

차세대네트워크 선점을 위한 글로벌 준비동향 분석

2024.9.19. 과학기술정보통신부
설재진

차례

1. 차세대 네트워크 개요
 - 1) 그간의 무선 통신산업의 역사
 - 2) 6G 시대에 대한 예측
 - 3) 6G 서비스 전망 및 논의 동향
2. 글로벌 준비 현황
 - 1) 미국
 - 2) 기타 주요 국가 및 주요 국제기구/협단체 동향
 - 3) 글로벌 기업의 연구개발 동향
3. 6G 시대 네트워크의 변화에 대한 대비 현황
 - 1) AI를 접목한 차세대 네트워크
 - 2) 차세대 네트워크의 보안
4. 한국의 준비 상황
5. 향후 고려해야 할 사항
6. 정책적 시사점

성 명	설재진	직 급	4급
훈 련 국	미국	훈련기간	2022/12/20~2024/10/19
훈련기관	버지니아테크	보고서 매수	107매
훈련과제	차세대네트워크 기술패권 경쟁 우위 선점전략 연구		
보고서 제목	차세대네트워크 선점을 위한 글로벌 준비동향 분석		
내용요약	<p>1. 차세대 네트워크 개요</p> <p>1) 무선 통신산업의 역사</p> <p>무선 통신산업은 약 10년 주기로 새로운 세대의 기술 표준이 도입되며 발전해 왔다. 1991년에는 2G 표준이 등장하였으며, 2001년 3G, 2009년 4G, 그리고 2018년에는 5G가 출시되었다. 각 세대의 발전은 단위 비용 절감과 새로운 기술 도입을 통해 새로운 사용 사례를 창출하며 전 세계적으로 빠르게 확산되었다. 초기에는 무선 연결 서비스 시장이 연간 약 8천억 달러, 무선 접속 네트워크(RAN) 시장이 약 400억 달러에 달하는 경제적 성과를 이루었지만, 3G 이후에는 자본 비용이 증가하며 통신 산업 전반의 수익률 감소라는 도전에 직면하게 되었다. 특히, 5G 시대부터는 백홀 비용 증가, 스펙트럼 자원 부족, 고밀도 네트워크 요구사항 등으로 인해 투자 비용이 지속적으로 상승하는 상황이 발생하였다.</p> <p>2) 6G 시대에 대한 예측</p> <p>6G는 기존 통신 세대와는 차별화된 기능과 서비스를 제공할 것으로 예측된다. 6G는 AI 기반 경로 최적화, 차량 간 통신, 도심 항공 모빌리티(UAM), 확장현실(XR), 디지털 트윈과 같은 고도화된 서비스 환경을 구현할 것이다. 또한, Sub-THz 주파수 대역을 활용하여 대용량 데이터 전송과 저지연 통신을 가능하게 하고, 지능형 반사 표면(RIS) 기술과 고정밀 센서를 통해 더욱 정교한 네트워크 환경을 제공할 것이다. IMT-2030 프레임워크는 6G의 주요 기술 역량으로 지속 가능성, 센싱 기술, AI 통합, 상호 운용성 등을 포함하며 이를 통해 기존 세대에서 부족했던 환경적 지속 가능성과 보안 문제도 해결할 것으로 기대된다.</p> <p>2. 글로벌 준비 현황</p> <p>1) 미국</p> <p>미국은 6G 기술 개발을 위한 정부와 민간 차원의 다양한 노력을 기울</p>		

이고 있다. Next-G Alliance(NGA)는 북미 지역에서 6G 연구개발을 주도하고 있으며, 기술 표준화, R&D, 시장 준비 전반을 포괄하는 활동을 수행하고 있다. NGA는 북미 6G 비전을 수립하고 이를 글로벌 리더십과 연결하기 위해 다양한 전략을 발표하였다. 이 비전은 사회적, 경제적 요구를 반영하며, AI, 지속 가능성, 스펙트럼 활용 등을 포함한 구체적인 연구 방향을 제시하고 있다.

바이든 행정부는 CHIPS 및 Science Act를 통해 6G 연구와 반도체, 개방형 네트워크 기술 개발에 수십억 달러의 자금을 투입하고 있다. 특히, NSF는 Resilient and Intelligent Next-G Systems(RINGS)와 Spectrum Innovation Initiative 등 다양한 프로그램을 통해 차세대 네트워크 기술 개발을 촉진하고 있다. NSF는 매시브 MIMO, 밀리미터파 기술, 메타 재료 등과 같은 첨단 기술 연구와 실험적 테스트베드를 지원하며, 미국 내 6G 네트워크 혁신의 기반을 마련하고 있다.

FCC는 6G 태스크포스를 설립하여 6G 기술의 표준 설정, 주파수 활용, 보안, 상호운용성 등에 대한 연구를 수행하고 있으며, 국방부는 6G 기술의 국방 응용을 위한 연구 프로젝트를 진행하고 있다. 이 외에도 미국과 EU는 공동으로 6G 비전을 수립하며 표준화, 개방형 네트워크 개발, AI 협력 등 다양한 분야에서 협력을 강화하고 있다.

2) 기타 주요 국가 및 국제기구

유럽연합(EU)은 Smart Network and Services Joint Undertaking(SNS JU)를 설립하여 6G 연구개발과 디지털 전환을 지원하고 있다. 이 조직은 유럽연합과 6G 산업 연합체(6G-IA)의 협력을 기반으로 하며, 유럽 내 6G 기술 리더십 확보를 목표로 한다. 일본은 Beyond 5G Promotion Consortium을 통해 6G 기술 연구와 산업 협력을 강화하고 있으며, 중국은 대규모 연구 프로젝트를 통해 Sub-THz 주파수와 AI 통합 기술을 집중적으로 개발 중이다. ITU-R과 3GPP는 6G 기술 표준화를 위한 글로벌 협력의 중심 역할을 하고 있다.

3. 6G 시대 네트워크의 변화에 대한 대비 현황

1) AI를 접목한 차세대 네트워크

6G 시대에는 AI와 네트워크 기술의 융합이 핵심적인 역할을 할 것이다. AI는 데이터 처리와 네트워크 관리 자동화를 통해 네트워크 효율성을 극대화하고 비용을 절감할 수 있다. 특히, 분산 데이터 처리와 학습 기술은 네트워크 복원력과 실시간 대응 능력을 향상시킬 것이다. 또한, AI 네이티브 에어 인터페이스는 지능적인 네트워크 환경을 조성

하며, 이 과정에서 다양한 산업 분야의 디지털 전환을 지원할 것이다.

2) 보안

차세대 네트워크의 보안은 설계 단계에서부터 강조되고 있다. Open RAN 환경에서 보안 위협을 최소화하기 위한 새로운 접근법이 연구되고 있으며, AI와 머신러닝을 활용한 보안 기술이 도입되고 있다. 특히, 복원력(resilience)을 강화하기 위한 메커니즘과 함께 주파수 할당 및 네트워크 상호 운용성 문제를 해결하려는 노력이 진행 중이다. 글로벌 협력을 통해 표준화된 보안 프레임워크를 구축하고, 공격 탐지와 대응 능력을 향상시키기 위한 기술 개발이 병행되고 있다.

4. 한국의 준비 상황 및 정책적 시사점

한국은 6G 기술 개발과 국제 표준화 활동에서 적극적으로 참여하고 있다. 한국 정부와 주요 기업은 AI와 6G 기술 융합을 통한 새로운 서비스 모델 개발에 주력하고 있으며, 국내외 협력을 통해 차세대 네트워크 생태계 구축을 목표로 하고 있다.

향후 6G 시대를 대비하기 위해서는 글로벌 협력을 기반으로 기술 역량을 강화해야 한다. 지속 가능한 네트워크 생태계 구축과 더불어, AI와 보안 기술을 접목한 새로운 서비스 모델 개발이 필요하다. 정책적으로는 민관 협력 강화를 통해 기술 개발을 가속화하고, 국제 표준화 활동을 주도하며, 국가적 차원에서 자본 비용과 투자 효율성을 고려한 전략적 접근이 중요하다.

국외훈련 개요

1. 훈련국가 : 미국
2. 훈련기관명 : 버지니아 공과대학 (Virginia Polytechnic Institute and State University), 공공행정 대학원(School of Public and International Affairs, SPIA)
3. 훈련분야 : 행정학 석사(Master of Public Administration, MPA)
<https://spia.vt.edu/academics/graduate/mpa.html>
4. 훈련기간 : 2022.12.20.~2024.10.19.

훈련기관 개요

1. 주소: 140 Otey Street, Blacksburg, VA 24061
2. 전화번호/FAX: +1 (540) 231-2291 / +1 (540) 231-3367
3. 주요기능 및 조직

Virginia Tech SPIA의 행정학 석사 프로그램은 정부, 비영리 조직, 민간 부문에서의 경력을 위해 필수적인 분석적, 관리적, 리더십 역량을 개발하는 것을 핵심 목적으로 삼고 있다. 해당 프로그램은 美공공행정학 대학교 네트워크(The Global Standard in Public Service Education)에서 인증을 받았으며, 공공행정, 국제 문제, 도시 계획 등 분야에서 다양한 학부, 석사, 박사 프로그램을 제공하고 있다. 버지니아 테크의 MPA 프로그램은 포괄적인 커리큘럼, 유연성, 그리고 실무 적용에 중점을 둔 프로그램으로 잘 알려져 있으며, 공공정책 분야 및 비영리 부문에서 학문적 이론과 실무적 경험을 골고루 갖춘 인재를 양성하기 위해 학과 과정을 탄력적으로 운영하고 있다. 특히, 워싱턴 D.C. 지

역에서 제공되는 실무경험 프로그램 및 공공분야 전문가그룹과의 네트워킹 프로그램을 운영함으로써, 졸업생들의 현장실무 역량 계발을 위한 실질적 기회를 제공하고 있다.

핵심 커리큘럼에는 공공행정 이론(public administration theory), 공공 관리(public management), 정책 분석(policy analysis), 공공 예산 및 재무관리(public budgeting and finance), 공공윤리(public ethics), 그리고 정량적 연구방법론(quantitative methods)에 관한 과목이 포함되어 있다. 그리고 집중분야(Specializations)의 선택을 통해 지방정부 관리(local government management), 비영리단체 관리(nonprofit management), 환경 정책(environmental policy), 공공 예산 및 재무관리(public budgeting and finance)와 같은 세부분야에 대해 전문적 이론 및 실무 교육 기회를 제공하고 있다. 이와 더불어, 정규 핵심교과목 이외에 선택과목(Electives)을 통해 학생들은 자신의 경력 목표에 맞는 실질적 외부교육 과정을 수강할 수 있게 돕고 있는데 예를 들어, 도시 계획, 국제 문제 등 특정 정책 영역에 대한 과목이 포함될 수 있다. 최종적인 졸업을 위한 4학기 동안 수강했던 교과목의 성과물을 토대로 캡스톤 프로젝트(Capstone Project)를 구성, 발표해야 한다. 핵심 교과목 및 선택집중과목 등을 통하여 공공정책 프로그램의 개발 및 실무적용을 위해 필요한 역량이 함양되었는지를 검증하는 것인데, 필요시 지방정부 및 NGO와 협력을 통해 당면한 실무적 문제상황을 위한 해결책을 개발하는 것도 포함된다.

Virginia Tech, MPA program이 소속된 School of Public and International Affairs(SPIA)는 건축 및 도시 단과대학(College of Architecture and Urban Studies)에 소속되어 있으며 대학의 공공 행정, 도시 문제, 국제 연구 프로그램을 총괄한다. SPIA는 3개의 부서(program)로 구성되어 있는데 이를 통해 약 20여개 연계된 학위과정(degrees)을 운영하고 있다.

①공공행정 및 정책 센터(Center for Public Administration and Policy, CPAP)는 공공부문 분야의 전문가 육성 및 전문가그룹 간 정보 교류를 위한 학제적 세미나 운영할 뿐만 아니라, 공공행정학 석사(MPA) 및 공공행정학 박사(Ph.D.) 프로그램 등 학위과정을 운영하는 주관기관이다. 1977년 블랙스버그(Blacksburg) 캠퍼스에 최초로 설립된 CPAP는 알링턴(Arlington), 리치몬드(Richmond) 등 버지니아 주 내에 총 3곳의 캠퍼스에서 MPA 서비스를 제공하고 있다. 참고로, 1983년 Virginia Tech 행정학과의 Gary Wamsley, Charles Goodsell 등 교수진은 ‘블랙스버그 선언문(Blacksburg Manifesto)’ 발표를 통해, 공공행정의 정당성은 미 헌법에 근거를 두고 있음을 분명히 밝히고, 민영화 및 효율성 가치만 강조되는 것에 대해 반발하면서 시민의식, 공공서비스의 중요성을 강조했다는 점에서 큰 시대적 의의를 갖는다.

CPAP는 미국 전역 및 세계 여러나라의 학생들로 구성되어 있는데, 2020년 기준, 124명의 대학원생 중 51%는 남학생, 49%는 여학생이며, 여성이 67명의 MPA 학생 중 54%, 57명의 박사 과정 학생 중 44%를 차지한다. CPAP는 풀타임 및 파트타임 학생, 연방, 주 및 지방 정부에서 근무한 경험이 있는 학생, 민간 영리 및 NGO 전문가 학생들로 구성된다. CPAP 이외에 ②Government and International Affairs (GIA)는 Master of Public and International Affairs(MPIA), Ph.D. in Governance and Globalization 등 학위과정을 운영하고 있으며, Middle East Politics & Society(MEPS), Homeland Security Policy (HSP) Graduate Certificate, Security Studies(SS) 등 3개의 별도인증(certificates) 프로그램을 갖추고 있다. ③마지막으로 Urban Affairs and Planning(UAP)에서는, 대도시, 지역 사회, 이웃 규모에서 그리고 농촌과 도시, 가난하고 부유한 지역사회의 다양한 맥락에서 도시계획 정책이 지역사회의 작동 방식에 미치는 영향을 연구한다. 도시지역계획학 석사(Master of Urban and Regional Planning, MURP), Planning, Governance, and Globalization 박사과정(PGG) 등을 운영하고 있다.

훈련결과보고서

1. 차세대 네트워크 개요

1) 그간의 무선 통신산업의 역사¹⁾

무선 통신산업은 약 10년 주기로 새로운 연결 표준이 개발, 출시 및 배포되며 성숙하는 특유의 리듬을 따라 발전해 왔다. 2G 표준은 1991년에 출시되었고, 이후 2001년 3G, 2009년 4G, 2018년 5G가 뒤를 이었다. 각 세대는 지속적으로 단위 비용 절감과 새로운 기능 도입을 통해 혁신을 거듭했으며, 이러한 기술적 발전은 새로운 사용 사례(use cases)를 가능하게 하고 수익화(monitization)를 촉진하여 전 세계적 배포(global deployment)를 이루는 선순환 구조를 형성했다.

초기 20년간의 놀라운 성공을 통해 연간 약 8,000억 달러 규모의 무선 연결 서비스 시장과 약 400억 달러 규모의 무선 접속 네트워크(RAN) 시장을 창출했다. 이는 자체적으로 지속되는 선순환 메커니즘(flywheel mechanism) 덕분이었다. 이 사이클은 무선 연결 서비스를 구매하는 소비자 수 증가로 시작되었다. 이동통신 네트워크 운영자(MNO) 들은 증가된 수익을 기반으로 무선 인프라 투자를 확대했으며, 기지국 추가와 RAN 업그레이드를 통해 서비스 품질을 개선했다. 이 과정에서 장비 공급업체(equipment vendors) 들은 증가된 수익을 R&D 투자 확대로 전환하여 더 많은 기능과 서비스 품질 향상을 이루었다. 그 결과, 소비자 수요 증가로 이어지며 기술은 점점 더 광범위하고 필수적인 요소로 자리 잡았다. 이와 같은 선순환 구조는 지속적인 혁신과 개선이 이루어질 수 있는 환경을 조성했다.

그러나 3G 등장 이후부터는 통신 산업의 수익 증가율이 자본 비용 상승을 따라잡지 못했다. 네트워크 설계, 구축, 운영에 필요한 비용은 계속해서 증가했지만, 산업 수익은 상대적으로 정체되어 전 세계적으로 ROIC(투자 자본 수익률)이 감소했다. 무선 시스템 복잡성 증가로 인해 네트워크 장비 공급업체 들은 새로운 표준과 출시 주기를 따라잡

1) McKinsey & Company, "Shaping the future of 6G"를 바탕으로 작성

기 위해 R&D 부문에 더 많은 자금을 투입해야 했다. 그러나 R&D 비용 증가율은 수익 증가율을 훨씬 초과하여 공급업체들은 지속 가능성 문제에 직면했다.²⁾

이동통신 네트워크 운영자(MNO)들 역시 네트워크 커버리지 확장 과 네트워크 용량 증가 를 위해 지속적으로 투자해야 했다. 특히 저대역 스펙트럼 부족이 심화되면서, MNO들은 고대역 스펙트럼을 활용해야 했다. 그러나 고대역 스펙트럼은 파장이 짧아 더 높은 기지국 밀도를 필요로 하며, 이는 추가적인 장비 설치비용을 발생시켰다. 또한, 5G 도입으로 인해 백홀(backhaul) 비용이 급증했다.

더 많은 기지국과 소형 셀(small cells)을 연결하기 위해 광섬유(fiber optic) 구축이 필수적이었으며, 데이터 트래픽 증가와 엔드포인트 수 증가로 인해 모바일 네트워크에 가해지는 부담이 더욱 커졌다. 이처럼 지출 증가 속도는 수익 증가율을 크게 초과하며, 통신 산업 전반에 재정적 압박을 가중시켰다.

For mobile network operators, spending growth has far outpaced revenue growth since the advent of 4G technology.

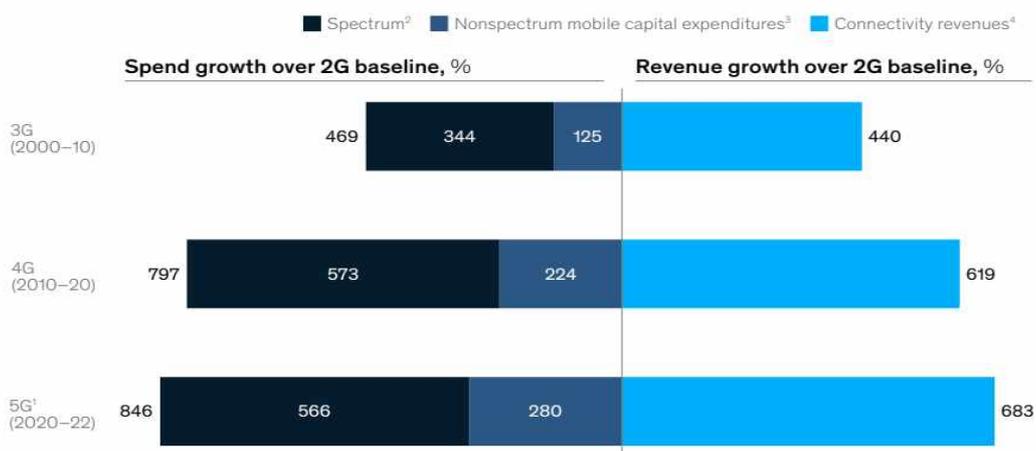


그림 1 4G 기술 도입 이후, 지출 증가가 수익 증가를 초과하는 현황 (출처: McKinsey & Company)

2) McKinsey & Company, "Shaping the future of 6G"

현재 무선 통신 산업은 과거의 성공이 오히려 성장의 걸림돌이 되는 역설적 상황에 직면하고 있다. R&D 투자 확대, 네트워크 확장, 백홀 비용 증가, 스펙트럼 확보 경쟁 등은 모두 필수적이지만, 이를 감당하기 위한 수익 창출 모델은 여전히 부족한 상황이다. 6G 시대로의 여정에서는 이러한 구조적 문제를 해결할 수 있는 새로운 자금 조달 전략과 혁신적 비즈니스 모델이 필수적이다. 기술적 진보와 경제적 지속가능성을 동시에 달성하는 것이 미래 무선 산업의 핵심 과제가 될 것이다.

2) 6G 시대에 대한 예측

6G 시대에는 1) AI 기반 경로 최적화와 차량 간 통신으로 이동성을 혁신하여 도시 교통체계에 큰 변화가 예상되며, 2) 항공 네트워크와 저궤도 위성 네트워크를 결합해 UAM(도심항공모빌리티)이 가능해질 것으로 예상된다. 3) 고화질 3D 콘텐츠와 홀로그램 전송 등 확장현실을 통해 비대면 업무 및 엔터테인먼트 환경이 혁신되며, 4) 고정밀 센서를 통한 실시간 데이터 수집과 6G 기반의 데이터 처리로 디지털 트윈을 완성하여 물리적 시스템을 디지털 공간에 재현할 수 있을 것으로 기대된다.

6G 시대에는 저주파부터 초고주파(Sub-THz) 대역까지 다양한 주파수 대역 활용과 대역 특성에 맞춘 다양한 서비스가 가능할 것으로 예상된다. 또한 네트워크 구조의 개방성과 유연성을 확보하기 위한 노력도 지속될 것으로 보이며, 고주파 대역 전파 손실 보안을 위한 채널별 모델링과 지능형 반사표면(RIS) 기술 연구가 필수적일 것으로 보인다.

이를 토대로 6G 시대에 이르러서는 더욱 많은 데이터 트래픽 증가가 예상된다. 에릭슨 보고서에 따르면 북미의 스마트폰당 월간 데이터 트래픽이 2021년부터 2022년까지 13Gb에서 20Gb(+54%)로 증가했으며 같은 기간 동안 월간 총 모바일 트래픽(모든 디바이스 유형)은 4.6엑사바이트(EB)에서 6.7엑사바이트로 증가(+46%)했는데, 2028년 북미의 월간 데이터 트래픽은 기존 대비 3배(58Gb)로 증가할 것으로 예상되며, 총 모

바일 트래픽(모든 디바이스 유형)은 21EB(연평균 21%)로 증가할 것으로 예상된다. 특히 6G 시대에 이르러서는 1) 다중 감각 확장 현실(예: 햅틱 홀로그램)을 포함한 XR 기술, 2) 협동 로봇 공학, 3) 분산 및 통합 통신 및 센싱을 위해 더 많은 데이터 트래픽 수요가 있을 것으로 예상된다.³⁾

3) 6G 서비스 전망 및 논의 동향 (IMT-2030 Framework를 중심으로)⁴⁾

2023년 11월, ITU-R(International Telecommunication Union Radio-communication Sector)은 IMT-2030(6G)에 대한 글로벌 비전에 대한 사항을 공식적으로 합의, 발표했다. 이는 차세대 통신 기술 개발의 중대한 이정표로써, 글로벌 통신 산업의 주요 참여자들이 결집하여 설정한 중요한 기술 표준 방향성을 제시했다는 점에서 그 의미가 크다. IMT-2030은 6G 기술 개발의 기본 원칙과 목표를 정의하며, 전 세계적으로 통신 시스템의 지속 가능성과 효율성을 극대화하기 위한 방향을 제공하고 있다.

A. ITU 6G 비전

4G 기술은 사회적 소통을 위한 더 넓은 접근을 가능하게 했으며, 5G는 기계와 센서에서 데이터를 수집하고 활용하는 시대를 열어주었다고 평가된다. 더 나아가 이제 6G는 물리적 세계와 디지털 세계를 통합하여 우리의 생활, 의사소통, 업무 방식을 획기적으로 변화시킬 것으로 전망된다. ITU 사무총장 도린 보그단-마틴(Doreen Bogdan-Martin)은 이동통신이 모든 이들의 의미 있는 연결을 보장하는 핵심 요소라고 강조하며, ITU 회원국들이 6G의 발전 방향에 합의함으로써 기술적 진보가 경제성, 보안, 복원력을 강화하는 데 기여할 수 있다고 설명했다. 이러한 조치는 글로벌 지속 가능한 개발과 디지털 전환을 촉진하는 중요한 단계로 평가된다.

3) https://www.fcc.gov/sites/default/files/Consolidated_6G_Paper_FCCTAC23_Final_for_Web.pdf

4) <https://www.6gworld.com/exclusives/imt-2030-understanding-the-itu-vision-for-a-global-6g-standard/>

B. 6G 관련 주요기술 역량 분야(6G Capabilities)

국제전기통신연합(ITU)의 IMT-2030 프레임워크(IMT-2030 Framework)는 6G 기술을 위한 15가지 주요 역량(capabilities)을 정의하고 있다. 이 중 보안 및 복원력(Security and Resilience), 지연 시간(Latency), 이동성(Mobility), 연결 밀도(Connection Density), 최고 데이터 속도(Peak Data Rate), 스펙트럼 효율성(Spectrum Efficiency) 등이 포함된다. 이러한 기존 역량들은 네트워크 성능을 더욱 향상시키는 방향으로 발전할 예정이다. 이 밖에 새롭게 추가된 6가지 역량은 다음과 같다. 이러한 기술 역량은 6G 네트워크가 기존 통신 기술을 넘어 더 넓은 서비스 영역, 높은 성능, 그리고 지속 가능한 미래를 지향하는 데 필요한 핵심 요소로 자리 잡고 있다.

- 1) 커버리지(Coverage) : 사용자가 원하는 서비스 지역에서 통신 서비스에 접근할 수 있는 능력을 의미한다. 기존 표준에서는 커버리지가 명시되지 않았으며, 이는 국가별 규제 체계의 영향을 받았다. 6G에서는 글로벌 표준으로 통합된다.
- 2) 지속 가능성(Sustainability) : 6G 네트워크와 스마트폰, 태블릿과 같은 디바이스는 생애 주기(lifecycle) 동안 온실가스 배출과 환경 영향을 최소화하도록 설계될 것이다. 환경친화적인 설계와 에너지 효율성을 강조하여 지속 가능한 개발 목표(SDGs)를 지원한다.
- 3) 센싱 관련 역량(Sensing-related Capabilities) : 무선 신호를 활용하여 객체 탐지(Object Detection), 위치 추적(Localisation), 이미지 생성(Imaging), 지도 작성(Mapping) 등의 기능을 수행할 수 있는 능력을 의미한다. 자율 주행차, 드론, 증강현실(AR) 등의 다양한 응용 분야에서 활용될 것이다.
- 4) 응용 인공지능(AI) 관련 역량(Applicable AI-related Capabilities) : AI 기반 역량은 분산 데이터 처리(Distributed

Data Processing), 분산 학습(Distributed Learning), 모델 실행(Model Execution) 및 추론(Inference) 등을 지원한다. 네트워크의 최적화와 자동화를 통해 서비스 품질 향상과 비용 절감을 기대할 수 있다.

