606538>
- Qualcomm(2022). Environmental Sustainability and a Greener Economy: The Transformative Role of 5G. Economic Policy and Strategy Group Report. [https://www.qualcomm.com/content/dam/qcomm-martech/dm-assets/documents/5g\\_and\\_sustainability\\_the\\_transformative\\_role\\_of\\_5g\\_-\\_10.4.2021.pdf](https://www.qualcomm.com/content/dam/qcomm-martech/dm-assets/documents/5g_and_sustainability_the_transformative_role_of_5g_-_10.4.2021.pdf)

**저 자** 김동균  
KISTI 과학기술디지털융합본부  
과학기술연구망센터  
책임연구원  
T. 042-869-0516  
E. mirr@kisti.re.kr

**조부승**  
KISTI 과학기술디지털융합본부  
과학기술연구망센터  
책임연구원  
T. 042-869-0584  
E. bscho@kisti.re.kr

# KISTI ISSUE BRIEF 제65호

**발행일** 2024. 01. 15.

**발행인** 김재수

**편집위원** 조민수, 서태설, 김한국, 고미현, 이상환,  
최희석, 최선희, 광영

**발행처** 34141 대전광역시 유성구 대학로 245  
한국과학기술정보연구원 정책연구센터  
<https://www.kisti.re.kr>

**I S S N** 2635-5728