- 5) 상호 운용성(Interoperability) : 네트워크의 무선 인터페이스가 ITU 회원국 간의 포용성(Inclusivity)과 투명성(Transparency)을 기반으로 운영될 수 있는 역량을 의미한다. 다양한 통신 표준과 기술 플랫폼이 서로 원활하게 호환되도록 지원하여 글로벌 네트워크의 연결성을 강화한다.
- 6) 포지셔닝 (Positioning) : 연결된 디바이스의 대략적인 위치를 계산할 수 있는 역량이다. 위치 정확도(Positioning Accuracy)는 디바이스의 계산된 수평/수직 위치와 실제 수평/수직 위치 간의 차이로 정의된다. 이는 자율 주행, 물류 관리, 스마트 시티와 같은 다양한 위치 기반 서비스(LBS)에서 중요한 역할을 한다.

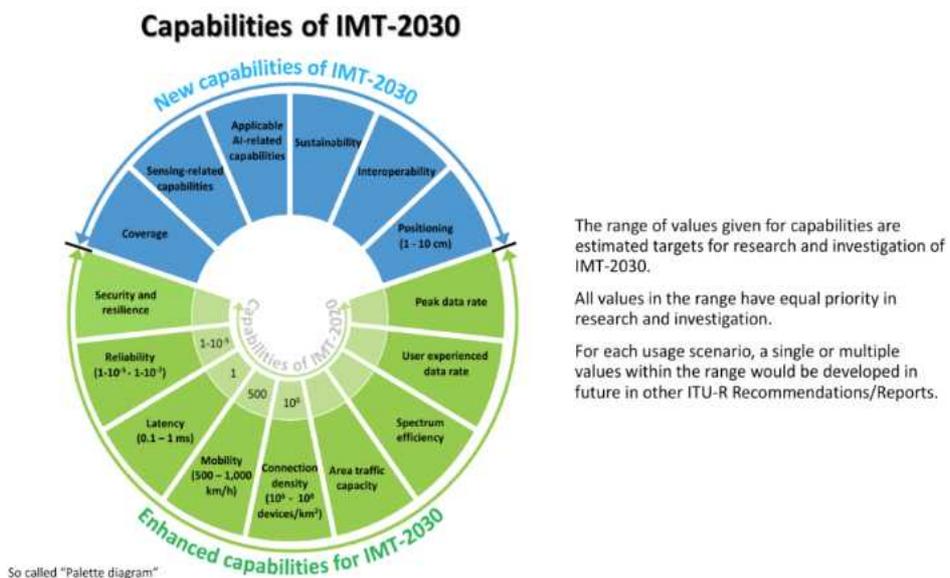


그림 2 IMT-2030 관련 역량 다이어그램(출처: ITU)

C. 6G Use Cases

IMT-2030의 사용 사례는 기존 IMT-2020의 사용 사례를 확장하며, 6G 기술 역량에서 새롭게 등장하는 응용 분야들을 지원할 수 있도록 설계되었다. 특히 인공지능(AI)과 센싱(Sensing) 기술과 같은 새로운 기능은 이전 세대의 IMT 표준에서는 지원하지 않았던 혁신적 사용 사례를 가능하게 한다.

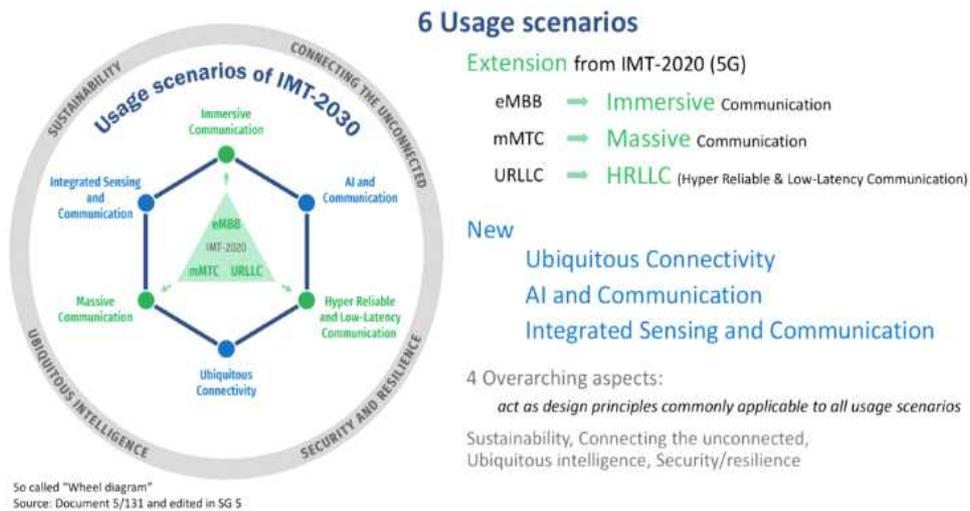


그림 3 6가지 IMT-2000 사용사례(출처: ITU)

1) 몰입형 통신(Immersive Communication)

몰입형 통신은 사용자에게 풍부하고 상호 작용적인 비디오 경험을 제공하며, 기계 인터페이스와의 상호작용을 포함한다. 대표적인 응용 사례로는 몰입형 XR(확장현실) 통신, 원격 다중 감각 텔레프레즌스(remote multi-sensory telepresence), 홀로그램 통신이 있다. 이론적으로 5G도 이러한 서비스를 지원할 수 있으나, 단일셀이 지원할 수 있는 사용자의 수가 제한적이다. 따라서 6G는 이러한 역량을 더욱 확장하여 새로운 차원의 커뮤니케이션을 실현할 수 있다.

2) 초신뢰성 및 저지연 통신(Hyper-Reliable and Low-Latency Communication)

6G는 산업 환경에서 완전한 자동화, 제어 및 운영을 위한 초신

뢰성·저지연 통신(URLLC, Ultra-Reliable and Low-Latency Communication)을 향상시킨다. 이러한 통신 유형은 기계 간 상호작용, 응급 서비스, 원격 의료, 전력 송배전 모니터링 등 다양한 응용 프로그램에서 필수적이다. 5G의 URLLC 역량을 확장하여 더 많은 장치와의 통신 및 더 높은 수준의 산업 자동화를 지원한다.

3) 범용 연결성(Ubiquitous Connectivity)

6G는 특히 농촌과 원격 지역에서 디지털 격차를 해소하기 위한 범용 연결성을 제공한다. 대표적인 사용 사례로는 IoT 및 모바일 광대역 통신이 있으며, 등산객, 농부와 같은 원거리 사용자들도 이 혜택을 받을 수 있다. 이 기술은 전 세계의 연결 가능성을 확대하여 정보 접근성을 강화한다.

4) 대규모 통신(Massive Communication)

대규모 통신은 다양한 장치나 센서를 연결하여 스마트 시티, 교통, 물류, 보건, 에너지, 환경 모니터링 및 농업과 같은 응용 분야에서 필수적이다. 이는 기존 5G의 대규모 사물인터넷(mMTC, massive Machine-Type Communication) 기능을 더욱 강화하여 더 많은 디바이스와 센서를 동시에 연결하고 데이터를 수집할 수 있도록 지원한다.

5) AI와 통신(AI and Communication)

인공지능과 통신의 결합은 자율 주행, 의료 지원을 위한 장치 간 협력, 장치 및 네트워크 간 대규모 연산 작업 분산 처리, 디지털 트윈 생성 및 예측 기능 등을 가능하게 한다. AI 기반 통신은 스마트 제조, 헬스케어, 물류 등 다양한 분야에서 자동화된 데이터 처리와 결정을 지원한다.

6) 센싱 및 통신 통합(Integrated Sensing and Communication)

6G는 센싱 기능과 통신 기능을 통합하여 내비게이션 지원, 활동 탐지, 이동 추적, 환경 모니터링 및 AI와 XR 응용을 위한 주변 데이터 수집과 같은 서비스를 향상시킨다. 이러한 기술은 자율 주행 차량, 스마트 홈, 공공 안전 시스템 등에서 큰 혁신을 가져올 것으로 기대된다. 이러한 사용 사례들은 6G 기술이 생활과 산업 전반에서 혁신을 주도하며, 더 빠르고 안정적이며 지능적인 연결을 통해 디지털 사회로의 전환을 가속화할 것으로 전망된다.

2. 글로벌 준비 현황

1) 미국

현재 미국 내 5G Infrastructure는 대부분 확산되었지만, 전문 기관은 2023년 말까지 LTE 이용자가 여전히 2억 7천만명, 5G 이용자는 약 1억 7천만명으로 LTE 이용자가 훨씬 많을 것으로 예상하고 있는 상황이다.(ABI research) 관련, 현지 언론(CNN, WSJ 등)은 5G의 경우 LTE(4G) 대비 소비자들이 체감할 매력이 부족하여 실제 이용률이 낮은 것으로 분석하면서, 6G의 혁신에 대해서도 회의적인 입장을 보이기도 하였으나, 현재 중국 등과의 기술 경쟁 상황을 고려할 때 미국 정부에서는 지속적으로 선제적인 투자를 할 것으로 예상된다.

5G 이용이 여전히 초기단계임에도 불구하고, 바이든 행정부는 2023년 4월 6G 네트워크 전략 수립 및 5G Lesson learned을 위한 관련 정부, 기업가, 전문가 미팅을 개최하고 논의를 시작하였으며,

※ 참고 : 미 혁신경쟁법(Innovation and Competition Act), '21.6월 통과, 6개 부문 (Division) 구성, B5G, 오픈랜, 6G 등 관련은 아래 3부문에 해당한다.

- ① 반도체생산촉진법(CHIPS) 및 개방형 무선접속망(오픈랜 5G) 개발을 위한 긴급추가예산
- ② 첨단통신 등 핵심기술개발에 5년간 1,500억\$ 투자, 끝없는 프론티어 법(Endless Frontier Act)
- ③ 첨단네트워크 등 핵심분야에 대한 전략적 기술개발표준화를 위해 국

무부 내 기술협력국을 설치하고 글로벌 리더십을 확보하는 전략적 경쟁법(Strategic Competition Act of 2021)

2023년 4월에는 National Security Council(NSC)와 NSF는 6G 관련 워크숍을 개최한 바 있으며, NSC는 “Principles for 6G: OPEN & RESILIENT by DESIGN” 보고서를 발간하기도 하였다.

동 보고서의 주요 내용은, 6G의 6가지 원칙으로, 1. 신뢰할 수 있는 기술과 National Security에 대한 보호, 2. 개방적이고 상호운용 가능한 혁신, 3. Privacy에 대한 보호, 4. 비용적으로 접근가능하고 친환경적인 네트워크, 5. 주파수, 제조, 새로운 소재, 6. 표준 및 국제협력을 제시한 바 있다.

FCC 기술자문위원회 산하 6G working group*은 2023년 8월 Position Paper를 발간하고 6G의 활용성, 주파수 대역, 기술 요구사항 등을 논의할 ITU-R/ITU-T IMT-2030, WRC 2023과 WRC 2027 등에 대한 대응 작업을 진행하고 있다. 관련하여 동 보고서는 6G의 보안성에 대한 강조와 함께 6G 기술에 대한 접근에 있어 격차를 해소하기 위한 노력들(주파수** 이용, 위치 지정, 전송비용 등)에 대한 논의가 필요하다는 점도 언급한 바 있다.

* 6G working group 회원 : T-MOBIL, Verizon, Deutsche Telekom, MS, VMware, INTEL, APPLE, NOKIA, Ericsson, Qualcomm, Cisco, Wireless Innovation Forum 등

** 6G의 주파수 대역은 현재 7-24GHz 대역, 그 중에서도 7-15GHz 대역 중심으로 논의 중임

2023년 12월 CSMAC*(상업스펙트럼자문위원회)는 NTIA의 요청에 따라 이뤄진 하부 Subcommittee에서 6G에 대해 논의한 결과를 NTIA에 제출하였는데, 이들은 6G의 비전을 “경제 성장, 국가 안보 강화, 사회 복지를 위한 조건을 조성하면서 지능형 통신을 가능하게 하는 공공 및 민간 디지털 및 물리적 영역 전반의 역동적인 연결성”으로 제시하였다.

* Commerce Spectrum Management Advisory Committee (CSMAC)

(1) 민간 단체 : Next-G Alliance

2021년에 설립된 ATIS Next G Alliance(NGA)는 "민간 부문 주도의 노력을 통해 향후 10년간 북미 무선 기술 리더십을 발전시키기 위한 이니셔티브"이다. 기술 상용화에 중점을 두고 연구 개발(R&D), 제조, 표준화 및 시장 준비의 전체 라이프사이클을 포괄하는 작업을 수행할 것이다.⁵⁾ 특히 NGA는 "북미의 필요와 글로벌 정렬 목표를 모두 충족하는 6G의 기본 비전을 제공하고 다른 지역의 리더십과 함께 북미 리더십을 달성하기 위한 우선순위와 전략을 개발하는 것을 목표로 북미 6G 로드맵에 대한 비전을 담은 여러 논문을 발표했다. 여기에는 사회 및 경제, 기술, 스펙트럼, 애플리케이션, 지속 가능성(예: 에너지, 환경) 고려 사항 전반에 걸친 주요 과제를 설명하고 정부 조치 및 표준화 전략을 권고하는 것이 포함된다."⁶⁾ NGA는 ITU-R의 IMT-2030 6G 프레임워크 개발에 기여해 왔다.

NGA는 이전 세대의 통신 시스템이 네트워크 커버리지와 용량에 대한 고밀도화와 성능 표준을 높이는 데 중점을 두었다면, 6G는 애플리케이션과 사용 사례의 다양성을 중심으로 다른 역학을 형성하는 것을 목표로 한다고 설명한다. 스마트 홈, 스마트 시티, 산업 환경 등에서 사용 사례가 확산됨에 따라 신뢰할 수 있고 안전하며 탄력적인 통신을 보장하는데 필요한 사항을 포함하여 6G에 새로운 요구사항이 생겨날 것이다.⁷⁾

NGA 6G 비전의 프레임워크는 하향식 접근 방식을 채택하고 있다. 최상위 계층인 '국가적 필수 과제'에서는 경제적 동인, 정책, 사회적 요구 등을 살펴보고, 중간 계층에서는 6G로 활성화되어야 하는 애플리케이션과 시장을 살펴보고, 맨 아래 계층은 기술 개발을 위한 사항을 살펴본다.⁸⁾ 이러한 비전을 실현하기 위해 NGA는 여러 워킹 그룹(WG)으로 업무를 조직하고 있다: 애플리케이션 WG, Green G WG, 국가 6G 로드맵 WG, 사회 및 경제적 요구 WG, 스펙트럼 WG, 기술 WG

5) <https://www.nextgalliance.org/6g-library/>

6) <https://www.nextgalliance.org/6g-library/>

7) <https://www.nextgalliance.org/6g-library/>

8) <https://www.nextgalliance.org/wp-content/uploads/2022/02/NextGA-Roadmap.pdf>.

(2) 정부

A. CHIPS and Science ACT

2023년 8월 9일 제정된 CHIPS and Science ACT에 따라 칩스 부분에서는 국내 반도체 제조와 개방형 아키텍처 무선 통신 기술 개발을 지원하기 위해 이전에 승인된 보조금 프로그램에 540억 달러를 배정하고 있다. 이 법안의 "과학" 부분에는 자금이 지원될 경우 차세대 통신 기술 개발에 매우 중요한 역할을 할 수 있는 조항이 포함되어 있다.

이 법은 국립과학재단에 5년간 810억 달러의 자금을 승인했으며, 이는 이전 승인 예산인 360억 달러의 거의 두 배에 달하는 금액이다. 여기에는 특히 6G 통신을 포함한 국가 및 경제 안보에 중요한 기술의 국내 개발을 가속화하기 위해 중개 과학에 초점을 맞춘 최초의 기술, 혁신 및 파트너십(TIP) 국에 승인된 200억 달러가 포함된다.⁹⁾ 이 법은 6G를 포함한 중요 신기술 및 신형 기술에 대한 새로운 R&D를 지원하기 위해 미국 국립표준기술연구소(NIST)에 약 30억 달러의 신규 자금을 승인했다.

2023 회계연도에 NSF는 승인된 예산보다 약 20억 달러 적은 약 99억 달러의 예산을 배정받았다. 2023년 7월 12일, 상원 세출위원회는 부채 한도 합의에 따라 2023 회계연도 수준과 같거나 약간 낮은 금액으로 NSF에 자금을 지원하는 2024 회계연도 상무, 법무, 과학 및 관련 기관(CJS) 세출 법안을 승인했다. 이 법안이 의회에서 통과되면 총 NSF 예산은 약 95억 달러로, CHIPS 및 과학법에서 승인한 약 150억 달러와 비교하면 약 10억 달러가 줄어든다. 예산 부족으로 인해 연구계에서는 다음과 같은 우려가 커지고 있다. 커뮤니티와 다른 지역과 경쟁하여 6G를 비롯한 중요하고 새로운 기술 분야에서 리더십을 확보할 수 있는 능력에 대해 논의하였다.¹⁰⁾

9) <https://new.nsf.gov/chips>

10)

<https://fas.org/publication/chips-and-science-funding-update-fy-2023-omnibus-fy-2024-budget-both-short-by-billions/>

B. NSF Programs

NSF는 공공 및 민간 파트너십을 포함한 다양한 프로그램에 대한 투자를 통해 연구, 혁신 및 교육을 촉진하여 첨단 무선 연구 분야의 최첨단 기술을 발전시키는 데 전념하고 있으며, NSF의 무선 연구 리더십에는 다음이 포함된다.

- 첨단 무선 기술을 가능하게 하는 기초 연구를 지원
- 민간 파트너로 구성된 업계 컨소시엄이 지원하는 고급 무선 연구용 플랫폼을 포함한 테스트베드에서 실험을 설정하고 지원
- 학계, 업계 및 커뮤니티 리더들이 협력하여 사회적 과제를 해결하고 교육 및 인력 개발을 촉진하기 위한 혁신적인 무선 접근 방식을 개발하도록 촉진
- 네트워킹 및 정보 기술 연구 개발(NITRD), 무선 스펙트럼 연구 개발(WSRD), 기관 간 실무 그룹(IWG) 및 고급 무선 테스트 플랫폼 팀에 참여하고 리더십을 발휘하여 기관 간 연구개발 조정에 참여

무선 및 스펙트럼 분야의 학술 연구를 발전시키고, 협업을 촉진하며, 인력 개발을 촉진하는 리더십의 일환으로 NSF는 SpectrumX에 투자했습니다. NSF로부터 2,500만 달러를 지원받아 5년 동안 진행되는 이 이니셔티브는 노트르담 대학교에서 진행되며 14개의 소수계 서비스 기관을 포함한 27개 대학의 광범위한 연구 역량을 한데 모으고 있다.¹¹⁾

NSF의 첨단 무선 연구 포트폴리오는 매시브 MIMO, 밀리미터파 (MMW) 기술, 빔포밍, 첨단 저전력 전자 장치, 메타 재료 및 지능형 표면, 자유 공간 광학, 고충실도 필터 설계 등 다양한 기존 및 신규 연구 분야를 포괄한다.

<https://www.nytimes.com/2023/05/30/us/politics/chips-act-science-funding.html>:
<https://www.brookings.edu/articles/the-bold-vision-of-the-chips-and-science-act-isnt-getting-the-funding-it-needs/>.

11) <https://www.spectrumx.org/about/>.

B-a. Resilient and Intelligent Next G system

2021년 4월 NSF에서 발표한 탄력적이고 지능적인 차세대 G 시스템(RINGS)¹²⁾은 파트너십으로,¹³⁾ 연방 기관 및 민간 업계와 협력하여 차세대(NextG) 네트워크 및 컴퓨팅 시스템에 잠재적으로 큰 영향을 미칠 수 있는 분야의 연구를 가속화하고자 하는 프로그램이다. 이 프로그램은 네트워크 복원력에 중점을 두고 있으며, 차세대 시스템의 전 세계적인 가용성, 보안 및 안정성을 보장하기 위해 네트워크 기술을 발전시키는 것을 목적으로 하고 있다.

B-b. Spectrum Innovation Initiative

NSF의 스펙트럼 혁신 이니셔티브(SII)¹⁴⁾는 수동 및 능동 애플리케이션을 포함하여 전자기 스펙트럼 사용의 수요 증가로 인해 발생하는 긴급한 과제를 해결할 수 있는 기회를 제공한다. 이 이니셔티브를 통해 NSF는 스펙트럼 사용에 대한 연구와 혁신을 촉진하고자 하며, 그 주요 내용은 다음과 같다 : 국가 무선 다이내믹 존(Zone) 운영, 국립 스펙트럼 혁신 및 인력 개발 센터 운영, 스펙트럼 연구 활동, 교육 및 인력 개발

B-c. Platform for Advanced Wireless Research

첨단 무선 연구 플랫폼(PAWR)¹⁵⁾은 NSF와 30개 기업 및 협회로 구성된 무선 산업 컨소시엄이 최대 4개의 도시 규모의 연구 테스트 베드를 구축 및 관리하기 위해 1억 달러의 자금을 지원하는 민간 파트너십이다. PAWR은 미국 학계와 산업계 무선 연구 커뮤니티가 구상한 첨단 무선 연구 플랫폼을 지원하는 것을 목표로 한다. PAWR은 미국의 무선 생태계를 혁신할 강력한 새로운 무선 장치, 통신 기술, 네트워크,

12) <https://new.nsf.gov/funding/opportunities/resilient-intelligent-nextg-systems-rings>

13)

<https://www.nsf.gov/pubs/2021/nsf21581/nsf21581.htm#:~:text=The%20RINGS%20program%20seeks%20innova>

14) https://www.nsf.gov/mps/oma/spectrum_innovation_initiative.jsp.

15) <https://advancedwireless.org/>.

시스템 및 서비스에 대한 실험을 통해 연결성을 강화하고, 새로운 사물 인터넷 기술(IoT)을 활용하는 것을 목표로 한다.

그밖에 백악관 국가안보회의¹⁶⁾, 연방통신위원회(FCC) 기술자문 위원회¹⁷⁾, 국방부¹⁸⁾, 국토안보부¹⁹⁾ 등에서도 관련 노력을 진행 중이다.

C. 관련 예산 지원 현황²⁰⁾

C-1. 바이든-해리스 행정부, 무선혁신 기금(Wireless Innovation Fund)

2023년 8월, 미국 상무부 산하 국립통신정보청(Department of Commerce's National Telecommunications, NTIA)은 공공 무선 공급망 혁신 기금(Public Wireless Supply Chain Innovation Fund) 으로부터 약 550만 달러의 첫 번째 보조금을 수여했다.

Applicant	Funding Amount	Project Title and Description
Northeastern University	\$1,989,783.00	TENORAN: Automated and fine-grained energy-efficiency profiling of Open RAN systems via high-fidelity standardized testing scenarios Creation of a fine-grain, end-to-end, and accurate energy efficiency testing platform that we refer to as TENORAN, which will enable the construction of sustainable and energy-efficient wireless networks.
New York University (NYU)	\$2,000,000.00	Testing for Open, Secure and Adaptive Spectrum Sharing The broad goal of the project is to develop testing and evaluation procedures for open and interoperable solutions for Next Generation (5G-Advanced and Beyond) RAN components with a focus on both shared and adversarial spectrum scenarios.
DeepSig Inc.	\$1,492,269.00	Improving O-RAN Air-Interface Performance with Data-Driven and Generative AI Testing and Evaluation Methods A research and development program to dramatically improve the fidelity, speed, and repeatability of OpenRAN (ORAN) Air-Interface performance testing by employing data and AI to model the propagation and interference environment more accurately and efficiently. This program will create a new set of standard ORAN air-interface performance measurement tools and scenarios that will revolutionize the evaluation of interoperable ORAN components under real world conditions.

그림 4 공공 무선 공급망 혁신기금 배정 기관(출처: U.S. Department of Commerce)

16) <https://www.openranpolicy.org/wp-content/uploads/2023/04/principles-for-6g.pdf>

17)

https://www.fcc.gov/sites/default/files/Consolidated_6G_Paper_FCCTAC23_Final_for_Web.pdf

18)

<https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3114220/three-new-projects-for-dods-innovate-beyond-5g-program/>.

19) <https://www.dhs.gov/science-and-technology/5g6g>.

20) U.S. Department of Commerce, August 8, 2023

15억 달러 규모의 무선 혁신 기금은 바이든-해리스 행정부의 ‘미국에 투자하기(Investing in America)’ 의제의 일환으로 개방적이고 상호 운용이 가능한 무선 네트워크 개발을 지원한다. 개방적이고 상호 운용이 가능한 무선 장비는 경쟁을 촉진하고 글로벌 공급망의 회복력을 강화하며 소비자와 네트워크 운영자에게 비용 절감을 가져올 것으로 기대된다. 이번 기금은 2022년 CHIPS 및 과학법(CHIPS and Science Act)에 따라 조성되었으며, 향후 10년 동안 15억 달러가 개방형 및 상호 운용 가능한 네트워크 개발에 투자될 예정이다. NTIA는 첫 번째 기금 라운드에서 최대 1억4050만 달러의 보조금을 수시로 제공할 계획이다. 관련하여 2024년 7월까지 open Radio Unit 상용화 및 혁신을 테마로 신청을 접수 받았으며, 최종 선정된 연구에 대해서는 건당 최대 4천5백만불의 자금을 지원한다는 계획을 갖고 있다.

C-2. 미 국방부(Department of Defense) 마이크로전자공학 혁신 촉진을 위한 FY24 프로젝트²¹⁾

미 국방부는 CHIPS 및 과학법(CHIPS and Science Act)의 시행 이후, 바이든 대통령의 ‘Investing in America’ 의제의 일환으로 마이크로전자 공공지원 (Microelectronics Commons, 이하 Commons) 공모 프로젝트(Call for Projects, CFP)를 발표하며, 최대 2억8천만 달러를 국내 마이크로전자 프로토타이핑 및 제작을 지원하는 프로젝트에 투입할 계획임을 밝혔다. 이는 미군의 기술적 우위를 강화하고 미국 마이크로전자 제조 산업을 발전시키려는 국방부의 의지를 반영하며, 회계연도 3분기에 이루어질 예정이다. 국방부는 전국의 기업과 대학이 참여함으로써, 이 프로젝트들은 미국의 국가 안보와 경제적 경쟁력에 필수적인 첨단 마이크로전자 제품의 국내 생산을 촉진할 것이라고 밝혔다.

미 의회에서 2022년 CHIPS 및 과학법을 통과된 이후, 마이크로전자의 설계, 제조, 패키징 및 테스트의 국내화를 통해 미 국방산업 기반

21) DOD, Microelectronics Commons FY24 Call for Projects to Catalyze U.S. Microelectronics Innovation, 2023.12

인프라는 최첨단 기술에 대한 안정적 접근을 확보하여 전투 플랫폼과 무기 체계의 성능을 향상시킬 수 있었다. 현재 미국 내 대학과 기업이 개발한 마이크로전자 설계는 대규모 생산으로 이어지기 어려운 경우가 많고, 연구실에서 검증된 기술이라도 제조 준비성이 부족할 수 있기 때문에 Commons 프로그램은 국가 안보에 필수적인 마이크로전자 기술이 연구실에서 제조로 원활하게 전환되도록 지원하는 것을 목표로 한다.

Commons는 미국 국방산업 기반이 세계 최고의 마이크로전자 제품을 국내에서 안정적으로 공급받을 수 있도록 하며, 미래 전투원의 수요에 대응할 수 있는 기술 개발을 선도할 수 있도록 할 것이다. 이를 통해 미국의 기업과 대학은 국방부와 민간 시장을 대상으로 대규모 마이크로전자 혁신 기술을 시연할 수 있는 기회를 얻게 된다.

국방부는 Commons 프로그램에 총 20억 달러를 투입하며, 다음 여섯 가지 주요 기술 분야에 걸쳐 자금을 배분할 계획이다. 예를 들어, 보안 엣지(Secure Edge)/사물인터넷(IoT) 컴퓨팅, 5G/6G 기술, 인공지능 하드웨어, 양자 기술, 전자기 전쟁 기술(Electromagnetic Warfare), 상용 도약 기술(Commercial Leap Ahead Technologies)이다. 국방부는 상무부 및 기타 연방 기관들과 협력하여 미국의 마이크로전자 전략을 설계하고 구체적으로 시행할 계획이다.

C-3. 미 의회, H.R.1513 - FUTURE Networks Act 법안²²⁾

H.R.1513, 즉 'FUTURE Networks Act'는 연방통신위원회(FCC)에 '6G 태스크포스'를 설립하도록 지시하는 법안이다. 이 태스크포스는 통신 산업의 신뢰할 수 있는 기업, 공익 단체 또는 학술 기관, 그리고 연방, 주, 지방, 부족 정부의 대표들로 구성된다. 설립 후 1년 이내에 6세대(6G) 무선 기술에 대한 보고서를 의회에 제출해야 하며, 이 보고서에는 6G 기술의 표준 설정 현황, 잠재적 활용 사례, 공급망

22) 118th US Congress(2023-2034), H.R.1513-FUTURE Networks Act.,Rep. Matsui, Doris O. [D-CA-7]

<https://www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/1513>

및 사이버 보안과 같은 제한 사항, 그리고 정부 간 협력 방안 등이 포함된다.

법안의 시행 비용은 50만 달러 미만으로 추정되며, FCC의 연간 수수료 징수 권한을 통해 이러한 비용이 상쇄될 것으로 예상된다. 이 법안은 2024년 9월 18일 하원에서 393대 22의 표차로 통과되었으며, 현재 상원에서 검토 중이다. 이 법안의 주요 목적은 미국이 6G 기술 개발에서 선도적인 위치를 유지하도록 지원하는 것이고, 이를 통해 미국의 경제 및 국가 안보를 강화하고, 미래의 무선 통신 기술 발전을 촉진하려는 의도가 담겨 있다.

(3) 타 국가와의 협력

A. 미국-EU

미국은 2024년 EU 무역기술위원회(TTC)와 ‘6G 발전: 대서양 횡단 협력을 위한 비전(Advancing 6G: A Vision for Transatlantic Collaboration)’이라는 내용의 공동선언서를 채택하였다. 이는 2024년 2월 모바일 월드 콩그레스(MWC)에서 호주, 캐나다, 체코, 핀란드, 프랑스, 일본, 대한민국, 스웨덴, 영국, 그리고 미국 등 10개국이 채택한 “6G를 위한 원칙을 지지하는 공동 성명: 설계상의 안전성, 개방성, 회복력”이라는 공동 성명과 그 주요 내용이 매우 흡사하다.²³⁾ 미국과 EU TTC가 채택한 공동선언문의 주요 내용은 아래와 같다.²⁴⁾

23) 동 공동선언문도 개방적이고, 글로벌하며, 상호 운용이 가능하고, 신뢰할 수 있고, 탄력적이며, 안전한 연결을 달성하기 위한 국제 협력의 중요성을 강조하면서, 6세대(6G) 무선 통신 시스템의 연구와 개발을 안내하는 공유 원칙을 설명하며, 1)국가 안보를 보호하는 신뢰할 수 있는 기술, 2) 국가 안보 이익을 보호하는 6G 기술 개발, 3) 안전하고, 탄력적이며, 프라이버시 보호: 6G 시스템이 사용자의 프라이버시와 데이터 무결성을 보호하기 위해 강력한 보안 조치로 설계되도록 보장, 4)글로벌 산업 주도 및 포괄적 표준 설정 및 국제 협력을 강조한다.

24)

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/advancing-6g-vision-transatlantic-collaboration>

A-1) 6G 비전: 보안, 개방성, 복원력을 갖춘 설계

1. 신뢰할 수 있는 기술 및 국가 안보 보호
2. 보안, 복원력 및 개인 정보 보호
3. 글로벌 업계 주도의 포괄적인 표준 설정 및 국제 협력
4. 개방적이고 상호 운용 가능한 혁신을 실현하기 위한 협력
5. 경제성, 지속 가능성 및 글로벌 연결성
6. 스펙트럼 및 제조에 대한 고려

A-2) 6G 연구 및 혁신 협업

새롭게 부상하는 6G 지원 애플리케이션은 공공 안전, 보안, 복원력, 상호 운용성, 경제 경쟁력, 디지털 형평성 등의 국내 사회적 목표와 유엔의 지속 가능한 개발 목표, 환경 목표 등의 국제적 목표, 생산성, 비용 절감, 품질, 시장 출시 시간 등의 기업 목표에 모두 기여할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 고급 커뮤니케이션의 사용 시나리오는 6가지 새로운 카테고리로 확장된다: 몰입형 커뮤니케이션, 초신뢰성 및 저지연 커뮤니케이션, 대규모 커뮤니케이션, 통합 AI 및 커뮤니케이션, 통합 센싱 및 커뮤니케이션, 유비쿼터스 연결. EU와 미국 산업계는 기술 솔루션을 함께 제공하기 위해 6가지 주요 협력 분야를 선정한다.

- (1) 환경적, 사회적, 경제적 **지속가능성 목표를 해결**하기 위해 공동으로 협력하고, 발자국 감소(지속 가능한 6G)와 활성화된 혜택, 즉 핸드프린트(지속가능성을 위한 6G)를 위해 노력한다.
- (2) 무선 통신, 특히 **미드밴드에서 서브-THz 범위의 무선통신**을 위한 마이크로 일렉트로닉스 사용과 관련된 반도체 연구에 참여한다.
- (3) 다양한 이해관계자 간의 표준화된 인터페이스를 통해 분리된 **6G 클라우드 아키텍처**를 활성화한다.
- (4) **개방형 네트워크 솔루션**을 위한 EU-미국 공동 연구 및 혁신 환경을 강화하여 새로운 결과가 점진적으로 더 높은 기술 준비 수준(TRL)에 도달할 수 있도록 한다.

- (5) i) 에너지 효율적인 AI/ML 연구, ii) 참조 데이터 세트 및 AI/ML 모델 구축, iii) 신뢰할 수 있는 AI/ML 및 개인정보 보호 정책 협력 등 AI 네이티브 에어 인터페이스 및 네트워크/기기 협업의 주요 트렌드를 설정하기 위해 협력한다.
- (6) 공급망부터 공격 후 복구에 이르기까지 6G 네트워크를 위한 새로운 복원력 메커니즘을 구축하기 위해 힘을 합친다. 협업 분야에는 6G 장비 및 소프트웨어에 필요한 기존 보안을 활용하고 새로운 보안 기대치를 개발하는 것과 공격 탐지, 예방 및 대응을 위한 내용이 포함된다.

또한 모든 대역을 고려하는 것이 중요하다는 점을 인식하여 6G 네트워크가 6G 스펙트럼을 조화시키는 데 사용할 수 있는 스펙트럼 기회를 식별하기 위해 가능한 경우 추가 협력을 추진한다. 이 밖에도 공동 협력에는 다음 사항도 포함된다:

- 민간 부문, 학계, 정부 간의 적극적인 협업 계획.
- 공동 6G 기술 개발을 기반으로 한 포괄적인 협력.
- 6G의 빠른 글로벌 상용화와 채택을 위한 일련의 전략
- 공통 표준: 3GPP에서 6G를 위한 하나의 공통된 글로벌 표준을 달성하기 위해 노력하고 2030년과 그 이후를 위한 IMT-2030 비전 실현을 위해 적극적으로 협력한다.
- 개방성: 개방형 네트워크는 개방형 인터페이스를 의미하며 개방형 네트워크 기능 정의로서, 네트워크 진화의 일부인 하드웨어 및 소프트웨어 분리를 목표로 한다.
- 벤티컬: EU와 미국은 산업 IoT, 자동차 및 운송, 미디어 및 엔터테인먼트, 공공 안전, 스마트 시티, e헬스, 농업 등 다양한 수직산업에서 가치 창출 기회를 공동으로 모색한다.

(4) 오픈랜에 대한 논의

Open RAN은 미국 시장에서 자국의 안보(security) 관점과 network 구축 비용을 줄이고 미국 내 자국 업체들의 네트워크 시장 내 경쟁력을 높이려는 시장 활성화 관점에서 논의되고 있는 상황이다. 그러나 미국 Wilson Center는 2023년 Open RAN을 둘러싼 변화가 modest하였고 시장에 mixed signal이 발생하고 있음을 지적하며, Open RAN 확산이 필요하다면 정부 차원의 명확한 목표 설정과 policy intervention이 필요한 이유, Open RAN 평가를 위한 명확한 기준 설정이 필요하다고 판단하고 있기도 하다.²⁵⁾

A. 정책 동향

2023년 10월 미국, 영국, 호주, 캐나다, 일본은 통신장비 공급업체 다양화 등의 이슈에서 협력을 논의하기 위한 Global Coalition on Telecommunications(GCOT)를 구성하였다.²⁶⁾ 5개국은 공동성명서를 발표하고, 통신분야 공급망 다변화, 6G 등 미래 통신기술 및 보안과 안정성의 확보, 통신기술 표준 개발 등 다양한 통신분야 주제들에 있어 협력하기로 하였다.

2023년 9월에 열린 Open RAN Global Forum 2023에는 통신사업자와 네트워크 장비 제조사/공급업체, SW/HW 업체, system integrator 등이 모여 Open RAN 생태계 현황, 연구개발 경과, 시장에서의 적용 현황, Open RAN의 상호운용성과 성능 문제, Open RAN에 있어서의 RIC의 중요성 등을 논의하였다.

※ 주요 참석자 : AT&T, UScelluar, Intel, Small Cell Forum, Jio, Vodafone, DISH network, Verizon, Deutsche Telekom, NTT Docomo 등

25) wilsoncenter.org

26) openranpolicy.org, ntia.gov

2023년 8월 DeepSig(무선통신분야 AI, Machine Learning 이용 혁신 기업)가 NTIA(National Telecommunication and Information Administration)에서 제공하는 Public Wireless Supply Chain Innovation Fund*의 첫 번째 수혜자로 선정되어 약 150만 달러를 지원받았다. 관련하여 첫 번째 Grant recipient 선정을 위해 Open RAN R&D에 1억 4,600만달러, 상호정합성과 보안 등을 위한 testing 및 evaluation에 12억 달러의 예산 지원이 신청된 바 있었다.

* Public Wireless Supply Chain Innovation Fund : '21년 National Defense Authorization Act에 따라 승인된 펀드, '22년 바이든 정부는 CHIPS와 Science Act를 통해 15억 달러 규모를 지원함

- 무선 분야 혁신을 이끌고, 미국과 우방국의 중소기업들에 기회를 제공, 경쟁을 촉진하며, 공급망 안정성을 높이려는 목적, 개방적이고 상호운용가능한 장비들의 testing과 연구개발 지원을 통해 이들의 상업적 이용·확산을 촉진, 새로운 5G 장비, Multi-vendor 장비 간 결합과 연결 등 정합성 확보를 지원하며, 개방적 표준, 다양하고 상호운용가능한 네트워크의 가상화와 보안성의 특징을 정의하고 확산하고자 함

2023년 5월 NTIA는 Open RAN Security Report를 발표하고, Open RAN의 보안 위협을 축소하고 관리하기 위한 방안을 제시하였다. 동 보고서는 Open RAN 또한 전통적 RAN에 버금가는 수준의 보안을 확보할 수 있다고 판단하였다. 해당 보고서는 Open RAN과 전통적인 RAN에 가해지는 보안위협은 사실상 큰 차이가 없는 수준으로, Open RAN이 네트워크 상의 “attack surface”를 다소 넓히긴 하나, Open RAN 환경에서만 특수하게 발생하는 보안위협은 4% 수준에 그친다고 설명하였다. 동 보고서는 Cloud 기반의 구조는 전통적 RAN과 Open RAN, 양측 모두에게 동등하게 영향을 미치는 것이며, AI, Machine Learning, Open Source SW는 Open RAN에 특수한 것도 아니며, 이들 관련 보안 문제는 해결이 불가능한 것도 아니라고 설명하였다. 또한 Open RAN은 operator들이 개방적, 표준화된 specifications를 기반으로 직접 네트워크 보안을 관리를 가능케 한다는 점, 가상화된 클라우드 환경에서 훨씬 효과적으로 보안 이슈를 해결할 수 있다는 점, 현재 수동으로 이뤄지는 많은 작업을 자동화시켜 작

업과 관리의 가시성을 높인다는 점에서 보안관리 상의 이점이 더 많다고 평가하였다.

더불어 최근의 새로운 접근방식들과 마찬가지로 Open RAN 또한 보안 관리의 역학관계에 있어서 Operator의 역할을 강조하며 전반적인 시스템에 대한 Operator들의 이해도 제고가 중요함을 강조하고, 최종적으로 공급망의 신뢰를 높이게 만드는 것은 Operator의 역할임을 강조하였다. Open RAN 공급업체, 시스템 integrators, 그리고 Operators는 모두 자신의 기술에 대한 분석하고 시험을 거쳐 상호 의존성을 확보하고, 발생할 수 있는 취약점을 제거하기 위해 노력해야 한다는 입장이다.

B. 글로벌 시장 상황

2023년 발표된 Grand View Research의 보고서에서 글로벌 Open RAN 시장 규모는 '22년 16억 4,750만 달러로 추산되었으며, '23년부터 '30년까지 연평균 성장률(CAGR) 33.0%로 예측되었다. 관련하여 Open RAN 시장은 구축형태(Private Cloud, Public Cloud), 네트워크(4G, 5G), 구성요소(SW, Service), 주파수 대역(Sub-6GHz, mmWave)에 따라서 구분된다고 판단하였다.

다만 전반적인 Open RAN 시장은 급격히 성장한 2022년에 비해 2023년에는 다소 주춤하였는데²⁷⁾, 관련하여 Dell'Oro Group의 발표에 따르면 '23년 1분기에 Open RAN 시장의 수익이 10~20% 증가하였는데 이는 2배 이상씩 수익이 증가하였던 '22년에 비해서는 완화된 수치였다고 한다. 이에 대하여 Dell'Oro Group은 현재 Open RAN 시장이 소수 사업자(Operator)가 주도하는 형태로 이들의 투자 속도에 따라 전체 Open RAN 시장이 크게 영향을 받고 있어, 해당 사업자들이 5G 구축 투자를 늦춘 것이 나타난 것이라고 설명하였다. 그밖에 LighthCounting Market Research, Analysys Mason도 Dish,

27) sdxcntral.com

Rakuten Mobile 등이 Open RAN을 운영하고 있기는 하나, 이들은 시장 내에서 지배력이 제한된 신규 업체라는 점에서 Open RAN 시장 성장을 주도하기에는 한계가 있다는 점을 지적한 바 있다.

그럼에도 불구하고 Dell'Oro Group은 '23년 말까지 전체 RAN 시장에서 Open RAN 장비가 6~10%를 차지할 것으로 보고 있으며, '23년 1분기의 성장률 둔화에도 불구하고, Open RAN 자체가 당초 예상보다 빠른 속도로 가속화되고 있는 것으로 판단한다고 밝혔다. 이와 관련 동 보고서는 삼성, NEC, Fujitsu, Rakuten Symphoney 및 Mavenir가 Open RAN 시장에서 두각을 나타내는 업체라고 판단한 바 있다. 참고로 2023년 Vodafone은 Open RAN을 약 10만개 이상의 유럽 내 Cell site에 확대 구축하여 전체 네트워크의 30% 수준까지 Open RAN을 구축량을 높이겠다고 밝힌 바 있다.

C. 미국 내 시장 상황

2023년 12월 AT&T와 Ericsson은 향후 5년간 약 140억달러 규모의 Open RAN 인프라를 구축할 것이라는 계획을 공동으로 발표하였다.²⁸⁾ 동 구축은 '24년부터 진행될 예정으로, AT&T는 기존 특정 기업에 종속적인 인터페이스에서 벗어나 다양한 업체의 하드웨어들을 활용하여, 더 빠르게 사이트 구축을 확장하고 관리할 것으로 기대된다. 관련하여 2025년부터는 Corning Incorporated, Dell, Intel등 여러 공급업체가 함께 협력하여 무선 네트워크 전반에 걸친 Open RAN 환경 조성에 참여할 예정이며, AT&T는 이를 통해 '26년 말까지 무선 네트워크 트래픽의 70%가 개방형 환경에서 전달되도록 한다는 목표라고 밝힌 바 있다. 이를 위해 AT&T는 Nokia의 장비를 네트워크에서 제거하였다고 밝힌 바 있다.(AT&T CFO Pascal Desroches, '12월 투자자 행사)

28) att.com, ericsson.com

2) 기타 주요국가 및 주요 국제기구/협단체 동향

(1) 유럽연합(EU)

유럽 전자통신법(European Electronic Communications Code)은 유럽연합(EU) 내 전자통신 서비스, 네트워크, 관련 시설 및 서비스의 규제에 대한 포괄적인 법적 프레임워크이다. 이는 네트워크의 구축을 촉진하기 위한 스펙트럼 할당, 네트워크 보안, 경쟁 촉진 등의 규정을 포함하고 있다.²⁹⁾

위원회 규정 2021/2085에 따라 2021년 11월, 스마트 네트워크 및 서비스 공동 사업(SNS JU: Smart Network and Service Joint Undertaking)이 친환경 및 디지털 전환을 촉진하기 위한 유럽 파트너십 중 하나인 법적 및 자금 지원 단체로 설립했다.³⁰⁾ 이는 유럽 파트너십 중 하나로, 6G 시스템에 대한 연구 및 혁신 역량을 구축하고 유럽의 디지털 및 친환경 전환을 위한 기반으로 5G 인프라의 선도 시장을 개발하는 것을 목적으로 한다. 이 파트너십은 유럽위원회(EC)와 6G 스마트 네트워크 및 서비스 산업 협회(6G-IA)*가 공동으로 주도한다.

* 6G-IA 6G-IA는 통신사, 제조업체, 연구기관, 대학, 업종, 중소기업, ICT 협회 등 통신 및 디지털 주체로 구성된 글로벌 산업 커뮤니티

SNS JU는 스마트 네트워크 및 서비스 투자에 EU와 업계의 자원을 공동으로 활용할 수 있도록 지원한다. 6G 연구 및 혁신, 첨단 5G 네트워크 구축에 대한 회원국과의 협력을 촉진한다. SNS JU는 2021~2027년 동안 9억 유로의 EU 예산을 목표로 2022년 12월, SNS JU는 2023~24년 동안 1억 3,200만 유로의 공공 자금을 배정받아 프로그램의 2단계에 착수한 바 있다. 6G SNS JU 아젠다는 다음 네 가지 작업 스트림의 프로젝트에 대해 두 차례의 제안 요청을 발표한 바 있다.

29) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L1972>

30) <https://smart-networks.europa.eu/>.

- 스트림 A: 5G 에볼루션 시스템을 위한 스마트 통신 구성 요소, 시스템 및 네트워크.
- 스트림 B: 급진적인 기술 발전을 위한 연구(6G 및 IoT, 디바이스 및 소프트웨어의 급진적인 발전에 대비).
- 스트림 C: SNS 인에이블러 및 개념 증명(PoC)으로, SNS의 이후 단계에서 추가로 사용할 수 있는 실험적 인프라 개발을 포함.
- 스트림 D: 버티컬 영역에서 기술 및 고급 애플리케이션과 고급 서비스를 탐색하고 시연하는 데 필요한 인프라를 포함한 대규모 SNS 시험 및 파일럿을 진행.

2024년 11월에는 유럽연합(EU)에서 6G 연구 프로젝트를 지원하기 위해 SNS JU에 5억 유로(약 5억 3,000만 달러)의 자금을 제공하기로 했다.³¹⁾ 이번 투자로 35개의 신규 프로젝트가 선정되었는데 이 프로젝트들은 대부분 6G 기술 개발, 네트워크 효율성 향상, 지속 가능한 통신 인프라 구축에 중점을 둘 예정이다. 유럽연합은 이 자금을 통해 글로벌 경쟁력을 확보하고, 유럽의 기술 자립성을 강화하려는 목표를 가지고 있으며 특히 네트워크 보안, 에너지 효율성, 인공지능 기반의 네트워크 관리 기술 개발이 주요 과제로 언급되었다.

6G 스마트 네트워크 및 서비스 산업 협회(6G-IA)³²⁾는 차세대 네트워크 및 서비스를 위한 유럽 산업 및 연구를 대표한다. 이들의 목표는 5G, 5G 진화 및 SNS/6G 연구에 대한 유럽의 리더십에 기여하는 것이다. 6G-IA는 5G 공공 민간 파트너십과 SNS JU 모두에서 민간 측을 대표하며, 유럽위원회는 공공 측을 대표합니다. 6G-IA는 통신사, 제조업체, 연구기관, 대학, 업종, 중소기업, ICT 협회 등 통신 및 디지털 주체들로 구성된 글로벌 산업 커뮤니티를 하나로 모은다. 6G-IA는 표준화, 주파수 스펙트럼, R&D 프로젝트, 기술력, 주요 수직 산업 부문과의 협력(특히 시험 개발), 국제 협력 등 전략적 영역에서 광범위한 활동을 수행하는데, 2023년 5월 장관급 회의에서 미국-EU 기술무역위원회

31)

<https://www.datacenterdynamics.com/en/news/sns-ju-receives-500m-in-eu-funding-for-6g-research-projects/>

32) <https://6g-ia.eu/>.

는 6G-IA와 Next G Alliance에 "2023년 말까지 임시, 공통, 조정된 6G 산업 로드맵"을 개발하기 위해 협력할 것을 요청한 바 있다.³³⁾ 이 로드맵은 EU와 미국 정부가 수립한 무역기술위원회 6G 공동 비전에 반영될 예정이다.

6G 플래그십³⁴⁾은 2018년부터 2026년까지 핀란드 정부의 국가 연구 선도 프로그램의 일환이다. 핀란드 오울루 대학교를 중심으로 한 동 프로그램은 EU의 지원을 받아 6G 기술 연구를 선도하고 있으며 특히 차세대 무선 기술, 네트워크 아키텍처, 인공지능 통합 등을 연구하고 있다. 6G 테스트 네트워크 구축을 위한 필수 6G 기술 구성 요소, 도구 및 장비를 개발하고, 사회 디지털화를 가속화하기 위한 6G용 수직 애플리케이션을 개발하고 있다. 특히 2023년에는 Hexa-X-2를 발표했다. 이는 연구 중심 6G 플래그십 프로젝트를 노키아, 에릭슨 등 민간 기업까지 참여하는 프로젝트로 확장한다는 취지이다.³⁵⁾

유럽의 **5G PPP(5G Public-Private Partnership)**는 유럽연합 집행 위원회와 유럽 ICT 산업 간의 공동 이니셔티브로, 5G 네트워크의 연구, 개발, 표준화 및 상용화를 촉진하기 위해 설립되었다. 이 파트너십은 5G 인프라의 혁신을 주도하며, 현재는 5G 고도화(5G-Advanced)와 6G 기술 개발에 중점을 두고 있습니다. 특히, 스마트 네트워크 및 서비스(SNS) 프로그램을 통해 5G 고도화 및 6G 관련 33개의 프로젝트를 진행하고 있다.

유럽우주국(ESA)은 6G 이동통신 기술이 전 세계에 어떤 영향을 미칠지, 위성이 6G 연결성을 제공하는 데 어떤 역할을 할 수 있을지 연구하고 있다. 고급 통신 연구 프로그램은 6G 위성 기술의 개발 및 적용을 통해 산업 파트너를 지원한다. ESA의 5G/6G를 위한 우주 및 지속 가능한 연결 전략 프로그램 라인은 산업 파트너와 협력하여 위성 연결을 통신 인프라에 통합하는 테스트와 실험을 지원한다.³⁶⁾

33) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/6g-outlook>.

34) <https://www.6gflagship.com/>

35) [스페셜리포트]美·中 기술 냉전, 6G 경쟁으로 확산 23.6.1. 전자신문

36)

https://connectivity.esa.int/sites/default/files/ESA_6G_White%20Paper_Dev_Proof_V14..p

EU내 개별 국가 중에서는 독일이 2021~2025년 사이에 6G 연구를 지원하기 위해 7억 유로를 추가로 투자하겠다고 발표한 바 있으며, 2023년 7월, **프랑스 정부는** 국립과학연구센터와 학술 기관인 프랑스 텔레콤이 관리하는 새로운 R&D 프로그램인 프랑스 6G 프로젝트의 출범을 발표한 바 있다.

(2) 일본 - Beyond 5G 프로모션 컨소시엄

일본은 6G 기술을 국가 발전 전략의 중심에 두고, 조기 상용화를 위해 정부와 민간이 협력하는 다양한 정책과 프로젝트를 추진하고 있다. 총무성은 국립정보통신기술연구소(NICT)에 6G 연구개발(R&D) 지원을 목적으로 약 4억 5천만 달러(약 5940억 원)의 예산을 투입했다.³⁷⁾

일본의 Beyond 5G 추진 컨소시엄은 산-학-관 협력체로, 차세대 네트워크 기술 개발과 글로벌 경쟁력 강화를 목표로 설립되었다. 이 컨소시엄은 최신 국제 동향과 연구 성과를 공유하고, 구체적인 R&D 프로젝트와 정책을 수립하며, 일본의 기술적 성과와 비전을 국제 사회에 알리는 플랫폼 역할을 수행한다. 이를 통해 2030년대 강력하고 지속 가능한 사회 구현을 목표로 기술 개발을 가속화하고 있다.

일본은 6G 기술을 국가 비전인 ‘소사이어티(Society) 5.0’ 실현을 위한 필수 기술로 간주하고, 이를 뒷받침할 종합적인 추진 전략을 수립했다. 총무성은 도쿄대, 토요타, NTT, 도코모, 도시바 등 주요 기업과 학계, 연구기관이 참여하는 민관 합동 컨소시엄을 결성했다. 비욤드5G 신경영전략센터(Beyond 5G New Management Strategy Center)는 지적재산 관리 및 국제 표준화 전략을 총괄하는 기관으로, 글로벌 시장에서의 일본의 기술적 영향력을 확대하기 위해 설립되었다. 이 센터는 6G 관련 특허 확보와 표준화 주도를 목표로 활동하며, 글로벌 시장 점유율 30% 달성을 위한 세부 목표를 수립하고 있다.³⁸⁾

df.

37) <https://b5g.jp/en/>

(3) 인도 - TIG 6G

2023년 7월 3일, 인도 정부는 바라트 6G 얼라이언스의 설립을 공식 발표했다.³⁹⁾ 이는 공공 및 민간 기업, 학계, 연구 기관, 표준 개발 기관으로 구성된 협력 단체로서, 인도 기술제품 및 서비스의 시장 진출을 가속화하여 인도가 6G 기술 분야의 글로벌 리더로 부상할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. 인도 내에서 표준 관련 특허를 신속하게 창출하고 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 및 ITU와 같은 표준화 조직에 적극적으로 기여할 예정이다.

관련하여 2023년 6월 인도 모디 총리의 미국 방문 당시 바이든 대통령과 모디 총리는 안전하고 신뢰할 수 있는 통신, 탄력적인 공급망, 글로벌 디지털 포용을 실현하는 데 중점을 둔 공동의 통신 기술 비전을 인정한 바 있다. 이 비전을 달성하기 위해 두 정상은 인도의 바라트 6G 얼라이언스와 미국 NGA가 주도하는 민관 협력을 기반으로 5G/6G 기술을 개발하기 위한 공동 노력을 펼치기로 하였다.

(4) 중국

중국은 6G 기술 개발을 위해 정부와 산업계가 협력하는 체계를 구축하고 있다. 과학기술부와 산업정보기술부가 중심이 되어 IMT-2030(6G) 추진 그룹을 결성하고 연구개발(R&D)을 지원하고 있다.⁴⁰⁾ 2020년 12월, 과학기술부는 '국가 중점 R&D 프로젝트'의 일환으로 15개의 연구 과제를 시작하며 본격적인 기술 개발에 착수했다.

중국은 5G 시장에서 강력한 입지를 확보하고 있으며, 전 세계 5G 표준특허 점유율의 26.8%를 차지하고, 글로벌 5G 장비 시장에서도 47.7%의 점유율을 기록하고 있다. 이러한 기술적 우위를 6G에서도 이어가겠다는 목표로, 국가와 기업이 대규모 투자와 협력을 지속하고 있

38) <https://www.etnews.com/20230601000138>

39) <https://bharat6galliance.com/>.

40) <https://www.chinadaily.com.cn/a/202304/29/WS644c5c9fa310b6054fad0706.html>.

다. 특히, 중국 정부는 '귀왕 프로젝트'를 통해 위성통신 인프라 확장을 추진하고 있다. 이 프로젝트는 저궤도 위성 1만 2992기를 발사하여 글로벌 통신망을 구축하는 것을 목표로 한다. 508~600km 고도의 통신위성 6080개와 1145km 고도의 위성 6912개를 운영할 계획으로, 주파수 특성을 활용한 6G 인프라 우위를 확보하려는 전략이다.⁴¹⁾

중국의 기술 개발은 범정부 차원의 조직적 지원과 공격적인 투자로 뒷받침되고 있다. 2019년, 중국은 6G R&D 전략 수립을 위한 정부 전담 기구를 발족했으며, 2021년 전국인민대표대회를 통해 6G 기초연구 예산을 10.6% 증액했다. 제14차 5개년 계획에서도 매년 7% 이상의 R&D 예산 증액을 공식화했다. 또한, 중국정보통신원(CAICT) 산하 IMT-2030 추진 그룹은 6G 백서를 발간하며 국제표준 선점을 목표로 연구를 진행하고 있다. 전 세계적으로 출원된 약 2만 건의 6G 특허 중 중국 기업이 40.3%를 보유하고 있다. 이러한 지적 재산권 확보는 6G 경쟁에서 중국의 기술적 주도권을 강화하는 주요 수단으로 작용하고 있다.⁴²⁾

(5) ITU

2022년, ITU-R은 2030년 이후를 위한 국제 이동 통신(IMT)의 추가 개발에 관한 결의안(이하 IMT-2030)을 채택했다. 이후 ITU-R에서는 이러한 미래 개발의 주요 목표에 대한 프레임워크와 비전에 대한 ITU-R 권고안을 개발하고 IMT-2030 개발을 위한 전반적인 타임라인을 채택하는 작업이 시작되었다. ITU-R의 타임라인은 2030년부터 시작되는 초기 6G 구축을 지원하기 위해 2027년에 IMT-2030 표준 개발 작업이 시작될 것으로 예상하고 있다. 이 프레임워크에는 예상되는 IMT-2030 사용 시나리오와 IMT-2030의 주요 기술 기능에 대한 설명이 포함되어 있으며, 향후 기술 성능 요구 사항을 정의하기 위해 추가 개발될 예정이다.

41) https://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2023051502101231029001

42) <https://www.etnews.com/20230601000138>

ITU-R은 풍부하고 몰입감 있는 사용자 경험, 향상된 유비쿼터스 커버리지, 새로운 형태의 협업을 지원하는 IMT-2030 프레임워크에 대한 권고안 ITU-R M.2160을 발표했다. IMT-2030은 IMT-2020에 비해 확장되고 새로운 사용 시나리오를 지원하는 동시에 향상된 새로운 기능을 제공할 것으로 예상된다. 포용적 정보 사회를 지원하고 UN의 지속 가능한 개발 목표를 촉진하기 위해 IMT-2030의 개발은 포용성, 유비쿼터스 연결성, 지속가능성, 혁신, 보안, 개인정보 보호 및 복원력 강화, 표준화 및 상호 운용성, 상호 연동 등의 분야에 우선순위를 둘 것으로 예상된다. 또한 ITU-R은 위성을 IMT-2030에 포함하는 방안을 검토하고 있다. 워킹 파티 4B에서 이 중요한 노력에 대한 작업이 진행 중이다.

(6) 3GPP

국제 이동통신 표준화 협력 기구인 3GPP는 6세대 이동통신(6G) 표준화를 위한 활동을 단계적으로 진행하고 있다. 2023년 12월 개최된 기술총회에서 6G 표준화의 주요 일정을 확정했다. 이 회의에서 3GPP는 Release 20에서 6G 연구를 시작하기로 결정했다. 이는 Release 19의 기능 동결과 연계되어 진행된다. Release 20은 6G 유스케이스 관련 논의를 시작으로, 2025년 3월, 6G 기술 워크숍을 거쳐 6월에 Release 20 패키지인 연구 범위를 확정한다는 계획이다.⁴³⁾ 이후 6G 사양 작업은 Release 21에서 진행될 예정으로 이를 통해 6G 표준이 완성되고 2030년까지 상용화 한다는 계획이다.⁴⁴⁾

2024년 5월에는 제주에서 3GPP 서비스 및 시스템(SA) 산하 6개 작업반 국제회의가 개최되었다. 이 회의에는 글로벌 제조사와 국내외 이동통신 사업자, 연구소 등 800명의 전문가들이 참석하여 6G 서비스 시나리오와 요구 사항을 논의했다. 이러한 논의는 6G의 예상 서비스와 핵심 기술에 대한 각 회원사별 관심 분야 및 표준화 추진 전략을 확인

43) <https://www.etnews.com/20241128000223>

44) https://www.inews24.com/view/1666636?utm_source=chatgpt.com

하는 중요한 자리였다. 특히, 2025년 3월에 예정된 3GPP 기술총회와 6G 기술 워크숍도 한국에서 개최될 계획이다.

3GPP는 Release 19에서 인공지능/머신러닝 무선 인터페이스, 다중안테나 진화, 듀플렉스 기술 진화, 네트워크 에너지 절감, 비지상망 (NTN) 진화, XR 진화, 이동성 개선 등 5G-Advanced 기술 고도화와 함께 센싱·통신 통합 및 신규 주파수 대역(7~24GHz) 채널 모델 등 6G 표준화로 이어질 것으로 기대되는 신규 연구도 진행하고 있다.



그림 5 6G 타임라인 (출처 : 한국정보통신기술협회, TTA)

3) 기업의 최신 연구개발 동향

(1) 노키아

노키아는 5G 시장 초기 어려움이 있었음을 인정하며, 6G 시장을 선도하기 위하여 노력하고 있다. 이들은 '24.1월 독일에서 5G advanced와 6G 기술을 위한 연구를 진행키로 하고, 이에 3억 6천만 유로를 투자하는 프로젝트를 진행할 것이라고 밝혔다. 노키아는 동 프로젝트를 통해 디지털 트윈 기반 SW, HW, 고성능 시스템 온 칩 등을 통합 개발하고, 유럽 기후 목표 달성을 위한 에너지 효율성 향상 연구도 추진한다는 계획이다. 이를 위해 연구기관 및 대학과의 협력도 추진한다. 이 프로젝트는 노키아가 독일 연방 경

제 및 기후보호부(German Federal Ministry of Economics and Climate Protection), 독일 바덴뷔르템베르크와 바이에른 주와 함께 진행하는 4년짜리 프로젝트, IPCEI(Important Projects of Common European Interest)의 일환이다.

노키아는 인도와도 6G 협력을 강화하고 있다. 노키아는 '23.10월 인도 뱅갈루루(Bengaluru)에 위치한 Global R&D 센터에 6G Lab을 설립하였다. 동 센터는 산업계의 교류를 위한 플랫폼으로서 혁신 솔루션의 실험실 증과 상용화를 지원하여 인도 정부의 'भारत 6G 비전(Bharat 6G Vision)'의 성공적 추진에 기여한다는 계획이다.¹⁾

이후 '24.2월에는 인도 과학연구소(IISc, Indian Institute of Science)와 6G 분야 연구 협력을 발표했다. 6G Lab에서 진행 중인 6G 무선기술, 6G 아키텍처, 6G 기반의 M/L 등에 대한 연구를 IISc와 적극 협업하여 레퍼런스 아키텍처를 개발하고, 소프트웨어 프레임워크와 알고리즘 등을 개발한다는 계획이다. 또한 이러한 기술을 기반으로 인도에 필요한 Use Case를 발굴하여 6G를 활용한 사회 문제해결에 적극 기여할 예정이다.²⁾

(2) 소프트뱅크

소프트뱅크는 테라헤르츠 대역(100GHz~10THz)에 대한 연구를 진행하고 있다. 현재 5G 평균 속도보다 훨씬 빠른 100Gbps 이상의 통신 속도를 달성하고자 더 넓은 대역을 활용한다는 취지로서, 현재 소프트뱅크 첨단기술연구소(Research Institute of Advanced Technology)는 스마트폰과 테라헤르츠 통신 실용화를 연구하고, 실내외에서 전파 특성 검증 테스트를 진행 중이다.

관련하여 '24.6월에는 도쿄 시내 소프트뱅크 본사 인근에서 차량 실증을 실시하여 300GHz로 전송한 신호가 송신 지점과 수평으로 10~140m 떨어진 도로상의 차량에서 수신된다는 점을 확인했다. 또한 도로

제약 상 거리가 140m로 제한되었을 뿐, 수신전력 레벨은 통신 범위를 확장할 여유가 있다고 설명했다. 소프트뱅크는 이 실증의 경우 5G를 위해 설계된 장비를 사용하여 300GHz 대역의 송신면적 측정이 가능하도록 5G NR 신호를 300GHz로 변환하여 실시하였다고 밝혔다.⁴⁵⁾

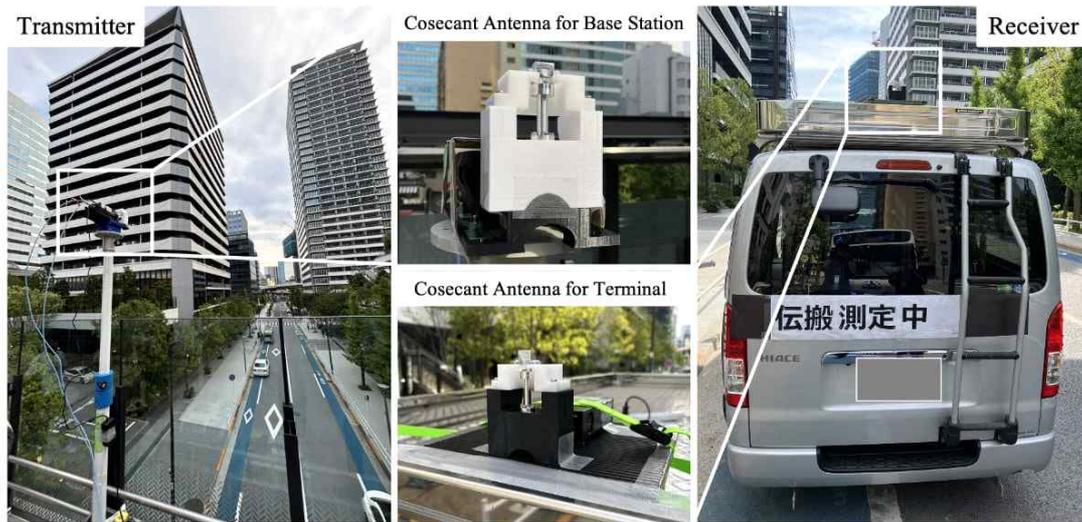


그림 6 소프트뱅크의 테라헤르츠 실증시범사례 (출처: 소프트뱅크사 홈페이지)

(3) 후지쯔(Fujitsu), NEC, NTT and DoCoMo, 서브테라헤르츠 기기 개발

후지쯔, NEC, NTT Corp., NTT DoCoMo는 '24.4월 100GHz와 300GHz 대역에서 최대 100m 거리까지 100Gbps 전송속도를 달성할 수 있는 무선 장치를 개발하였다고 공동으로 발표하였다. 위 4개 기업은 sub-terahertz 대역에서 활용할 수 있는 장비 개발을 위해 '21년부터 협력해오고 있다.

이번 개발에서 DoCoMo는 100GHz를 100m 거리에서 100Gbps의 데이터 속도를 낼 수 있는 무선전송 장비를 개발하였다. NTT Corp.는 300GHz 대역에서 100m 거리까지 채널당 100Gbps의 속도를 전송할 수 있는 무선 장치를 개발했다. NEC는 100GHz 대역의 통신용 무선 시스템

45) <https://www.softbank.jp/en/corp/technology/research/story-event/051/?adid=sbn>

구성 분석을 토대로 100개 이상 안테나로 구성된 APAA(Active Phased Array Antenna)를 개발했다. 후지쯔는 100GHz와 300GHz 대역을 사용하는 고출력 증폭기에서 세계 최고 수준의 전력 효율을 달성하였다.⁴⁶⁾

3. 6G 시대 변화에 대한 대비

1) AI를 접목한 차세대 네트워크

AI는 기존의 기술적 한계를 뛰어넘는 연산처리 능력을 가진다는 것이 대표적인 기술 산업 영역에서의 장점이다. 수십억 개의 네트워크 연결 장치, 페타 단위(petascale) 컴퓨팅 및 실시간 상호작용을 가능하게 하는 고급 통신 기능의 결합은 인간이 직접 통제할 수 없는 수준의 대규모 복잡한 시스템을 생성 유지할 수 있게 도와주기 때문이다. 이러한 시스템을 관리하고 운영하려면 매우 높은 수준의 지능형 자동화(intelligent automation)가 필요하다.

시스템 규모가 방대해질수록 기하급수적으로 늘어나게 될 데이터는 모델에 입력되어 시스템의 행동을 최적화하고 맞춤화할 수 있는 심층적인 통찰력을 도출하는 데 사용된다. 궁극적으로 시스템은 자신의 행동 결과에서 학습할 수 있게 된다. 기계 학습, 기계 추론 및 기타 인공지능(AI) 기술이 시스템 복잡성을 관리하고 성능을 최적화하기 위해 필요한 높은 수준의 자동화를 달성하는 최적의 솔루션을 제공한다. 일부 연구는 이미 3세대 파트너십 프로젝트(3GPP) 및 개방형 무선접속 네트워크(O-RAN) 연합과 같은 표준 개발 기관의 AI 지원 이니셔티브로부터 착안되어 진행되고 있는 상황이다.⁴⁷⁾

46)

<https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2024/0411-01.html>

47) 에릭슨 AI 네트워크 White Paper

<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/artificial-intelligence-in-next-generation-connected-systems>

즉, AI 기반의 네트워크 기술은 크게 1) **네트워크 운영을 자동화**하여 데이터 트래픽을 관리하고 자원을 할당하며, 실시간 성능 조절을 가능하게 하며⁴⁸⁾, 2) 사용자 행동과 네트워크 상태에 맞는 **맞춤형 서비스 품질을 제공**하는데 기여⁴⁹⁾한다. 또한 3) **네트워크 자원을 최적 활용**함으로써 에너지 효율성을 높인다⁵⁰⁾는 측면에서도 중요하게 활용될 수 있다.

(1) 차세대 AI 네트워크의 산업적 활용 가능성

AI는 산업의 영역구분을 막론하고 차세대 시스템 자동화 (automation of next generation systems)에서 중요한 역할을 할 것이다. 특히, 통신 네트워크의 자율성을 높임으로써 제조 및 운송과 같은 다른 산업의 변화를 가능하게 한다.

A. 제로 터치 인지 네트워크(Zero-touch cognitive networks)

5G 네트워크는 비즈니스 의도를 자율적으로 감지하고 계산하며 학습하여 결정을 내릴 수 있는 제로 터치 인지 네트워크로 진화하고 있다. 미래의 네트워크는 지능형 장치와 새로운 용례가 폭발적으로 증가함에 따라 클라우드와 네트워크 엣지에서 복잡한 네트워크 토폴로지를 관리할 수 있는 능력을 갖추게 된다. 이는 네트워크 운영, 설계 및 구축에서 복잡성, 확장성, 견고성 및 신뢰성 측면에서 새로운 도전 과제를 도출시킬 것이다.⁵¹⁾

48) Zhang et al.(2023)은 "AI-Enabled RAN Automation for 5G Networks"에서 AI-RAN이 실시간 네트워크 최적화를 통해 30% 이상의 데이터 전송 효율성을 증대할 수 있음을 제시한 바 있다.

49) Brown et al.(2024)은 "Smart Service Delivery in AI-RAN Systems"에서 AI가 고객 서비스 요청을 예측하고 선제적으로 대응함으로써 평균 응답 시간을 40% 단축할 수 있다고 연구결과를 발표했다.

50) Lee et al.(2024)는 "Green AI-RAN: Energy Efficiency in Next-Gen Networks"에서 AI 기반 네트워크 자원 관리가 에너지 소비를 최대 35% 줄일 수 있다고 밝혔다.

51) To deliver cognitive networks, we build human trust in AI, Ericsson blog post, May 2021

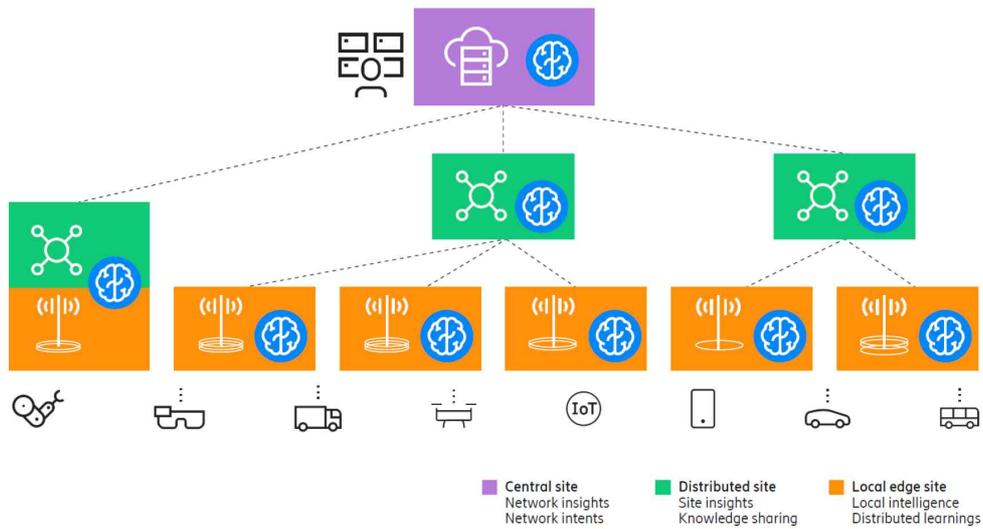


그림 7 대규모 분산 네트워크에서의 로컬 및 글로벌 학습과 자동화된 의사결정

기존 이동통신 네트워크는 통신 전문가들이 네트워크 토폴로지, 가입자 이동 및 사용 패턴, 무선 전파모델에 대한 광범위한 지식을 활용하여 설계하고 관리하였다. 그러나 5G는 더 작은 셀과 고도화된 무선 기술로 인해 네트워크 토폴로지를 더욱 복잡하게 만들었으며, 예측이 어려운 사용 패턴과 계산이 복잡한 무선 스펙트럼 대역을 추가하였다. 이러한 변화로 인해 통신서비스제공자에게 있어 네트워크 설계 및 운영에서 AI의 지원은 필수적인 상황이다. AI 기반 자동화는 자가 학습, 정책 조정, 네트워크 최적화, 장애 예측 및 빠른 복구 등 여러 측면에서 네트워크 성능을 향상시킬 수 있다.

각 지역 사이트는 다양한 구성 요소의 상태, 사건의 시계열 데이터 및 관련된 맥락 정보를 포함하는 풍부한 데이터 소스이다. 이 정보는 지역적 행동 모델을 구축하는 데 사용될 수 있으며, 사이트 간에 수집된 지식을 처리하여 시스템 전체에 대한 통찰력을 도출하려면 추론 과정이 필요하다. 이상적으로는, 한 사이트에서 얻은 지식과 통찰력이 다른 사이트에서 더 나은 예측을 위해 활용될 수 있다. 네트워크 인프라는 실시간 데이터의 대용량, 높은 속도, 다양한 형태를 처리할 수 있는 프로그래머블 데이터 파이프라인을 통해 실시간 의사결정을 지원하는 알고리즘을 가능하게 하는 방향으로 발전하고 있다. 네트워크와 서

비스뿐만 아니라 비즈니스 프로세스에 더 많은 지능이 추가되면서 데이터 기반 운영으로 전환이 이루어지고, 이는 자동화 수준, 성능 및 효율성을 더욱 높일 수 있다. 자율성의 수준이 증가함에 따라 네트워크를 관리하는 통신서비스제공자의 역할은 네트워크 의도를 설정하고 자동화를 감독하는 방향으로 변화하며 전체 네트워크를 제어하게 된다. 즉, 지능형 기능은 각 서비스에 맞게 맞춤화할 수 있어 모바일 네트워크가 더욱 탄력적이고 신뢰할 수 있으며 안전한 방식으로 작동하도록 지원한다. 이를 통해 산업과 사회에 새로운 혁신 수준을 제공할 수 있다.⁵²⁾

B. 연결된 자동화 산업(Connected automated industries)

자동차와 운송 산업은 기술 발전에 따라 점점 더 높은 수준의 자동화 차량이 등장하고 있다. 이러한 차량은 사람과 물품의 운송, 인프라 관리 등 다양한 목적으로 설계되며, 운영 환경도 제한된 공간(항구, 광산, 도심 지역 등)에서부터 공공 도로와 같은 넓은 영역에 이르기까지 다양하게 확장되고 있다.

이때 연결성(Connectivity)은 시점과 지리적 범위에 따라 다른 역할을 수행한다. 개별 차량 관점에서는 실시간 데이터 공유를 통해 주변 상황에 대한 인식 수준을 높이고, 다른 차량과의 협조적 상호작용까지 가능하게 한다. 더 나아가 엣지 및 클라우드 기반 AI는 도로 인프라와 외부 센서에서 실시간 데이터를 처리하고, 차량에 탑재된 센서 기능을 보완해 성능을 확장하는 역할을 한다. 또한 차량에서 생성되는 대규모 센서 데이터는 중앙에서 오프라인 방식으로 활용될 수 있어, 운영의 안전성과 효율성을 지속적으로 개선할 수 있다. 교통 최적화 또한 연결성과 데이터 분석을 통해 더욱 정교해지고 있다. 단기적으로는 지역적 돌발 상황에 대한 대응, 장기적으로는 전체 교통 흐름 최적화가 가능하다. 이러한 최적화는 사물인터넷(IoT) 생태계에서 제공되는 5G 실시간 데이터 덕분에 더욱 정밀하게 이루어지며, 이는 연결성, 이동성, 인프라의 상태에 대한 교차 도메인 통찰력을 가능하게 한다.⁵³⁾ 이와 함께 안

52) Ever-present intelligent communication - A research outlook towards 6G, Ericsson white paper, November 2020

전성(Safety)은 자동차와 운송 산업의 핵심 과제다. 차량에 탑재된 센서들이 여전히 공공 도로 안전을 보장하는 주요 수단이지만, 중앙 분석과 연결성은 제한된 환경에서의 안전한 차량 운영뿐 아니라 공공 도로의 시스템 성능 향상에도 필수적인 역할을 하고 있다. AI 기반 예측기능(AI-based predictability)은 네트워크와 외부 센서 데이터를 활용해 시스템 성능을 분석하고, 자동화를 통해 결함을 신속히 감지하고 해결하는 중요한 수단이 된다. 결국 '안전 중심 설계' 관점에서 차량 시스템은 네트워크와 클라우드 기반 기능을 통합하며, 데이터에 기반한 해결책이 중요한 역할을 하게 된다.

결론적으로 AI는 거의 모든 산업에서 효율성을 극대화하는 지능적이고 적응적인 자동화를 제공할 수 있다. 자동차와 운송 산업에서의 사례는 연결성과 AI 기술이 결합되어 대규모 시스템의 혁신을 어떻게 이끄는지 보여준다. 그러나 이러한 혁신은 기술적 도전과제뿐 아니라 안전성, 신뢰성, 실시간성이라는 복합적인 조건들을 해결해야만 진정한 가치로 이어질 것이다.

(2) 차세대 AI 네트워크 관련 세부 연구 과제

A. 자율 의사결정 시스템

(Systems that can make decisions autonomously)

제로터치(Zero-touch) 운영체제란, 인간의 개입을 최소화하면서도 시스템의 복잡성과 규모 확장, 그리고 의사결정 시간을 단축하기 위해 네트워크의 자율성을 극대화하는 것을 의미한다. 특히, 제로터치 운영의 핵심 차별점은 자기 적응형 자동화(self-adapting automation)이다. 이는 예상치 못한 상황이나 다양한 요구사항을 인간의 개입 없이 스스로 처리할 수 있는 능력을 말한다. 네트워크 운영의 변화는 단순히 인간이 결정을 내리고 기계가 이를 실행하는 수준을 넘어, 이제는 기계가 스스로 결정을 내리는 단계로 진화하고 있다. 이를 위해서는 기계가

53) Integration of 5G with Time-Sensitive Networking for Industrial Communications, 5GACIA white paper, February 2021

현재 상황을 올바르게 인식하고 기존의 지식과 연결 지을 수 있어야 한다. 이러한 능력을 확보하기 위해서는 명령적 목표(무엇을 할 것인가)를 넘어 선언적 목표(무엇을 달성할 것인가)로 나아가야 하며, 기계에 적절한 도메인 지식을 제공할 수 있는 방법이 필요하다. 이러한 선언적 목표를 '의도(intent)'라고 부른다. 의도는 기능적 목표, 비기능적 목표, 운영 목표뿐 아니라 다양한 제약 조건을 표현할 수 있다.⁵⁴⁾

지식 집약적인 시스템(Knowledge-intensive system)은 공식적인 모델을 사용해 인식된 상황을 해석하고 자율적으로 의사결정을 실행한다. 이러한 모델은 여러 방법으로 도출될 수 있다. 데이터 학습을 통한 머신러닝(ML) 접근법, 도메인 전문가가 제공하는 방법, 또는 논리적 추론 과정에서 자동으로 발견하는 방법이 있다. 그러나 전통적인 데이터 과학 접근법에만 의존하는 방식은 여러 한계가 존재한다. 첫째, 모든 데이터를 기반으로 모델을 학습하는 기존 접근법은 확장성이 떨어지기 때문에 대규모 시스템에서는 비효율적일 수 있다. 상태 벡터가 다수의 특성(feature)과 수많은 상황 조합을 포함할 수 있기 때문에 학습과 추론 과정이 불가능해질 수 있다. 둘째, 기존 접근법은 학습 데이터가 없는 예상치 못한 상황을 처리하지 못하는 단점이 있다.



그림 8 자동화를 한 단계 끌어올리는 미래 네트워크 AI시스템의 속성

54) Intent in Autonomous Networks v1.0.0, TM Forum document TIG1253, May 2021

따라서 문제를 세분화하여 여러 특화된 방법을 조합하는 에이전트 기반 접근법이 필요하다. 에이전트는 전통적인 머신러닝 모델, 분석적 모델, 전문가 규칙 등 다양한 형태로 구성될 수 있다. 이 에이전트의 조합과 최적화는 시스템이 현재 상태를 이해하고 목표로 하는 상태 간의 격차를 줄이기 위해 연속적인 최적화 루프를 통해 이루어진다. 이러한 접근법은 기존의 모델링 한계를 극복하면서도 상황에 따라 유연하고 지능적인 의사결정을 가능하게 한다. 결국, 복잡한 네트워크 시스템을 자율적으로 운영하기 위해서는 다양한 도구와 기법이 조화롭게 통합된 다층적 솔루션이 필요하다. 이는 단순한 데이터 기반 접근법에서 벗어나, 상황 이해와 목표 지향성을 모두 충족할 수 있는 보다 정교한 시스템의 구축을 의미한다.

B. 분산 및 탈중앙화된 인공지능

(Distributed and decentralized intelligence)

대규모의 분산 시스템(Distributed Systems)에서는 다양한 위치와 수준에서 의사결정이 이루어진다. 일부 의사결정은 로컬 데이터(Local Data)에 기반해 이루어지며, 낮은 지연 시간으로 엄격한 제어 루프에 의해 관리된다. 반면, 다른 결정들은 전략적이며 시스템 전체에 영향을 미치고, 여러 출처에서 수집된 데이터를 바탕으로 수행된다. 이러한 글로벌 수준의 결정은 전력망 장애나 노드 연쇄적 실패와 같은 위기 상황(Critical Cases)에서 실시간 대응을 요구할 수도 있다. 따라서 이러한 대규모 복잡한 시스템을 자동화하는 지능은 분산된 특성(Distributed Nature)을 반영하면서 관리 구조를 지원해야 한다.

특히, 네트워크 엣지나 장치 단에서 생성되는 데이터는 중앙 클라우드(Centralized Cloud)로 전송되지 않고 로컬에서 처리(In-Place Processing)해야 할 때가 있다. 데이터 저장 위치를 규정하는 법적 제약이나 보안(Security), 프라이버시(Privacy)와 같은 이슈로 인해 데이터를 전송하는 것이 항상 가능하지는 않기 때문이다. 이러한 경우, 의사결정 범위는 제한적이고 해당 알고리즘은 가볍고 빠르게 동작해야 한

다. 하지만 로컬 모델은 불완전하거나 편향된 통계(Biased Statistics)에 기반할 수 있어 성능 저하로 이어질 가능성이 있다. 따라서 분산 시스템의 규모(Scale of Distribution)를 활용하고, 로컬 모델을 추상화하여 얻어진 통찰력을 다른 로컬 모델로 이전(Transfer)할 필요가 있다.

이와 더불어, 실제 데이터에 접근하지 않고도 글로벌 데이터 패턴(Global Data Patterns)을 학습하는 것이 가능하다. 연합 학습(Federated Learning)은 이러한 접근의 기반을 마련했으며, 수직적 연합 학습(Vertical Federated Learning)이나 분할 학습(Split Learning)과 같은 보다 세분화된 분산 훈련 패턴이 등장하고 있다. 이러한 새로운 아키텍처는 머신러닝 모델이 데이터 전송, 컴퓨팅 리소스(Compute Resources), 메모리 및 네트워크 자원 소비의 요구사항을 충족하도록 배포를 최적화(Optimize)하면서도 뛰어난 성능을 유지할 수 있게 한다. 그러나 다양한 모델 유형과 모델 조합(Model Combinations), 그리고 더 강력한 프라이버시 보장에 대한 연구는 여전히 필요하다.

결국, 로컬 및 글로벌 데이터와 모델을 최대한 활용하면서, 노드 간 학습과 추론을 분배(Distribute Reasoning)할 수 있는 공통된 분산 및 탈중앙화 패러다임(Distributed and Decentralized Paradigm)이 요구된다. 이는 극단적인 지연 시간 요구(Latency Requirements)를 충족하기 위해 필요하며, 자가 관리(Self-Management), 자가 최적화(Self-Optimization), 그리고 자가 진화(Self-Evolution)와 같은 기능을 통합할 수 있는 머신러닝과 기타 AI 기술(AI Techniques)을 통해 구축될 수 있다.

C. 신뢰할 수 있는 AI (Trustworthy AI)

AI 기반 자율 시스템(AI-based autonomous systems)은 매우 복잡한 모델(Models)과 알고리즘으로 구성되며, 이러한 모델은 새로운

데이터와 지식을 통해 지속적으로 진화한다. 문제는 데이터에 대한 의존도와 알고리즘의 복잡성, 그리고 예측 불가능한 행동(Emergent Behavior)이 발생한다는 점이다. 이를 위하여, 투명성(Transparency), 설명 가능성(Explainability), 기술적 견고성(Technical Robustness), 안전성(Safety), 프라이버시(Privacy), 공정성(Fairness), 데이터 거버넌스(Data-Governance), 비차별성(Non-Discrimination), 그리고 인간의 개입(Human Agency), 감독(Oversight), 및 사회적 및 환경적 책임(Societal and Environmental Accountability)을 보장하는 새로운 방법론이 필요하다고 보고 있다. 이러한 요소들은 인간이 AI 시스템의 결정을 이해하고 신뢰할 수 있도록 돕는 핵심 조건⁵⁵⁾이다.

이른바, 설명 가능한 AI(Explainable AI, XAI)는 AI 시스템의 투명성(Transparency)을 달성하기 위한 방법으로, AI 알고리즘이 특정 결정을 내린 이유와 과정을 이해관계자에게 설명할 수 있도록 한다. 지도 학습(Supervised Learning), 강화 학습(Reinforcement Learning, RL), 기계 추론(Machine Reasoning) 등 다양한 AI 기술에 적용될 수 있다. XAI는 AI 모델의 실질적 배포(Practical Deployment)에서 중요 요소로 인정되며, ETSI(European Telecommunications Standards Institute) 및 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)와 같은 통신산업 관련 표준화 기구들이 지능형 통신 시스템의 신뢰성(Trustworthiness)을 위해 강조하는 필수 기능이다.

AI 모델의 진화적 특성(Evolving Nature)을 고려하면, 모델의 견고성(Robustness)과 안전성(Safety)을 보장하기 위해 새로운 접근법이 필요하다. 적대적 견고성(Adversarial Robustness)과 같은 통계적 보장 외에도, 형식적 검증 기법(Formal Verification Techniques)을 통해 안전이 중요한 AI 시스템에 결정론적 안전성(Deterministic Guarantees)을 제공할 수 있다. 또한 보안(Security) 문제 역시 중요하다. 데이터와 모델 모두가 악의적 공격(Malicious Attacks)으로부터 보호되어야 하며, 데이터의 프라이버시(Privacy)와 출처 보호(Intended

55) Explainable AI - how humans can trust AI, Ericsson white paper, April 2021

Use)가 유지되어야 한다. 모델 자체도 프라이버시 정보를 유출하지 않아야 하며, 편향된 데이터(Biased Data)에 의해 AI 결정이 왜곡되지 않도록 데이터의 공정성 검증(Fairness Validation)이 필요하다.

궁극적으로 AI 시스템의 이해관계자(Stakeholders)는 인간이기 때문에, AI 결정의 책임성(Accountability)을 제공하기 위해 인과적 추론(Causal Reasoning)과 데이터 출처(Data Provenance) 기반의 방법이 필요하다. AI 시스템은 이해관계자의 요구사항을 지속적으로 학습하고 개선하며, 특정 결정에 대한 확신(Confidence)이 부족할 경우 자동화 수준(Automation Level)을 조정하거나 인간 개입(Human Oversight) 단계로 상향 조정(Escalation)할 수 있도록 설계되어야 한다.

D. 인간-기계 협력 영역

(Human-machine collaboration)

연결된 지능형 기계(Intelligent Machines)는 가상 비서에서부터 협동 로봇(Collaborative Robots, Cobots)에 이르기까지 다양한 형태로 우리의 일상에 점점 더 많이 등장하고 있다.⁵⁶⁾ 효과적인 협업을 위해서는 이러한 기계들이 인간의 필요와 의도(Human Needs and Intents)를 정확하게 이해하는 것이 필수적이다. 이를 위해 상황 인식을 위한 모든 관련 데이터가 기계에 제공되어야 하며, AI는 이 과정 전반에서 인간과 기계의 협업 능력을 강화하는 핵심 요소로 작용한다. 자연어 처리(Natural Language Processing)와 컴퓨터 비전(Computer Vision) 기술의 발전으로 기계는 인간의 입력을 더욱 정확하게 해석할 수 있게 되었다. 이 과정에서 비언어적 의사소통(Nonverbal Communication), 즉 신체 언어(Body Language)와 음성 톤(Tone of Voice)까지 고려함으로써 기계의 이해 능력이 크게 향상되고 있다.

최근에는 감정 감지(Emotion Detection) 기술이 발전하면서 피로도(Tiredness)나 집중력 저하(Distraction)와 같은 복합적 행동까지

56) AI-based Safety Analysis for Collaborative Mobile Robots, ETFA2019, September 2019

파악할 수 있게 되었다. 또한, 장면 이해(Scene Understanding)와 의미 정보 추출(Semantic-Information Extraction)과 같은 영역에서의 진전은 환경에 대한 포괄적 지식 표현을 가능하게 한다. 모든 감지된 정보는 기계가 최적의 행동을 결정하는 데 활용되어 인간과의 협업을 극대화해야 한다. 강화 학습(Reinforcement Learning, RL)은 현재 상태와 환경을 관찰하여 최적의 행동 정책을 학습하는 방식으로, 최근 많은 주목을 받고 있다. 그러나 안전을 위해 RL 모델의 수명 주기 전반에 걸쳐 안전한 AI(Safe AI)와 같은 전략이 연구되고 있다.

AI는 디지털 트윈(Digital Twins)을 활용해 기계의 운영 방식을 더욱 완벽하게 이해하는 데 기여하고 있다. 확장현실(Extended Reality, XR) 장치는 혼합 현실 환경에서 기계의 세부 데이터를 시각화하고 디지털 트윈과 상호작용할 수 있도록 한다. 이는 인간이 기계의 동작을 보다 깊이 이해하고 예측할 수 있도록 돕는다. 또한 XR 인터페이스와 함께 설명 가능한 AI(Explainable AI, XAI)를 활용하면 기계가 특정 결정을 내린 이유를 명확하게 설명할 수 있다. 협업을 원활히 수행하기 위해서는 기계가 인간과 실시간으로 상호작용(Real-Time Interaction)하는 것이 중요하다. 그러나 협업 환경에서 사용되는 AI 기술은 높은 계산 복잡도(High Computing Complexity)를 가지며, 기계의 하드웨어 리소스(Hardware Resources)가 제한적일 수 있다.

이러한 문제를 해결하려면 분산 지능 솔루션(Distributed Intelligence Solution)이 필요하며, 이를 통해 실시간 응답(Real-Time Responses)이 가능해진다. 따라서 초신뢰 저지연 통신 네트워크(Ultra-Reliable and Low-Latency Communication Networks)를 지원하는 통신 인프라(Communication Infrastructure)가 전체 프로세스에서 핵심적인 역할을 한다.

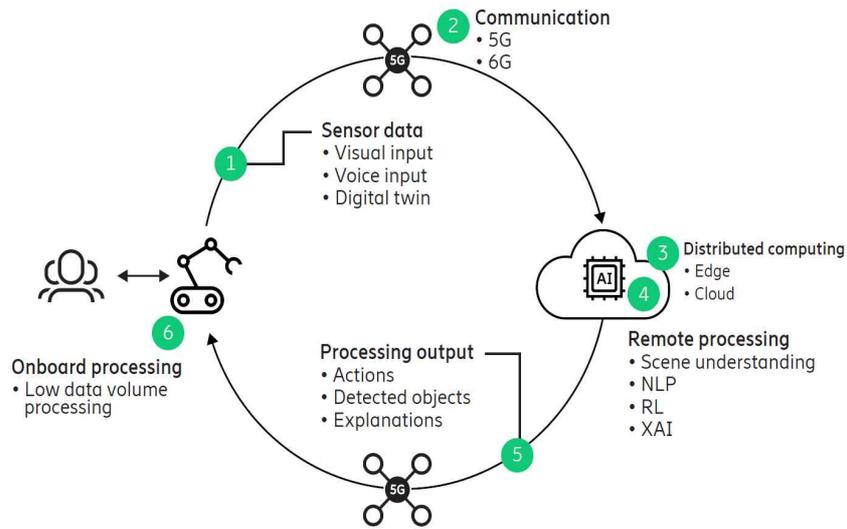


그림 9 인간과 기계의 협업에 필요한 속성(properties)

(3) 차세대 AI 네트워크 관련 주요 연구 동향

A. 에릭슨-T-Mobile-NVIDIA : AI-RAN 혁신센터

2024년 9월, 에릭슨은 T-Mobile 및 NVIDIA와의 협력을 통해 미국 워싱턴주 벨뷰에 위치한 AI-RAN 혁신 센터를 설립하고 차세대 AI 기반 무선 접속 네트워크(RAN) 기술 개발을 추진하고 있다. AI-RAN 혁신 센터는 통신 네트워크의 성능과 에너지 효율을 극대화하기 위해 AI 기술을 RAN에 통합하는 연구를 수행한다. 연구 범위는 네트워크 자동화, 실시간 성능 최적화, 에너지 효율 개선을 포함한다. 네트워크 자동화는 AI 기반 네트워크 자원 관리와 자동화 기술 개발에 중점을 두고 있으며, 실시간 성능 최적화는 실시간 트래픽 관리 및 서비스 품질 보장을 위한 데이터 분석을 중심으로 한다. 에너지 효율 개선은 에너지 소비를 줄이고 네트워크 운영 비용을 절감하는 AI 모델 연구를 포함한다.

AI-RAN 혁신 센터의 주요 연구 프로젝트로는 자율 네트워크 관리 시스템 개발, 네트워크 성능 향상 프로젝트, 에너지 관리 최적화 연구가 있다. 자율 네트워크 관리 시스템 개발은 AI 알고리즘을 활용해 네트워크 자원을 자동으로 관리하고 트래픽을 최적화하는 것을 목표로 하며, 현재 미국 주

요 통신 허브에서 파일럿 프로젝트가 실행 중이다. 네트워크 성능 향상 프로젝트는 네트워크 데이터 수집 및 처리 속도를 개선하기 위해 AI 기반 데이터 분석 엔진을 개발하는 데 중점을 두며, 미국 내 통신 인프라 파일럿 테스트가 운영되고 있다. 에너지 관리 최적화 연구는 에너지 효율적 네트워크 운영을 위한 AI 모델을 설계하며, 에너지 소비 절감 알고리즘 시범 운영도 진행 중이다.⁵⁷⁾

B. 에릭슨-소프트뱅크 : AI 기반 네트워크 관리 시스템

2024년 9월, 에릭슨은 소프트뱅크와 함께 AI 기반 무선 접속 네트워크(RAN) 통합을 통해 네트워크 효율성과 서비스 품질을 향상시킬 수 있는 협력을 추진하겠다고 발표했다. AI 기반 네트워크 관리 시스템은 자동화된 트래픽 관리, 실시간 데이터 분석 및 네트워크 오류 탐지를 포함해 네트워크 성능을 강화하는 데 중점을 둔다. 소프트뱅크는 기존의 통신 인프라와 AI 기반 기술을 결합해 에너지 소비를 줄이고 운영 비용을 절감할 수 있는 실험적 접근을 적용하고 있다.

동 연구는 고도화된 중앙집중식 무선 접속 네트워크(C-RAN) 아키텍처에서 AI 모델을 통합하는 방식으로 진행된다. 에릭슨은 네트워크 트래픽 패턴 예측과 실시간 자원 할당을 위한 AI 알고리즘을 개발하고 있으며, 소프트뱅크는 일본 내 주요 도시에서 파일럿 프로젝트를 운영 중이다. 이러한 기술적 진보는 데이터 전송 속도를 증가시키고 서비스 지연을 줄이며, 고밀도 트래픽 지역에서 더 나은 품질을 제공하는 것을 목표로 한다.⁵⁸⁾

57)

<https://www.ericsson.com/en/blog/2024/9/ericsson-joins-in-creation-of-ai-ran-innovation-center>

58)

<https://www.ericsson.com/en/press-releases/2/2024/9/ericsson-and-softbank-step-up-collaboration-on-ai-ran-integration>

C. Nokia-T-Mobile : AI-RAN 네트워크 기술 협력

노키아(Nokia)와 T-Mobile은 인공지능(AI), 클라우드, 무선 접속 네트워크(RAN)의 융합을 통해 차세대 통신기술을 발전시키기 위해 전략적 파트너십을 체결하고 **네트워크 자동화, 자율 운영, 고속 데이터 전송 등을 위한 주요 인프라 및 소프트웨어 통합 관련 연구**를 진행하고 있다.

관련하여 AI 기반 네트워크 관리 시스템을 개발하여 자원 관리, 실시간 트래픽 분석하여 예측 가능한 문제를 사전에 해결하고 효율적인 데이터 전송을 지원하여 **네트워크 자동화 및 최적화**를 추진하고자 한다. 또한 AI 기반 플랫폼을 통해 네트워크 운영의 복잡성을 줄이고, 지속적 성능 최적화를 위해 자동화된 운영 체계를 구현하여 사용자 수요에 따른 자원 할당과 자동화된 에너지 관리 기능을 실시하여 **운영 비용을 절감**하고자 한다. 또한 고속 데이터 전송과 보안 강화를 위한 AI 기반 데이터 관리 시스템 개발을 추진하여 **보안 위협 탐지와 문제 해결의 신속성과 정확도**를 높이고자 한다.⁵⁹⁾

D. 노스이스턴 대학교(Northeastern University)⁶⁰⁾

노스이스턴 대학교는 AI 기술을 활용하여 미래의 무선 통신망이 더욱 효율적이고 신뢰할 수 있는 방식으로 운영될 수 있도록 하는 **네트워크 테스트 자동화 관련 연구**를 추진하고 있다. 이를 통해 네트워크 인프라의 설계, 구현 및 최적화 전반에 걸친 성능 검증이 가능해진다.

노스이스턴 대학교의 공과대학(College of Engineering)은 **차세대 무선 통신망의 성능을 검증하기 위해 AI 기반 테스트 환경을 개발**하는데

59)

<https://www.nokia.com/blog/nokia-and-partners-are-driving-the-fusion-of-ai-cloud-and-ran/>

60)

<https://coe.northeastern.edu/news/developing-ai-powered-testing-for-next-gen-cellular-networks/>

중점을 두고 있다. 이들은 자동화된 네트워크 성능 평가 시스템을 구축하여 복잡한 네트워크 시뮬레이션과 실제 환경 테스트를 수행한다. 이 과정에서 목표는 무선 네트워크 시스템의 정확성, 확장성 및 탄력성을 개선하는 것이다. AI 기반 테스트 시스템은 다양한 시나리오에서 무선 통신망의 기능적 성능을 확인하고, 장애 예측 및 문제 해결 역량을 강화한다. 이를 통해 네트워크 오류의 조기 발견이 가능해져 서비스 중단 위험을 줄이고 서비스 품질(QoS)을 개선하는 데 기여한다.

이 연구는 자동화된 AI 테스트 도구를 개발하여 네트워크 환경에서 발생할 수 있는 여러 문제를 시뮬레이션하고, 이를 데이터 기반 접근방식으로 해결하는 데 초점을 맞추고 있다. AI 모델을 활용한 네트워크 성능 최적화는 기존의 수동 테스트 방식보다 훨씬 효율적이며, 개발 주기를 단축하고 비용을 절감한다. 현재 노스이스턴대학 연구진은 고급 머신러닝 알고리즘과 지능형 테스트 환경을 결합하여 네트워크 트래픽 관리, 자원 할당 및 시스템 오류 탐지 등을 자동화하고 있다. 이들은 또한 모델 학습을 통해 네트워크 관리 자동화를 개선하고, 새로운 통신 표준 수립에 기여하는 것을 목표로 한다.

(4) 차세대 AI 네트워크 관련 국제협력 동향: AI-RAN Alliance

AI-RAN Alliance는 2024년 2월 26일 스페인 바르셀로나에서 개최된 모바일 월드 콩그레스(MWC)에서 공식 출범했다. 이 연합은 AI를 무선 접속 네트워크(RAN)에 통합하여 5G 및 차세대 6G 기술의 발전을 도모하고 글로벌 통신 생태계를 강화하기 위해 설립되었다. 현재 AI-RAN Alliance에는 다양한 글로벌 통신 기업, 기술 기업, 연구소, 학술 기관이 참여하고 있다. 기술 및 통신 기업에는 삼성전자, NVIDIA, Arm, 마이크로소프트, 에릭슨, 노키아, 아마존 웹 서비스(AWS), T-Mobile US, 소프트뱅크, DeepSig 등이 포함되어 있으며, 노스이스턴 대학교, 연세대학교 등 학계와 3GPP, O-RAN Alliance, ITU 등 주요 국제기구 등도 함께 참여 중이다.

AI-RAN Alliance는 'AI for RAN', 'AI and RAN', 'AI on RAN'의

세 가지 작업 그룹을 운영하면서, 1) AI for RAN은 무선통신 최적화 기술, 2) AI and RAN은 AI와 무선망 융합 기술, 3) AI on RAN은 무선망에서의 신규 AI 애플리케이션과 서비스 발굴을 추진한다.⁶¹⁾

AI for RAN Working Group은 RAN 운영을 자동화하고 성능을 극대화하기 위해 AI 기술을 활용하는 데 중점을 둔다. 이 작업 그룹은 자원 할당, 트래픽 관리, 네트워크 자율 운영 알고리즘과 같은 핵심 기술을 개발하여 무선 네트워크의 확장성과 효율성을 강화하는 데 기여한다. AI 모델 학습과 테스트를 통해 네트워크 운영의 복잡성을 줄이고 실시간 자원 관리 기능을 개선한다. 로드맵 측면에서 이 그룹은 **2025년까지** AI 기반 네트워크 운영 자동화 기술을 주요 통신사의 **상용 네트워크에 통합**하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 데이터 기반 네트워크 최적화 알고리즘과 고급 트래픽 관리 솔루션을 개발하여, 무선 네트워크 운영의 자율성과 안정성을 높이는 데 주력한다.

AI and RAN Working Group은 AI와 RAN 기술을 결합하여 차세대 통신 서비스의 혁신을 목표로 한다. 이 그룹은 무선 네트워크와 AI 시스템 간 통합을 통해 **네트워크 성능을 최적화**하는 기술을 개발하며, 데이터 분석과 AI 기반 자원 관리 알고리즘을 검증하여 **실시간 서비스 품질을 개선**한다. 로드맵으로는 2024년 말까지 AI-RAN 융합 기술의 시범 운영을 완료하고 주요 국제 표준 기구의 승인을 준비하는 것이 포함된다. 이 그룹은 AI와 RAN 통합 시스템 설계와 데이터 분석 기반 서비스 최적화를 통해 네트워크 운영 효율성을 극대화하는 데 주력하고 있다.

AI on RAN Working Group은 RAN에 AI 기반 애플리케이션과 서비스를 직접 통합하는 것을 목표로 한다. 이 그룹은 사용자 경험을 개선하고 서비스 품질(QoS)을 보장하기 위한 실시간 AI 애플리케이션 개발과 새로운 상용 서비스 창출에 중점을 둔다. 로드맵은 2026년까지 글로벌 통신 서비스 제공자와 협력하여 신규 AI 기반 애플리케이션을 출시하는 것이다. 이를 위해 서비스 제공자와의 협력 프로젝트를 통해 실제 사용 사례를 확보하고, 차

61) AI-RAN Alliance <https://ai-ran.org>

세대 AI 응용 서비스를 위한 네트워크 환경을 테스트하며 상용화를 준비하고 있다.⁶²⁾

2) 차세대 네트워크의 보안⁶³⁾

6G 네트워크는 기존의 네트워크 구조를 넘어서는 기술적 발전과 경제 사회 전반에 큰 변화를 가져올 것으로 예상되는 만큼, 필연적으로 심각한 보안 과제에 대한 검토가 필요하다. 따라서 사전에 6G 네트워크의 주요 보안 위협을 진단하고, 기술적·정책적 대응 방안을 고민해볼 필요가 있다.

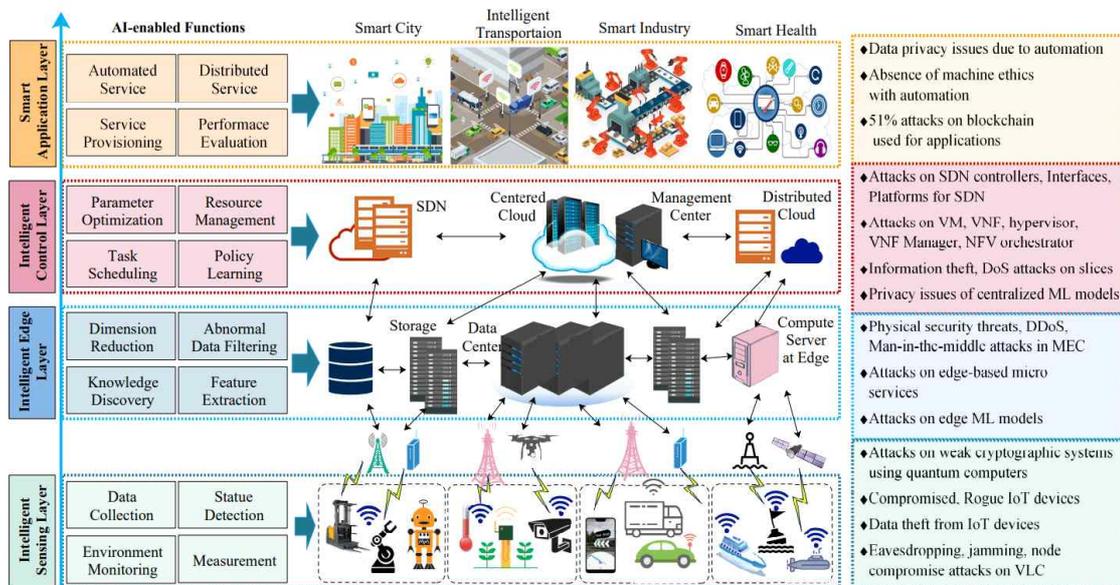


그림 10 지능형 6G 아키텍처, 6G 보안 및 개인정보 보호 문제

(source: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9482503>)

62) https://ai-ran.org/wp-content/uploads/2024/12/AI-RAN_Alliance_Whitepaper.pdf

63) Yushan Siriwardhana, Pawani Porambage, Madhusanka Liyanage, Mika Ylianttila, "AI and 6G Security: Opportunities and Challenges", Joint European Conference on Networks and Communications & 6G Summit (EuCNC/6G Summit): 6G Visions (6GV), 2021

(1) 6G 보안 위협 요소: 기술적 진보의 양면성

A. 사전 6G 보안 일반사항

6G 네트워크는 5G에서 이미 드러난 보안 문제들을 더욱 심화된 형태로 마주할 수 있다. 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN), 네트워크 기능 가상화(NFV), 네트워크 슬라이싱 등은 네트워크의 유연성과 확장성을 증가시키지만, 동시에 분산 서비스 거부(DDoS) 공격과 같은 보안 위협의 주요 표적이 될 수 있다. 사물인터넷(IoE)의 대규모 연결은 네트워크 경계를 확장시켜 보안 관리가 어려운 소형 기기와 센서를 해킹의 진입로로 만들 수 있다.

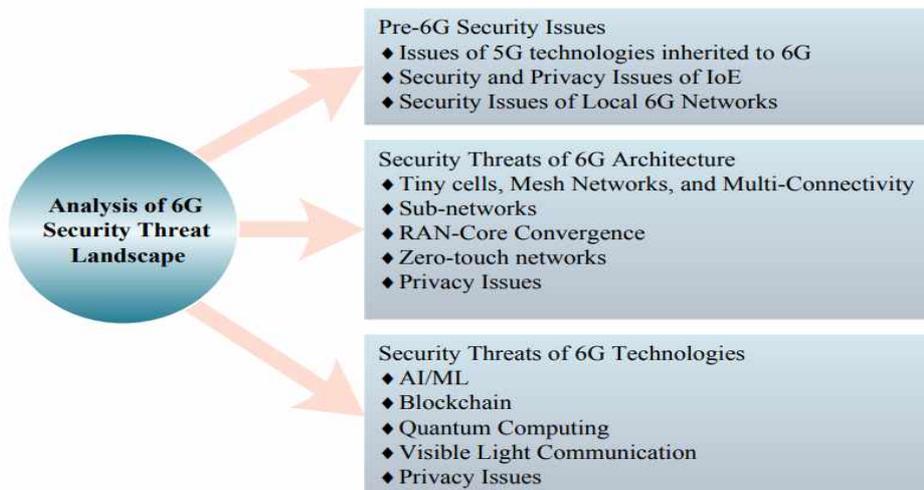


그림 11 : Analysis of 6G Security Threat Landscape

B. 6G 아키텍처의 보안 위협

6G 네트워크의 고도화된 아키텍처적 복잡성은 새로운 보안 패러다임을 요구한다. 초소형 셀 기반 네트워크는 수천 개의 노드가 밀집된 환경에서 작동하며, 노드 침입, 데이터 스니핑과 같은 보안 문제가 발생할 수 있다. 또한, 상이한 보안 정책을 가진 여러 서브 네트워크 간 통신은 네트워크 공격 통로가 될 수 있다. 분산형 네트워크 구조는 운영 관리의 효율성을 강화하지만, 보안의 균질성을 보장하기 어렵게 만든다.

C. 6G 기술 보안 위협

AI 및 기계 학습(ML)은 네트워크 관리 자동화를 통해 성능을 향상시키지만, 동시에 데이터 중독, 모델 도용, 역공학 등 새로운 보안 문제가 발생할 수 있다. 블록체인은 데이터 무결성과 분산 기록 관리의 측면에서 강점을 가지지만, 양자 컴퓨팅 기술의 발전으로 기존 비대칭 암호화 방식이 무력화될 수 있다는 우려가 있다. 또한, 가시광 통신(VLC)은 해킹, 신호 재밍(Jamming), 노드 도청과 같은 물리적 보안 위협 공격에 취약하다.

(2) AI를 활용한 보안 대응 방안: 기술과 정책의 통합

A. 사전보안 문제 해결

AI 기반 보안 시스템은 네트워크 보호의 필수적 도구로 등장한다. 심층 강화 학습(DRL), 신경망 기반 침입 탐지 시스템(NIDS) 등은 네트워크 침입, IP 스푸핑, DDoS 공격을 실시간 탐지 및 방어하는 데 유용하다. 이러한 기술은 기존 보안 모델의 한계를 보완하며, 복잡한 네트워크 구조에서도 비정상 행동 탐지와 해킹공격 방어에 강점을 보인다.

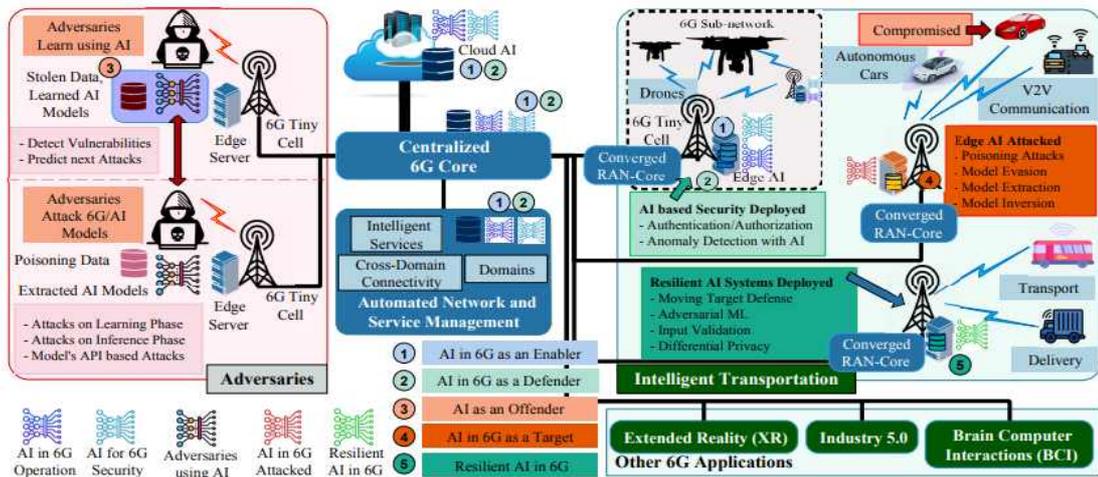


그림 12 : AI's role as an Enabler, Defender, Offender and a Target in 6G Intelligent Transportation.

B. 아키텍처 보안 대응

엣지 컴퓨팅의 연합 학습(Federated Learning, FL)⁶⁴은 데이터를 로컬에서 학습해 프라이버시와 보안을 강화하고 글로벌 수준의 의사 결정을 가능하게 한다. AI 기반 행동 분석 시스템은 기기 연결 패턴을 학습해 이상 징후 탐지 및 권한 관리를 자동화함으로써 침입 방어와 네트워크 무결성을 유지한다.

C. 기술적 보안 강화

블록체인 보안을 강화하기 위해 양자 안전 암호화 기술과 양자 키 분배(Quantum Key Distribution, QKD)⁶⁵가 필수적이다. 이는 데이터 전송 중 해킹 시도를 탐지하고 보안 강화를 가능하게 한다. 또한, AI 기반 보안 시스템은 모델 역공학 방지, 위협 예측, 이상 탐지를 통해 네트워크 전반의 지속 가능성과 신뢰성을 강화한다.

D. AI와 관련된 윤리 이슈 처리

완전 자동화된 AI 기반 6G 네트워크는 네트워크 운영에서 인간의 개입을 줄여야 하는 것을 기본 목표로 삼고 있다. 기계가 학습하는 방식은 인간이 사물을 인식하는 방식과 다르며, 기계는 인간처럼 윤리적 고려 사항을 다루지 않는다. AI 시스템은 학습하고 훈련받은 방식에 따라 행동하나 인간처럼 예외적인 상황에서 논리에 반하는 행동을 할 수는 없다. 이를 위한 해결책으로서, “설계에 의한 윤리” 접근법⁶⁶은 AI

64) 다수의 클라이언트 디바이스에 의해 기계학습모델을 반복훈련 시켜 훈련 결과를 협력적으로 통합하는 접근법이다. 글로벌 학습모델을 구축하기 위해 로컬 모델을 통합하는 역할을 하는 중앙 서버로 학습에 참여하는 다수의 모바일 기기가 온-디바이스 학습을 통해 학습된 로컬모델을 공유하는 분산 학습 프레임워크이다.(출처: 한국지능정보사회진흥원, 엣지 컴퓨팅을 위한 분산 AI학습 구조, 2021)

65) 암호 통신(cryptographic communication)에서 양자 역학적 특성을 이용하여 정보의 암호화에 사용되는 대칭 비밀키를 생성·분배하는 기법 또는 기술. 보안이 필요한 송수신자 사이에 양자 암호키 분배(QKD) 기술을 사용하여 암호화에 필요한 비밀키를 안전하게 공유할 수 있다. (출처: 한국정보통신기술협회 정보통신용어사전)

66) M. d'Aquin, P. Troullinou, N. E. O'Connor, A. Cullen, G. Faller, and L. Holden, "Towards an 'Ethics by Design' Methodology for AI Research Projects," in Proceedings of the 2018 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society, 2018

시스템 설계의 기본 단계에서 윤리적 함의에 대한 논쟁을 불러일으키고 있다. 초기 단계에서 윤리를 고려하는 것은 지능형 6G 시스템에서 유용할 수 있으며, 가이드라인, 법률 및 규정은 위험과 이익 사이의 적절한 균형을 달성하기 위해 6G 맥락에서 데이터 윤리와 소유권을 다루는 가능한 조치의 일환으로 볼 수 있다. 다만, 미래 네트워크에서 데이터 프라이버시를 보장하기 위해 자동화된 머신 윤리에 대한 명확한 사회적 합의와 규범적 정의가 필요할 것이다.

4. 한국의 준비 상황

한국은 차세대 이동통신 기술인 6G 분야에서 세계적인 선두 주자가 되기 위해 정부, 주요 기업, 관련 협회가 협력하여 다양한 계획과 연구개발(R&D)을 추진하고 있다.

1) 정부의 준비 상황

과학기술정보통신부는 2023년 11월 '6G 연구개발 추진전략'을 발표하며, 2028년까지 약 4,407억 원의 예산을 추가로 투입하기로 했다. 주요 연구 분야는 무선통신, 모바일 코어 네트워크, 6G 유선네트워크, 시스템 개발, 표준화로 구분되며, 각각의 분야에서 차별화된 기술 개발을 목표로 한다. 예를 들어, 무선통신에서는 현재 5G에서 사용되는 대역의 용량과 커버리지 문제를 해결하기 위해 7GHz에서 24GHz의 상위 중대역(Upper-mid) 기술을 개발하고, 초다중입출력(MIMO) 안테나 기술을 연구하고 있다.

모바일 코어 네트워크 개발은 하드웨어 중심의 기존 네트워크에서 벗어나 소프트웨어 중심의 클라우드 네이티브(Cloud-Native) 기술 도입을 강조하고 있다. 유선 네트워크 분야에서는 초고속, 초저지연 통신을 가능하게 할 광전송 기술 개발이 진행 중이다. 또한, 인공지능(AI) 기반 네트워크 운영 관리 기술과 사이버 보안 강화 기술도 개발의 핵심 목표로 설정되었다.

정부는 주파수 확보에도 적극적으로 나서고 있다. '제4차 전파진흥기본계획'을 통해 2030년까지 위성망 100개 확보, 주파수 발굴 및 지정 등의 목표가 포함되었다. 이를 지원하기 위해 'K-스펙트럼 펀드'를 조성하고 전파산업진흥법 신설을 추진 중이다. 주파수 할당은 주파수 사용권 확대와 함께 전파 간섭을 최소화하기 위한 고도화된 관리 시스템 개발을 포함한다.

2) 주요 기업들의 역할:

삼성전자, LG전자, SK텔레콤, KT 등 국내 주요 ICT 기업들은 6G 기술 개발과 표준화를 목표로 연구개발에 박차를 가하고 있다. 삼성전자는 글로벌 통신장비 제조사들과 협력하여 6G 기술 로드맵과 우선순위를 정하는 국제 논의에 적극적으로 참여하고 있다. LG전자는 독일 프라운호퍼 연구소, 서울대, 핀란드 오울루대와 협력하여 6G 기술 연구와 표준화를 위한 글로벌 공동 연구 프로젝트를 추진하고 있다.

삼성전자는 6G 기지국 기술과 네트워크 최적화 소프트웨어 개발에 주력하고 있으며, 2023년 6월부터 네트워크 지능형 관리 소프트웨어 'Net AI' 시범운영을 시작하여 AI 알고리즘을 통한 네트워크 트래픽 관리, 실시간 데이터 분석, 오류 탐지 시스템 개발 등도 추진하고 있다. LG전자는 2019년 'LG전자-카이스트(KAIST) 6G 연구센터'를 설립, 산학 협력 6G 원천기술 개발을 추진하는 한편, 저궤도 위성 통신과 고속 데이터 전송 기술을 연구하고 있다. 이와 함께 LG 유플러스와의 협력을 통해 6G 테라헤르츠(THz) 대역에서의 도심 지역기준 매우 긴 수준인 실외 500m 데이터 송수신 실험을 성공적으로 수행하기도 하였다.

SK텔레콤은 싱텔과 6G 기술 협력을 위한 양해각서를 체결하고 6G 적용사례 개발, 에지 AI 인프라 적용과 코어망 운용기술 연구 등 네트워크 구축 기술 교류 및 공동 개발 연구로 협력 범위를 확대한다는 계획을 갖고 있다. 또한 SK텔레콤은 6G 주파수 특성을 고려한 최적의 망 구조를 설계하기 위해 학계와 함께 6G 후보 주파수 대역에 대한 실측 및 시뮬레이션을 진

행하기도 하였다. 또한 글로벌이동통신연합체(NGMN)와 양자 분야 핵심 기술과 부품을 보유한 기업들과 협력을 위해 퀀텀 얼라이언스에도 참여했다.

KT는 노키아와 6G 연구협력을 위한 업무협약을 체결했다. 양사는 2030년부터 본격화될 것으로 예상되는 6G 오픈랜 기술과 6G 후보 주파수를 이용한 초광대역 무선접속 기술 개발에 집중한다는 계획이다.

3) 주요 협회와 학계의 역할

한국정보통신기술협회(TTA)는 국제표준화기구 3GPP의 한국 운영기관으로서 6G 표준 개발의 중심적인 역할을 수행하고 있다. TTA는 국내 기업과 연구소가 국제 표준화 회의에서 주요 의제를 주도할 수 있도록 지원하며, 6G 서비스 사례와 기술 사양 설정에도 적극적으로 참여하고 있다.

2024년 9월에는 제주도에서 3GPP 작업반 회의가 개최되었으며, 이 회의에서는 6G 서비스 시나리오와 기술 요건이 논의되었다. TTA는 표준특허 확보와 관련한 국내 기업들의 경쟁력 강화를 위해 지식재산권 관리와 국제 협력 지원 활동도 활발히 진행하고 있다. TTA는 표준 개발 외에도 신규 서비스 발굴, 상용화 지원, 글로벌 시장 확장을 위한 협력 네트워크를 강화하고 있다.

연세대학교는 노키아와 2023년 양해각서를 체결하고 2년 동안 네트워크 가상화, 차세대 무선통신기술 등에 대한 공동연구를 진행하기로 한 바 있다. 이를 위하여 노키아는 4.7GHz 대역에서 작동하는 5G 특화망 RAN 솔루션 등 무선 액세스 네트워크 솔루션을 포함한 최신 에어스케일(AirScale) 장비를 연세대에 제공하고 5G 특화망 적용 사례 테스트에 활용할 예정이다. 관련하여 연세대학교는 노키아의 5G 특화망 장비를 활용해 5G 특화망을 교내에 설치하고, 5G 기반 로봇, 인공지능/머신러닝 적용 사례 및 대학 자체의 솔루션을 연동하고 개발한다는 계획이다.⁶⁷⁾

2024년에는 이음 5G 주파수를 활용한 특화망 기반의 5G 오픈랜 연구 플랫폼도 연세대 캠퍼스에 구축하였다. 이는 국내 대학 최초의 오픈랜 설치로, 이를 활용하여 오픈랜, vRAN, AI-RAN 등을 실험하는 테스트베드로 활용될 예정이다. 관련하여 해당 오픈랜 시스템은 국내 중소기업의 무선유닛(RU)와 노키아의 분산유닛(DU: Distribution Unit)이 접목된 형태이다.⁶⁸⁾

4) 종합적 평가

한국은 정부, 기업, 협회가 협력하여 6G 상용화를 목표로 체계적인 연구개발과 국제 협력 활동을 추진하고 있다. 이를 통해 글로벌 시장에서의 기술 주도권 확보, 표준특허 선점, 네트워크 장비 및 소프트웨어 시장 점유율 확대 등을 목표로 설정하고 있다. 특히, 국가 차원의 전략적 투자와 기업 주도의 기술 혁신이 결합되어 6G 기술의 선도국으로 자리 잡기 위한 노력이 가속화되고 있다.

또한, 한국은 6G 기반의 새로운 산업 생태계를 조성하기 위해 스타트업과 중소기업을 대상으로 한 지원 프로그램도 마련하고 있다. 이를 통해 다양한 기술 벤처가 혁신적 아이디어와 신기술을 상용화할 수 있도록 적극 지원하고 있다. 이러한 종합적인 전략은 한국이 6G 기술 선도국으로 자리 잡는데 중요한 원동력이 되고 있다.

5. 향후 고려해야 할 사항

6G 기술이 혁신과 가치 창출을 실현하려면 다양한 이해관계자 간의 협력이 과거보다 훨씬 더 필수적이다. 이동통신 네트워크 운영자(MNO), 통신 장비 공급업체, 정부 기관, 산업별 수직 시장(enterprise verticals), 소비자, 반도체 제조업체, 기기 제조업체 등 광범위한 이해관계자들이 6G의 특징, 목표 및 요구 사항에 대해 조기에 합의를 이루

67) <https://www.yna.co.kr/view/RPR20230405010600353>

68) https://www.yonsei.ac.kr/sc/intro/pressrel.jsp?mode=view&article_no=239871

는 것이 현재의 발전 궤도를 바꾸는 핵심이 될 것이다. 관련하여 Mckinsey에서 작성한 보고서⁶⁹⁾와 미국 ITI가 미국 정부에 6G 준비상황에 대해 제기한 제언 등을 토대로 시장의 목소리 등을 참고할 필요가 있다.

Mckinsey에서 다양한 이해관계자들과의 심층 인터뷰를 통해 6G에 대한 기대와 우려를 조사한 결과, 명확한 합의 부족과 중대한 의견 차이가 드러났다. 특히, 6G의 발전 방향과 성공을 위한 필수 요소에 대한 의견은 극명하게 엇갈렸다. 이해관계자들 전반에 걸쳐 발견된 유일한 공통 의견은 6G 표준이 기존 모바일 인프라 상에서 가치를 창출할 수 있을지에 대한 회의적 시각이었다. 낙관적인 의견은 통신 산업 내 일부 장비 공급업체(vendors)와 특정 MNO들에서만 나왔다.

기업(enterprise verticals)들은 5G 기술 도입 초기에 복잡하고 까다로운 경험을 했기 때문에 5G 이후 기술(6G)을 아직 고려하지 않고 있었다. 많은 기업이 5G 자체를 여전히 새로운 기술로 인식하고 있는 것이다. 소비자들 역시 4G와 5G의 차이를 마케팅 캠페인에도 불구하고 명확히 인지하지 못하는 상황이다. 6G의 개념과 가능성은 소비자 인식에서 완전히 제외된 상태다. 미래형 네트워크 기술에 대한 논의는 일반 대중의 관심사가 아니라 산업 내부의 기술 논의에 국한되어 있다.

6G의 주요 잠재 사용자인 enterprise verticals와 소비자들이 6G가 반드시 개선해야 할 핵심 요소를 명확히 식별하고 요구하지 못한다면, 6G 기술 개발은 통신 산업 내부의 메아리(echo chamber)에 그칠 수 있다. 이는 산업 중심적 기술 개발에 그쳐, 세계가 필요로 하지 않는 기술을 만드는 결과로 이어질 수 있다. 물론, 애플의 버튼 없는 터치스크린 아이폰 출시와 같은 기술 지형을 혁신하는 시장 전환적 사건은 언제든지 발생할 수 있지만, 산업 전체의 구체적이고 명확한 6G 비전이 있다면 더 자주, 더 쉽게 일어날 수 있을 것이다.

69) McKinsey analysis of 6G whitepapers published by selected MNOs

이해관계자 간 공통된 비전(shared vision)이 없다면 6G 성과 지표(KPI)에서 주요 개선을 이루기는 어려울 것이다. 예를 들어, 대부분의 이해관계자들은 최대 전송 속도(peak speed), 기기 밀도(device density), 저지연(low latency)을 성공을 위한 필수 요소로 간주하지 않았다. 반면, 에너지 효율(energy efficiency)은 모든 그룹이 우선순위로 꼽았다. 또한, MNO와 기업(enterprise)들은 운영 비용절감(operating expense reduction) 및 엔드포인트 배터리 수명 연장(battery lifetime extension)을 주요 기대 사항으로 제시했다.

미 정부는 6G 기술을 탄소중립(net-zero) 전환과 GDP 성장을 촉진할 기회로 인식하고 있다. 반면, MNO들은 이러한 정부의 목표를 완전히 동의하지 않고 있다. 그 주요 이유는 MNO들이 총 소유 비용(TCO, Total Cost of Ownership)을 줄이고자 하는 강력한 필요성 때문이다. GDP 성장과 탄소중립 전환을 촉진할 수 있는 새로운 혁신 기술을 네트워크에 도입하는 것은 에너지 사용 감소 이상의 결과를 가져올 수 있지만, 이는 운영 비용 증가로 이어져 MNO들이 쉽게 수용하기 어려운 상황이다. MNO들은 비용 효율적인 네트워크 업그레이드를 강력히 선호한다.

그러나 이는 6G 장비 공급업체(vendors)들의 시장 축소를 초래하고, R&D 투자 제한으로 이어져 기술 혁신과 성공적인 기술 개발을 저해할 수 있다. 반도체 제조사(semiconductor players)들은 6G 칩셋 개발의 경제적 가치를 충분히 인식하지 못하고 있다. 이는 시장 수요가 아직 충분히 형성되지 않았다고 보기 때문이다. 그러나 모뎀 비용(modem cost)은 칩셋 개발 비용의 주요요소 중 하나로, 5G 산업 장비 사용 확대에 가장 큰 장애물로 작용하고 있다.

결국, 6G의 성공은 이해관계자들 간의 협력과 공통 비전(shared vision)에 달려 있다. 기업, 소비자, 통신 사업자, 정부, 반도체 제조사 등 모든 이해관계자가 공통 목표를 수립하고 기술 개발 방향을 조기에 조율해야 6G 기술 개발의 경제적 가치와 사회적 수익성을 극대화할 수

있다. 시장 주도 혁신과 협력적 기술 개발만이 미래 6G 성공을 보장할 것이다.

< 6G에 대한 이해관계자들의 다양한 관점 >

이동통신 네트워크 운영자(MNO)들은 5G 수익 창출의 어려움을 여전히 해결하지 못한 상태에서 6G가 추가적인 가치 창출 기회를 제공할 수 있을지 확신하지 못하고 있다. 많은 통신 사업자(telcos)들은 아직 6G로의 전환이 필요하다고 확신할 만한 사용 사례(use cases)를 명확히 정의하지 못했으며, 일부는 새로운 세대 업그레이드 자체에 의문을 제기하고 있다.

일부 MNO 들은 지연(latency)과 데이터 처리량(throughput)을 개선하고 실시간 디지털 모델링이 가능한 센싱기술(sensing)이나 인터넷 오브 센스(Internet of Senses)와 같은 미래형 기술을 구현할 수 있는 기회로 6G를 인식하고 있다. 그러나 대다수 MNO들의 주요 관심사는 운영비용(operational expenses, OPEX) 절감과 최소한의 자본 투자(capital investment)로 5G에서 6G로 업그레이드하는 비용 효율성 확보에 있다.

<주요 우선순위: 에너지 소비와 환경 목표 그리고 비용효율성 강화>

6G 개발을 검토하는 MNO 들은 무선 접속 네트워크(RAN)의 에너지 소비 절감을 최우선 과제로 보고 있다. RAN의 에너지 소비는 평균적으로 전체 운영비용의 10% 이상 을 차지하는 주요 지출 항목이다. 네트워크 에너지 소비 감소는 운영비용 절감 과 동시에 탄소 배출량 감소를 통해 환경, 사회 및 거버넌스(ESG) 목표를 달성할 수 있는 이점을 제공한다.

6G 배포는 기존 기지국 사이트 업그레이드 및 신규 사이트 구축을 필요로 하며, 장비크기 축소 및 최적화(compact and lightweight

equipment)가 비용관리에 매우 중요하다. MNO 들은 안테나 설치 장비의 물리적 크기 감소를 통해 기지국 임대비용(tower rental costs)을 줄이고, 수동 마스트(passive mast) 업그레이드에 따른 추가 비용 발생을 방지하려 한다. 특히, 도심 지역에서는 건설 허가(building permits)를 받는 것이 어려운 경우가 많아, 작고 가벼운 장비나 도시 가로 시설물(street furniture)과 자연스럽게 통합되는 기지국(base station)이 실질적 대안으로 고려되고 있다.

MNO들은 5G에서 6G로의 전환을 비용 효율적(cost-effective) 이면서도 점진적(incremental)으로 만들기를 원한다. xRAN과 클라우드 네이티브 코어(cloud-native core) 아키텍처로 네트워크 마이그레이션이 진행되면서, 네트워크 기능의 많은 부분이 상용 오프더셸프 서버(commercial off-the-shelf servers)에서 소프트웨어 기반으로 실행되고 있다. 일부 MNO 들은 소프트웨어 중심 아키텍처가 6G 개발을 소프트웨어 업그레이드로 가능하게 만들어 물리적 장비(hardware)에 대한 최소 투자로 네트워크 업그레이드를 가능하게 할 것으로 보고 있다. 그러나 새로운 무선 표준의 혁신 가능성을 제한할 위험도 존재한다.

현재 무선 장치(radio units)는 ASIC(주문형 반도체 칩) 및 아날로그 부품(필터, 듀플렉서 등)으로 작동하고 있으며, 하드웨어 교체 없이 업그레이드 하는 유일한 방법은 5G 장비 호환성을 유지하는 것이다. 이를 통해 6G 경량 버전(6G-light version)을 기존 5G 장비와 하드웨어 교체 없이 운용할 수 있는 가능성이 있지만, 이는 새로운 주파수 대역(frequency bands)을 도입할 수 없다는 제약을 동반한다.

〈주파수 대역 우선순위: 고대역 vs 저대역〉

MNO들은 테라헤르츠 주파수(THz spectrum)와 같은 새로운 고대역 주파수를 사용하는 데 상대적으로 회의적인 태도를 보인다. 600MHz~6GHz와 같이 안정적이고 검증된 주파수 대역을 선호하며, 고대역 주파수는 도달 거리 감소 및 설치 밀도 증가로 인해 비용 대비 효율성이 낮다는 견해가 많다. 네트워크 슬라이싱(network slicing)은

MNO들이 스마트 감시(smart surveillance)나 증강현실(AR) 및 가상현실(VR)과 같은 맞춤형 서비스를 통해 수익을 창출할 수 있는 잠재적 도구로 간주된다. 그러나 현재 대부분의 MNO 들은 이 기술이 수익 창출로 이어질 수 있는 상용 사례 발굴과 기술적 복잡성 문제 해결을 아직 진행 중이다. 6G 네트워크 슬라이싱을 최적화 하고 기술적 문제 와 표준화 과제를 해결 하면, 이동통신 네트워크 운영자(MNO) 들에게 6G 상용화의 핵심수익 창출 동력이 될 수 있다.

특히, 운영비용(Operational Cost)을 낮춘 초기 단계에 슬라이싱 기능을 도입하면, 6G 시대 초기 성공사례(early wins)를 확보하고 경쟁 우위를 선점할 기회가 열릴 것이다. 이를 통해 MNO 들은 맞춤형 서비스(customized services)를 신속히 제공하고, 새로운 시장 수요를 창출할 수 있을 것으로 전망된다. 즉, 기술적 과제 해결과 운영 효율성 확보가 6G 수익성을 결정짓는 중요한 요인이 될 것이다.

〈혁신시장(Innovation market) 개방에 대한 기대감〉

네트워크 장비 공급업체들은 5G와 마찬가지로 6G가 산업 전반의 미래 혁신을 주도할 원동력이 될 것으로 보고 있다. 특히 6G 관련 공급업체들은 6G가 디지털 트윈(digital twins), 메타버스(metaverse), AI 및 생성적 AI기반 서비스, 자율 객체(autonomous objects), 산업 자동화(industrial automation)와 같은 기술의 핵심 동력이 될 것으로 예상한다. 6G는 고립된 기술 혁신이 아니라, 다른 기술들과의 상호작용과 발전을 촉진하는 광범위한 생태계의 일부로 작용한다. 예를 들어, 6G는 산업 인터넷(internet of industry)의 핵심 인프라 역할을 하여 기계가 지연 없이 기가바이트 단위의 데이터를 엣지 클라우드(edge cloud)에 전송할 수 있도록 지원하며, 연결된 자산의 초정밀 위치를 보장할 수 있다.

한편, 공급업체들은 5G 출시 시점에서 네트워크 구축에 지나치게 집중하고, 이를 통해 실현할 수 있는 고급 사용 사례에는 충분한 주

의를 기울이지 않았다고 평가한다. 따라서 공급업체들은 6G에서는 적절한 스펙트럼 확보, 첨단 셀룰러 네트워크 응용 사례 개발, 비용 효율적인 모뎀 공급이 이루어진 후, 6G 네트워크 구축이 이루어져야 한다고 제안한다. 사용사례 개발의 어려움에도 불구하고, 공급업체들은 여전히 B2B 시장에서 5G의 가능성을 기대하고 있다. 일부 사용사례의 개념 증명(PoC)이 성공적으로 이루어진 점도 이를 뒷받침한다. 특히, 3GPP 릴리스 16, 17에서 제공하는 주요 기능들이 5G를 디지털 혁신 플랫폼으로 발전시킬 핵심 요소로 간주되며, 모든 기능은 2025년 이후 릴리스 18이 표준화되고 도입된 후에 완전히 구현될 것으로 보인다.⁷⁰⁾ 반면, 소비자 시장의 경우, 공급업체들은 6G 차세대 기술은 산업 분야의 요구를 충족하는 응용 사례 개발에 중점을 두어야 한다고 본다.

헬스케어, 자동차, 제조업, 소매업 등 주요 산업 분야는 여전히 5G의 잠재력을 탐색하는 단계에 있다. 대부분의 기업들은 이론적으로 5G가 제공할 수 있는 성능이 비즈니스 요구 사항을 충족할 수 있다고 믿지만, 실제 구현 과정에서는 어려움을 겪고 있다. 예를 들어, 높은 신뢰성(high reliability), 초저지연(low latency)을 통해 컴퓨팅 작업 부하를 최종 기기가 아닌 엣지 클라우드에서 실행할 수 있어 비용 절감과 장치의 형태 최적화를 기대하고 있다. 하지만 현재로서는 20Gbps 이상의 속도, 1밀리초 미만의 지연 시간, 평방 킬로미터당 100만 개 이상의 장치 밀도 같은 전통적인 KPI 개선은 우선순위가 아니다. 다만, 자동차 산업은 수명 주기 관리를 주요 과제로 꼽고 있다. 신차 수명이 15~20년에 달하는 반면, 이동통신 표준 전환 주기가 짧아 내장형 텔레매틱스 시스템(telematics systems) 업그레이드 비용이 상당히 높을 수 있다.

또한, 사이버 보안은 주요 관심분야이다. 많은 5G IoT 시스템의 위험 프로필이 기업 IT 시스템보다 더 높고, 물리적 운영 제어와 민감한 데이터 처리가 필요한 측면이 고려되어야 한다.⁷¹⁾ 기업들은 6G가 신뢰할 수 있는 무선 기술과 IoT 플랫폼, 응용 계층 통합을 통해 이러

70) 3GPP is the 3rd Generation Partnership Project.

71) Jeffrey Caso, Zina Cole, Mark Patel, and Wendy Zhu, "Cybersecurity for the IoT: How trust can unlock value," McKinsey, April 7, 2023.

한 보안 문제를 해결해 줄 것으로 기대한다.

〈엔드포인트 제조업체: 5G-Advanced(5G-A)에 주력〉

모바일 기기, 로봇 장비, 기타 엔드포인트 장치 제조업체(OEMs)들은 6G보다 5G-Advanced(5G-A)에 중점을 두고 혁신 전략을 빠르게 발전 시키고있다. 증강현실(AR) 서비스, 원격 의료, 헬스케어 데이터 수집 등 첨단 서비스 개발이 주요 목표다. 이들은 5G-A 배포 가속화를 촉구하며, 이를 통해 폐쇄형 루프 제조, 자율주행 등과 같은 대부분의 응용 사례가 충분히 지원될 수 있다고 본다. 마지막으로, 단말기 제조업체들은 6G가 시장에 도입되면 소비자 혼란을 초래할 수 있다고 우려하고있다. 대부분의 소비자들이 5G와 5G-A 차이점을 충분히 이해하지 못하고 있기 때문이다. 소비자들은 2G 시대 이후 인터넷 접속이 가능해졌고, 10년 만에 모바일 광대역 연결 회선 수가 10억 개를 넘어섰다. 그러나 무선 통신 사업자들은 새로운 수익 모델을 발굴하지 못했다. 소비자들은 가격과 서비스 범위에 가장 큰 가치를 두고있으며, 데이터 사용량 증가와 요금 인하에 이미 익숙해져 있다. 6G 기술이 실내 커버리지 문제 해결과 고속 연결 서비스 제공을 통해 실질적 혜택을 제공하지 않으면 새로운 기술 도입을 환영하지 않을 것이다.

〈정부의 지속적이고 포용적인 정책 방향이 필요〉

6G와 관련하여 정부는 네 가지 주요 목표에 집중하고 있다: 지역 기업 창출(장비 공급업체 등), 공급망 다각화, 디지털 포용성 촉진, 그리고 탄소중립 전환이다. 이 목표들은 특정 개발 지표나 핵심성과지표(KPI)에 국한되지 않으며, 오히려 6G가 경제적 및 사회적 변혁을 어떻게 이끌어낼 수 있는지를 중점적으로 다룬다. 정부가 네트워크 장비 제조 부문의 강화를 추구하는 이유는 국내 기술 혁신과 역량 강화, 글로벌 ICT 산업 경쟁력 확보, 그리고 기술 주권 보호와 같은 전략적 이해관계 때문이다. 빠르게 변화하는 글로벌 ICT 산업 환경에서 자국의 경쟁력을 유지하기 위해 이러한 정책적 관심이 커지고 있다.

이러한 노력은 공급망 다변화에 대한 정부의 관심과도 연결된다. 정부는 지정학적 긴장과 글로벌 공급망 붕괴로부터 발생하는 의존성과 위험성을 줄이고자 네트워크 장비 공급망을 다각화하려 한다. 또한, 정부는 6G 기술을 통해 디지털 포용성(digital inclusion)을 촉진하기를 원한다. 지리적, 경제적, 사회적 장벽과 관계없이 모든 시민이 6G와 관련된 첨단 기술의 혜택을 누릴 수 있도록 보장함으로써 디지털 격차를 해소하고, 경제적·사회적 안정성을 강화할 수 있다. 마지막으로, 정부는 탄소중립(net zero)과 지속 가능한 사회 및 경제로의 전환을 가속화하는 도구로 6G 기술을 활용하려 한다. 그러나 6G가 탄소중립 목표 달성에 실질적으로 어떻게 기여할 수 있는지에 대한 구체적인 비전은 아직 제한적이다.

〈 반도체: 6G의 주요 동력으로서의 AI 〉

통신 생태계의 다른 이해관계자들과 달리, 반도체 업계는 5G-A보다 더 높은 데이터 전송 속도에 집중하고 있다. 이는 더 고성능 칩셋에 대한 수요를 촉진할 수 있기 때문이다. 일부 반도체 업계 관계자들은 6G와 AI가 향후 몇 년간 혁신적 기술과 상호 작용하는 방식에 대해 야심 찬 비전을 그리고 있다. 이들의 대담한 비전에 따르면, 6G는 AI 중심 데이터 센터가 엣지 클라우드(Edge Cloud)에 걸쳐 배포되는 오버레이 네트워크(Overlay Network)가 될 수 있으며, 더 이상 단일 목적 모바일 인프라에 의존할 필요가 없을 것이다.

기존 통신사(Telcos)가 네트워크 전용 컴퓨팅 및 스토리지 용량에 투자하는 방식은 비용이 많이 들고 비효율적인 것으로 입증되었다. RAN 컴퓨팅이 특정 지역에서 과도하게 제공되면서 이미 총소유비용(TCO)이 증가했으며, 6G 도입과 생성형AI(Generative AI)의 중요성 증가로 인해 이러한 비용은 더 커질 수 있다. 이러한 부담을 줄이기 위해, 반도체 업계는 무선 네트워크 전용 컴퓨팅 인프라에서 분산 데이터 센터에서 실행되는 6G 오버레이 네트워크로 전환하는 아이디어를 논의해 왔다. 이는 통신사의 비용을 크게 줄일 수 있는 잠재력을 가진다. 이

러한 변화는 xRAN 채택 여정의 일환으로 통신사들이 가상화 네트워크 (Virtualized Network)의 이점을 더 빨리 얻을 수 있게 하고, 네트워크 AI 전환을 가속화할 수 있다. 이에 따라 일부 반도체 업체들은 통신사들이 일반 CPU 기반 기성 서버(COTS) 배치를 넘어서 AI에 특화된 GPU를 활용해야 한다고 생각한다. 이는 인프라 계층을 미래 지향적 (Future-proof)으로 만들 수 있는 이상적인 방식이다.

〈표준화 기구의 역할〉

표준화 기구(예: 3GPP)는 AI 모델용 플러그 앤 플레이 인터페이스를 6G에 구축하여 이러한 미래 지향적 비전을 촉진할 수 있다. 이를 통해 더 많은 기업이 네트워크 기능의 일부 하위 집합(예: 감지 최적화 빔포밍)을 위한 AI 모델을 개발하고, 더 큰 AI 혁신을 촉진할 수 있다. 소프트웨어 기반 스타트업과 같은 소규모 기업들은 완전한 xRAN 포트폴리오가 없어도 네트워크 장비 및 소프트웨어 시장에서 성공할 수 있다. 반도체 업체는 “네트워크를 센서로 활용(Network as a Sensor)” 하는 것이 6G의 주요 역량이라고 생각한다. 이는 고객에게 새로운 서비스를 제공하는 외부 기능으로만 작용하는 것이 아니라, 무선 주파수 계층 최적화에도 도움이 된다. 이 시나리오에서는 기지국(Base Station) 인근 지역의 디지털 트윈(Digital Twins)과 함께 작동하는 AI 모델이 빔포밍(Beamforming) 또는 다중 입력 다중 출력 안테나(MIMO 안테나)의 최적 형태를 각 설정에서 계산할 수 있다. 이렇게 하면 네트워크 효율성과 서비스 품질이 동시에 개선될 수 있다.

〈 미국 내 업계의 의견 〉

미국 NTIA는 '24.5.21일부터 3개월 간 6G의 비전과 방향성 등에 대한 민간 부문의 의견을 듣기 위한 public hearing을 진행하여, 6G의 사용례, 가능성, 연구 필요분야, 우선 개발 필요분야 등에 대한 제안 등 광범위하며, 특히 통신사업자, 장비제조업체 및 네트워크 장비 부품 공급업체, 전파기반 기술 및 서비스 개발자 및 사용자, 연방 임무를 위한 계약 업체 등의 민간사업자와 학계, 시민사회, 공공 부분 등이 참여하도록 독려하였다. 관련하여 동 문의에 대하여 ITI*에서 회원사를 대표하여 제출한 주요 답변의 내용을 살펴보고 동 내용에서 정책 수립 방향의 시사점을 살펴볼 필요가 있다.

* ITI(정보기술산업협회) : 1916년 설립, 하드웨어, 소프트웨어, 서비스 등 다양한 산업분야의 기술 기업들을 대표하는 글로벌 기술협력 단체

〈 美 6G 통신기술 발전 관련 정책제언 의견서⁷²⁾ 〉

A-1. 규제 측면

A-1-1. 6G 기술로 초기부터 수혜를 받을 활용영역은 무엇이며, 정부는 이러한 혁신을 어떻게 지원할 수 있을까?

4G에서 5G로의 발전은 사물인터넷(IoT), 모바일 광대역 용량 증가, 화상 통화와 같은 데이터 집약적 애플리케이션을 가능하게 했다. 이제 5G 어드밴스드와 5G 독립형을 넘어 6G 기술로 이동하면서, 물리적 세계의 연결된 감각과 행동, 경험이 프로그래밍 가능한 디지털 표현과 결합되는 '사이버-물리적 연속체(cyber-physical continuum)' 내에서 자유롭게 이동할 수 있는 시대가 열릴 것이다. 사이버-물리적 연속체는 메타버스뿐 아니라 감각의 인터넷(Internet of Senses), 협업 로봇(Cobots), 디지털 트윈(Digital Twins)과 같은 새로운 개념을 포함하

72) ITI, National Telecommunications and Information Administration: Advancement of 6G Telecommunications Technology, "Comments of the Information Technology Industry Council", 2024.8.

며, 미래 네트워크는 인간과 지능형 기계의 통신 요구를 충족하며 생활, 사회, 산업 전반의 필수 요소가 될 것이다. 자동화와 디지털화의 급속한 발전에 따라 이들 네트워크는 일상 활동을 간소화하고, 사이버-물리적 연속체의 효율성을 높이며, 자원의 지속 가능한 사용을 촉진할 것으로 예상된다.

감각 인터넷(Internet of Senses)은 사물인터넷(IoT)의 진화된 형태로, 연결된 기기에 감각 피드백과 상호작용을 통합하는 개념이다. 시각, 청각, 촉각, 미각, 후각 등 다양한 감각을 통해 가상 환경을 체험할 수 있으며, 기존의 시청각 중심의 인터넷 인터페이스를 넘어 더욱 몰입적이고 직관적인 경험을 제공한다. ‘텔레프레즌스(Telepresence)’는 2D 화상 통신을 넘어 3D 상호작용으로 발전한 가상 커뮤니케이션의 한 형태이다. 사용자가 원격 위치에 물리적으로 존재하는 것처럼 느끼게 하는 이 기술은 몰입형 경험을 위해 막대한 양의 데이터를 무선으로 전송해야 하며, 움직임으로 인한 어지러움을 최소화해야 하는 기술이 수반되어야 한다.

협업 로봇(Cobots)은 인간과 같은 작업 공간에서 함께 작업하도록 설계된 로봇을 의미한다. 이들은 조립, 물건 배치, 포장, 품질 관리 등 다양한 작업을 수행할 수 있으며, 인간 노동을 대체하는 것이 아니라 보완하여 생산성, 품질, 안전성을 향상시킨다. 협업 로봇은 제조, 의료, 물류 등 다양한 산업 분야에서 활용되며, 특정 작업에 맞게 쉽게 재프로그래밍하고 재배치할 수 있어 유연하고 비용 효율적인 자동화 솔루션을 제공할 수 있다. 산업 현장과 기업 환경에서 협업 로봇의 시각 기반 인식 및 제어는 낮은 지연 시간과 높은 데이터 처리 속도를 요구한다.

디지털 트윈(Digital Twins)은 물리적 객체, 프로세스, 시스템 또는 환경의 가상 모델 또는 복제본을 의미한다. 센서, 카메라 등 다양한 소스를 통해 수집된 데이터를 바탕으로 물리적 시스템의 실시간 정보를 반영한다. 디지털 트윈을 통해 가상 환경에서 시뮬레이션, 분석,

최적화를 수행함으로써 물리적 객체나 시스템을 실제로 실험하는 데 따르는 위험과 비용을 절감할 수 있으며, 제조, 건설, 항공, 의료, 교통 등 다양한 분야에서 효율성 개선, 비용 절감, 성능 향상 목적으로 활용됩니다. 디지털 트윈은 실시간 데이터 수집과 처리가 필수적이며, 이러한 데이터는 무선 주파수를 통해 전송된다. 대규모 디지털 트윈 수요가 증가함에 따라 추가 주파수 대역 확보와 주파수 효율성 및 관리 개선이 필요할 수 있을 것이다.

자가 치유 네트워크(Self-Healing Networks)는 문제 발생을 예측하고, 해결책을 제안하며, 대안을 마련하고, 복구를 지원하고, 미래 문제를 예방하는 기능을 갖추고 있다. 소프트웨어를 정의하는 인프라(infra)로의 패러다임 전환은 네트워크 자동화를 기본적인 중복성과 백업 시스템에서 트래픽 패턴, 밀도, 센서 입력을 실시간 및 과거 데이터에서 분석해 네트워크 문제 해결을 자동화하는 수준으로 발전시켰다. AI 및 머신러닝(ML) 기술은 디지털 트윈과 결합되어 네트워크 변경 사항을 배포 전에 테스트할 수 있다. 자가 치유 기능은 네트워크가 자율주행 차량이 보행자와 자전거 이용자를 효과적으로 모니터링하기 위한 지연 시간 서비스 수준을 예측할 수 있도록 하며, 기준이 충족되지 않을 경우 운전자의 수동 제어로 전환을 유도할 수 있을 것으로 기대된다.

A-1-2. 미 정부가 스펙트럼 사용을 넘어 6G 개발을 지원하기 위해 추진해야 할 기존 또는 향후 정책은 무엇인가?

산업계가 6G로의 전환을 주도하겠으나, 이를 뒷받침하는 규제 환경의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않는다. 따라서 미국 정부는 6G와 관련된 모든 정책에서 산업계와의 협력과 소통을 중심에 두어야 한다. 미래 정책으로는 6G 연구개발(R&D) 지원, 국제 협력 강화, 기술 표준 개발, 전문 인력 양성을 포함할 수 있다. 이러한 분야에서 미국 정부가 산업계를 지원하고 6G로의 전환을 촉진할 수 있는 정책적 노력을 기울여야 한다. 이와 관련된 세부 사항은 이후 질문에서 더 자

세히 설명할 것이다.

A-1-3. 6G 개발과 확산을 더 저해하거나 미국(우방국) 기업의 국제 시장 경쟁력을 약화시킬 우려가 있는 미국 정부차원의 이니셔티브는 무엇이 있는가?

▶ 규제 측면(Regulatory)

6G로의 전환을 준비하면서 과거의 경험에서 교훈을 얻고 미래의 도전을 예상하는 것이 중요하다. 특히, 향후 규제 요건에 대한 불확실성은 투자와 혁신을 저해할 수 있다. 주파수 할당과 라이선스 발급의 지연은 6G 배치를 늦출 수 있으며, 주파수 사용이 분산되거나 글로벌 표준과의 괴리가 발생하면 미국 시장에만 적용되는 독자적 솔루션 개발이 요구될 수 있다. 이는 국제적 협력을 방해하고 6G 기술 발전을 저해할 수 있다.

신뢰할 수 있는 공급업체 지위를 글로벌 시장에서 인정받는 개념을 지속적으로 홍보해야 한다. 6G 기술은 생활과 주요 사회 인프라 전반에 깊이 통합될 가능성이 크므로, 전례 없는 수준의 신뢰성이 요구된다. 따라서 정책과 규제 결정은 최대한 조화를 이루어야 하며, 정부 기관 간 통일된 정책을 수립하고 글로벌 정책의 상호 인정을 지향해야 한다. 규제가 분산되면 투자 불확실성과 보안 조치의 일관성 부족이 발생할 수 있으며, 특정 기술 솔루션이 의무화되면 자원이 비경쟁적인 대안으로 분산되어 6G 개발과 배치에 지장을 줄 수 있다.

ITI는 일부 지역에서 클라우드 서비스, 데이터 센터, 엣지 컴퓨팅을 통신 규제에 포함시키려는 움직임을 우려하고 있다. 이러한 규제 확대는 통신 서비스와 디지털 기술 수요를 견인하는 부문을 위축시킬 수 있다. ITI는 통신과 클라우드 서비스를 명확히 구분할 것을 권장하며, 통신 서비스를 넘어 클라우드, 데이터 센터 등 다양한 산업에 통신 규제를 확대하려는 제안에 대해 우려한다. 이는 규제 비용 증가, 시장

비효율성, 소비자 가격 상승, 새로운 네트워크 기술과 응용 서비스 개발 지연을 초래할 수 있다.

일부 클라우드 또는 엣지 컴퓨팅 서비스가 기존 통신사 서비스의 일부 기능을 제공하도록 설계되었다 해도, 이들 서비스는 통신 네트워크의 핵심 인프라, 특히 라스트 마일(last-mile) 네트워크의 대체 수단으로 간주되어서는 안 된다. 오히려 클라우드 및 엣지 컴퓨팅 서비스는 통신 네트워크 인프라와 상호 보완적 관계에 있다. 네트워크 가상화는 하드웨어와 소프트웨어 구성 요소를 분리해 통신과 기타 산업 분야에 큰 혜택을 제공하고 있다. 이는 자본 및 인적 자원을 해방시켜 액세스 네트워크 투자와 사용자 서비스 품질 개선을 가능하게 한다. 또한, 공급망의 다양성과 보안, 회복력을 강화하며, 소프트웨어 중심 환경에서는 신규 공급업체의 진입 장벽이 낮아져 기술 공급망 전반에서 더 큰 유연성과 경쟁, 혁신이 가능하다. 따라서 네트워크 혁신과 서비스 범위 확대를 위한 투자는 상호 대체가 아닌 상호 보완적 노력으로 인식해야 한다.

▶ 사이버보안(Cyber-security)

2030년까지 5G가 세계 경제에 1조 달러의 가치를 창출할 것으로 예상되는 만큼, 복잡해지는 네트워크, 클라우드 네이티브 솔루션, 분산형 환경을 보다 효과적으로 보호할 필요가 있다. 이를 통해 차세대 네트워크의 성장을 촉진해야 한다. 그러나 3G 및 4G 시절에 적합했던 기존 보안 솔루션과 접근 방식은 5G 및 차세대 네트워크 환경에는 부적합하다.

기업과 정부는 네트워크와 서비스가 안전하다는 확신이 있어야만 투자를 할 수 있다. 현재 모바일 IoT(사물인터넷) 및 OT(운영기술) 기기와 그 통신 프로토콜을 보호하기 위한 산업 전반의 통일된 보안 표준이 부재하여 보안 위험이 증가하고 있다. 특히, 원격지에 설치된 많은 기기가 물리적 조작에 취약할 수 있으며, 이로 인해 데이터 유실, 시스

템 다운타임, 네트워크 공격, 심지어 감염된 기기로부터의 추가 보안 위협이 발생할 수 있다.

따라서 미국 정부는 하드웨어와 소프트웨어 전반의 가시성과 지속적으로 변화하는 네트워크 환경 전반에 걸친 보안을 확보하는 ‘제로 트러스트(Zero-Trust)’ 접근 방식을 채택해야 한다. 이러한 표준은 조직이 전체 네트워크 인프라와 핵심 업무 트래픽을 보호하는 데 필수적이다. 네트워크 보안을 강화하기 위해 산업 전반에 걸친 통합적인 보안 기준 마련과 지속적인 보안 관리 체계 구축이 필요하다.

▶ 주파수 관리(Spectrum)

차세대 무선 기술과 6G 시대를 대비할 때, 주파수 가용성은 성공의 핵심 요소임을 인식해야 한다. 미국 국가통신정보청(NTIA)이 비주파수 관련 문제에 집중할 것을 요청했지만, 주파수 관리가 통신 정책의 중요한 축임을 간과해서는 안 된다. 아날로그 셀룰러 시대부터 5G에 이르기까지 무선 기술의 발전 역사는 새로운 주파수 대역 할당이 각 세대의 성공을 견인해 왔음을 분명히 보여준다.

혁신과 투자를 촉진하려면 연방통신위원회(FCC)의 주파수 경매 권한을 복원하는 것이 필수적이다. NTIA의 국가 주파수 전략(National Spectrum Strategy)에서 상업적 사용을 위해 검토 중인 주파수 대역이 확인되면 신속히 할당할 수 있어야 한다. 또한, 주파수 접근과 관련된 기술적·운영적 제약은 네트워크 구축과 운영에 미치는 잠재적 영향을 신중히 평가해야 한다. 정책 결정은 주파수 관리의 효율성을 극대화하고, 지속 가능한 통신 네트워크 발전을 지원하는 방향으로 이루어져야 한다.

A-1-4. 미국 정부는 6G 글로벌 성공을 위해 동맹국들과 어떻게 협력해야 하는가?

미국 정부는 6G 개발, 표준화, 도입, 배치에서 글로벌 리더십을 확보하기 위해 동맹국들과의 협력을 강화해야 한다. 국제 사이버 및 디지털 정책 전략에서 미국 국무부가 제시한 방향은 적절한 접근 방식으로 평가되며, 특히 개방적이고 포괄적이며 안전하고 회복력 있는 디지털 생태계를 구축하겠다는 목표는 6G 전환의 성공과 보안을 보장하는데 필수적이다. 국무부가 언급한 바와 같이, 중소기업을 포함한 신뢰할 수 있는 기술 공급업체는 글로벌 네트워크 연결성을 확대하는 데 중요한 파트너로 간주⁷³⁾해야 한다.

미국 정부는 유럽 파트너들과의 협력을 통해 6G 연구개발을 가속화할 수 있다. 이를 위해 기존에 발표된 공동 6G 연구 비전과 로드맵을 기반으로 영구적인 범대서양 협력 메커니즘을 수립하고, 향후 협력 분야를 식별해야 한다. 2023년 4월 열린 TTC 6G 전문가 워크숍의 성과를 발전시켜야 한다.

또한, 최첨단 통신 기술 개발과 시장 도입을 가속화하기 위해 미국과 유럽 간의 협력을 강조한 대서양 선언(Atlantic Declaration)의 목표는 통신 기술이 모든 경제 부문의 혁신과 발전을 뒷받침하기 때문에 중요한 정책 방향으로 평가된다.

국제적으로는 프라하 제안(Prague Proposals)에서 제시된 5G 보안 원칙과 통신 공급업체 다양성 확보 방안이 향후 6G 협력을 위한 기초를 마련하고 있다. 미국은 스웨덴과의 양자 협력을 통해 고급 무선 기술 개발을 지원하겠다는 공동 성명을 발표했으며, 이러한 시장 경쟁력 강화와 신뢰할 수 있는 장비 공급업체 다양성 확보 노력을 지속해야 한다.⁷⁴⁾ 나아가, 6G 네트워크에는 AI 기반의 지속적인 보안 모니터링

73)

<https://www.state.gov/joint-statement-of-the-united-states-of-america-and-the-kingdom-of-sweden-on-cooperation-in-advanced-wireless-technologies/>

74)

<https://www.state.gov/joint-statement-of-the-united-states-of-america-and-the-kingdom-of-sweden-on-cooperation-in-advanced-wireless-technologies/>

시스템을 도입해야 한다. 이는 신뢰할 수 있는 공급업체조차 악의적인 행위자에 의해 손상될 수 있는 가능성을 고려한 예방 조치이다. 미국은 호주, 캐나다, 체코, 핀란드, 프랑스, 일본, 대한민국, 스웨덴, 영국 등 동맹국들과 함께 6G 무선 통신 시스템 연구개발을 위한 공동 원칙을 지지하고 협력해야 한다. 이러한 국제적 협력과 신뢰할 수 있는 파트너십을 유지하는 것이 6G 글로벌 리더십을 확보하는 데 필수적이다.⁷⁵⁾

A-1-5. 6G 채택을 위해 이러한 비전통적인 분야에서 해결해야 할 장벽은 무엇인가?

과거 상업용 무선 네트워크는 주로 이동통신사(MNO)가 운영했지만, 5G 어드밴스드와 6G의 도입으로 산업계, 기업, 학술 기관이 자체 비공개 네트워크(NPN)를 운영하는 새로운 사례가 등장하고 있다. 이러한 비전통적 산업 분야에서 6G 채택을 가속화하려면 다양한 제도적·기술적 장벽을 해결해야 한다.

과거 4G와 5G 기술이 등장했을 때 주요 활용 사례를 예측하기 어려웠던 것처럼, 6G 역시 혁신을 위한 플랫폼으로서 예상치 못한 변화를 이끌 수 있다. 미국이 글로벌 브로드밴드 경제에서 리더십을 확보할 수 있었던 배경에는 정보 서비스에 대한 규제 완화와 초기 4G 및 5G 네트워크 지원 정책이 있었다. 6G 도입을 지원하는 정책은 미국이 기술 혁신을 지속하고 글로벌 기술 선도국으로서의 입지를 강화하는 데 필수적이다.

A-1-6. 6G에서 미국의 성공을 위해 현재 무선 산업 인력의 재교육이나 확장이 필요한가?

6G 네트워크를 설계, 제조, 배치 및 운영할 수 있는 국내 인력

75)

<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2024/02/26/joint-statement-endorsing-principles-for-6g-secure-open-and-resilient-by-design/>

을 양성하려면 클라우드 기반 및 네이티브 기술, 소프트웨어와 하드웨어의 추상화, 엣지 컴퓨팅 배치에 대한 깊은 이해가 필요하다. 기존의 타워 기술자와 통신 인프라 팀뿐만 아니라 데이터 센터 기술자, 클라우드 시스템 관리자, 사이버 보안 전문가, 가상화 기술을 다룰 수 있는 전문 인력이 필수적이다. 또한, 주파수(RF) 엔지니어링 전문가를 육성하여 상업용 서비스 도입 시 기존 임무 수행이 가능한 기술적 솔루션 개발을 지원해야 한다. 정부는 산업계와 협력해 필요한 기술 역량을 확보할 수 있도록 교육 및 재교육에 우선적으로 투자해야 한다. 이를 위해 정책 입안자들은 기업이 기술 교육을 지원하도록 인센티브를 제공하는 방안을 고려해야 한다.

A-1-7. 현재 5G 배치를 저해하는 인프라 문제는 무엇인가?

5G 배치에서 나타난 인프라 문제는 6G 시대에도 중요한 과제로 남아 있다. 고속 백홀 인프라 부족, 독립형 및 비독립형 네트워크 지원 제한은 네트워크 구축을 지연시킬 수 있다. 6G 네트워크는 기존보다 훨씬 더 많은 기지국과 안테나 배치가 필요할 것으로 예상된다. 공공 주택 기관과 같은 공공 건물은 고정형 무선 접속(FWA) 서비스를 위한 이상적인 안테나 설치 장소로 활용될 수 있다. 따라서 공공 건물 임대를 위한 표준 계약과 명확한 가이드라인을 마련해야 한다.

사이트 임대 승인 프로세스는 표준화하고 간소화해야 하며, 연방 및 주 소유 부지에 대한 접근 권한을 쉽게 부여하는 체계를 마련해야 한다. 또한, FAA 승인 절차가 필요 없는 특정 주파수 대역을 확대하는 등 허가 및 승인 절차를 단순화하는 것도 고려해야 한다. 정확성과 신뢰성을 확보하려면 통신과 센싱이 통합된 6G 네트워크는 밀도가 높은 기지국 배치를 요구한다. 이를 위해 국가 차원의 조화롭고 간소화된 규제 체계를 수립해야 하며, 유연한 토지 이용 및 구획법을 통해 네트워크 배치를 지원해야 한다. 이러한 접근은 6G 인프라 확장을 보다 신속하고 효율적으로 진행할 수 있도록 할 것이다.

A-2. 6G 및 차세대 연구개발 측면

A-2-1. 6G 및 그 이후 기술 개발을 가속화할 수 있는 기초 연구의 어떤 분야가 있나? 인공지능, 머신러닝, 위성 통신, 에너지 저장 및 전송, 반도체 제조 등과 같은 관련 기술의 어떤 발전이 6G 기술 및 이후 세대의 성공적인 개발과 배포에 필수적일까?

AI는 모든 산업의 발전을 주도하는 핵심 기술이며, 안전한 통신 분야에서도 가장 유망한 응용 사례 중 하나이다. AI 기반 기능은 주파수 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 할 것이다. 주파수는 통신 서비스 제공업체가 직면한 가장 큰 자산 비용 중 하나이므로, 주파수 활용 효율을 개선하는 것은 매우 가치 있는 응용 사례이다. AI를 활용한 변조 및 부호화 방식 조정 초기 실험에서는 시나리오에 따라 주파수 효율이 약 10% 향상된 것으로 나타났다.

AI는 동적 주파수 접근(DSA) 연구·개발·배치의 진전을 이끌 중요한 역할을 할 것으로 보인다. DSA는 여러 사용자가 필요와 요구 사항에 따라 주파수 대역을 동적으로 공유할 수 있도록 한다. 연방통신위원회(FCC)는 이미 몇몇 주파수 대역에 DSA를 도입했으며, 다른 국가들도 이 접근 방식을 모색하고 있다. AI 알고리즘은 주파수 사용 패턴을 예측하고, 활용도가 낮은 대역을 식별하며, 주파수 공유를 최적화하는데 사용될 수 있다. AI는 특정 주파수 대역 내에서 사용 가능한 주파수를 감지하고 간섭을 줄이며, 이 귀중한 자원을 더 효율적으로 활용하는데 기여할 것이다.

네트워크 보안에서는 자동화와 머신러닝(ML)이 핵심이 되어야 한다. 광범위한 원격 측정 데이터를 분석하고, 지능적으로 공격과 위협을 사전에 차단하며, 적절한 보안 정책을 권장하는 시스템을 갖추어야 한다. 5G로 인해 사이버 공격 위협이 기하급수적으로 증가했으며, 6G에서는 더욱 심각한 보안 과제를 제기할 수 있다. 네트워크 용량이 급격

히 증가하면 네트워크에 연결된 기기의 수가 전례 없이 많아지면서 공격 가능 범위도 확대되기 때문이다. 멀티 액세스 엣지 컴퓨팅(MEC)은 네트워크 엣지에서 데이터를 분석, 처리, 저장할 수 있도록 해 클라우드로 모든 데이터를 전송하지 않게 한다. 이는 데이터 생성 지점과 가까운 곳에서 컴퓨팅과 데이터 저장이 이루어져 데이터 통제력을 강화하고 비용을 절감하며, 더 빠른 통찰력과 조치를 가능하게 하며, 운영 연속성을 유지하게 한다. 사용자가 있는 곳과 가까운 곳에서 데이터를 처리함으로써 지연 시간이 크게 줄고 네트워크 성능이 개선되어 사이버-물리적 연속체의 모바일 응용 서비스 제공이 용이해진다.

네트워크 슬라이싱(Network Slicing)은 5G 네트워크에서 사용되는 기술로, 6G에서도 지속적으로 활용될 것이다. 이 기술은 다양한 사용 사례, 응용 프로그램, 고객 요구에 맞게 여러 가상 네트워크를 생성할 수 있도록 한다. 각 네트워크 슬라이스는 대역폭, 지연 시간, 보안, 신뢰성 등 고유한 특성을 가지며, 특정 통신 요구 사항에 최적화될 수 있다.

빔포밍(Beamforming)과 대규모 다중 안테나(Massive MIMO) 기술을 결합하면 신호가 필요한 곳에 에너지를 집중시키고, 보다 정밀한 타겟팅으로 신호 분산을 줄이며 전체 에너지 효율을 향상시킬 수 있다. 마지막으로, 에너지 저장과 전송 기술의 발전은 6G 네트워크 배치에 큰 이점을 제공할 것이다. 고체 배터리(Solid-State Battery)나 슈퍼커패시터(Supercapacitor)와 같은 향상된 배터리 기술은 더 효율적인 에너지 저장 솔루션을 제공할 수 있다.

A-2-2. 6G 테스트베드와 플랫폼이 미국에서 6G 및 그 이상의 혁신을 지원하고 가속화하기 위해 필요한 또는 우선 투자해야 할 분야는 무엇인가?

미국 정부는 6G 및 차세대 무선 기술 혁신을 촉진하기 위해 공공-민간 협력, 협력 계약, 보조금 협정을 통한 R&D 지원 방안을 검토

해야 한다. 공공-민간 협력은 기술적 투자뿐만 아니라 장기적 기술 관리 및 정책적 지원 체계를 마련하는 데 중요한 수단이다. 과거 대규모 프로젝트들은 민간 부문의 기술력과 혁신 역량을 공공 부문의 감독 및 정책적 지원과 결합하여 성공을 이뤄냈다. 이는 국가 주파수 전략을 발전시키는 데 필수적이다.

협력 계약과 연방 보조금도 6G 기술 연구개발(R&D)과 시험을 위한 연방 자금 지원 메커니즘으로 활용할 수 있다. 이들은 연방 조달 규정(FAR) 적용을 받지 않아 민간 기업의 참여 장벽을 낮추고, 보다 폭 넓은 R&D 협력을 유도할 수 있다. 미국 정부는 차세대 무선 기술 개발을 위한 기초 및 응용 연구 분야에 R&D 투자를 계속 우선시해야 한다. 국가과학재단(NSF), 국방부(DoD), 상무부 등 정부 기관의 기술 연구소에 대한 자금 지원을 확대해 주요 기술적 과제를 해결해야 한다. 이를 통해 글로벌 경쟁국과의 기술 투자 격차를 줄이고, 브로드밴드 등 다른 주요 통신 R&D 영역에서도 경쟁력을 확보할 수 있다.

미국 전역에 걸쳐 종합적인 6G 테스트베드와 파일럿 프로그램을 구축하는 것은 필수적이다. 이러한 테스트베드는 연구자와 기업이 6G 기술을 실제 환경에서 검증하고 시장 도입을 앞당길 수 있도록 지원한다. 도시 및 농촌 지역 테스트베드에 대한 투자는 다양한 환경에 기술을 적용할 수 있게 하며, 디지털 격차 해소에도 기여할 수 있다.

통합 센싱 및 통신(ISAC)은 무선 네트워크의 패러다임을 변화시켜 상황 인식을 강화하는 다목적 네트워크로 발전시킬 것이다. 이 기술은 네트워크가 주변 환경을 실시간으로 인식하고 변화에 빠르게 대응할 수 있는 '운영 지능'을 제공한다. 이를 통해 확장 현실(XR), 드론, 산업 제조, 자율 주행차 등 다양한 서비스와 응용 프로그램이 혁신적 기능을 활용할 수 있다.⁷⁶⁾ AI와 ISAC의 통합은 센서 데이터 해석과 복잡한 환경 구조 분석을 더욱 강화할 것이다. 예를 들어, AI는 광범위한 주파수 대역이 필요한 기존 센싱 시스템의 해상도를 개선하고, RF 센싱,

76) <https://www.ericsson.com/en/blog/2021/10/joint-sensing-and-communication-6g>

LiDAR, 카메라 등 다양한 소스로부터 데이터를 통합해 더 정확하고 종합적인 환경 모델을 생성할 수 있다.

과거에는 핵심 네트워크 등 상위 계층에서 주로 활용되던 AI가 이제 물리 계층(PHY)으로 확장될 수 있다. 이를 위해 뉴로모픽 컴퓨팅, 양자 컴퓨팅과 같은 차세대 컴퓨팅 기술에 대한 투자가 필요하다. 이러한 기술은 물리 계층에서의 AI 응용을 활성화해 리소스를 효율적으로 관리하면서 강력한 AI 모델을 구현할 수 있다.

특히, 의미 기반 통신(Semantic Communication)은 데이터를 의미, 패턴, 중요성 등 본질적 정보로 변환해 전송하는 방식으로, 전송 효율성을 크게 향상시킬 수 있다. 이는 데이터 처리량, 신뢰성, 자원 활용을 극대화해 현대 통신 시스템의 성능을 크게 향상시킬 것이다. AI 기반 통신 시스템은 더 적은 자원으로 더 많은 데이터를 전송할 수 있어, 차세대 무선 통신의 중요한 전환점이 될 것이다.

R&D 우선 투자 분야	설명	목표
1. 첨단 반도체 개발 및 제조 투자	새로운 소재와 제조 기술을 연구하고, 효율적이고 강력한 반도체 칩을 개발하기 위한 투자	고성능 칩 개발로 6G 기술 지원
2. 첨단 에너지 저장 기술 개발 지원	고체 배터리, 슈퍼커패시터 등 차세대 에너지 저장 기술에 투자	원격지 포함 안정적인 전력 공급
3. 사이버 보안 기술 투자	AI 기반 위협 탐지, 고급 암호화 방식, 양자 저항형 알고리즘 개발	6G 네트워크 보안 강화
4. 개인정보 보호 기술 개발	고속·고용량 6G 환경에서 사용자 데이터를 보호할 수 있는 프레임워크 및 기술 개발	데이터 보호 및 개인정보 보안 유지
5. 전문 인력 양성을 위한 교육 투자	STE(A)M 교육, 전문 훈련, 재교육 프로그램, 인증 과정 등에 투자	6G 산업을 위한 숙련된 인력 확보

그림 13 R&D 우선 투자분야

A-2-3. 미 정부는 6G 이후 기술을 위해 어떤 분야를 R&D해야 하는가?

6G 기술 개발을 위한 R&D 우선순위는 다양한 기술적 측면을 포괄하며, 네트워크 설계, 보안, 데이터 처리, 글로벌 협력, 첨단 통신 기술 등 주요 분야에서 혁신이 필요하다. 첫째, 네트워크 아키텍처와 보안 측면에서, 확장 가능하고 유연하며 회복력 있는 네트워크 구조를 설계해야 한다. 특히, 제로 트러스트 보안 접근 방식을 채택하여 네트워크 전체에서 지속적인 보안 관리를 수행할 수 있어야 한다. 이러한 보안 체계는 점점 더 복잡해지는 네트워크 환경에서의 위협을 효과적으로 방어하고, 안전하고 안정적인 네트워크 운영을 가능하게 할 것이다.

둘째, 첨단 안테나와 신호 처리 기술 개발이 필수적이다. 대규모 다중 입력 다중 출력(Massive MIMO) 기술과 빔포밍(Beamforming) 기술은 신호 전송 효율성을 극대화하고, 데이터 처리량을 증대시키며, 신뢰성을 향상시킬 수 있는 핵심 기술이다. 또한, 더 나은 신호 처리 알고리즘을 개발해 주파수 자원을 효율적으로 활용하고, 고속 데이터 전송과 낮은 지연 시간을 실현해야 한다.

셋째, 인공지능(AI)과 머신러닝(ML)의 통합은 6G 네트워크의 핵심 동력으로 작용할 것이다. AI와 ML은 네트워크 최적화, 예측 유지보수, 리소스 할당을 자동화함으로써 운영 효율성을 개선할 수 있다. 또한, AI 기반의 보안 프로토콜과 침입 탐지 시스템은 네트워크의 사이버 보안 수준을 한층 강화할 수 있다. AI는 자가 관리(Self-Organizing)와 자가 치유(Self-Healing) 기능을 통해 네트워크 장애를 최소화하고 서비스 연속성을 보장할 것이다.

넷째, 엣지 컴퓨팅 역량 강화를 통해 실시간 데이터 처리를 지원해야 한다. 엣지 컴퓨팅은 데이터를 생성 지점과 가까운 곳에서 처리함으로써 지연 시간을 줄이고 실시간 의사결정을 가능하게 한다. 이는 확장 현실(XR), 자율 주행, 산업 자동화 등 지연 시간에 민감한 응용 프로그램이 원활하게 작동하도록 지원할 것이다.

다섯째, 지속 가능하고 에너지 효율적인 기술 개발이 필수적이다. 에너지 절약형 통신 기술과 친환경 인프라 개발은 6G 네트워크 운영 비용을 절감하고 환경에 미치는 영향을 줄일 것이다. 전력 효율이 높은 장치, 신호 전송 최적화 기술, 에너지 관리 시스템은 에너지 소비를 줄이면서도 고성능 네트워크 운영을 가능하게 할 것이다.

여섯째, 글로벌 표준과 국제 협력을 강화해야 한다. 글로벌 표준을 설정하고 이를 주도적으로 이끌어 가는 것은 6G 기술 개발의 핵심 요소이다. 미국 정부와 산업계는 주요 국제 파트너 및 연구기관과 협력해 글로벌 표준 개발을 주도하고, 연구개발(R&D) 협력을 통해 혁신적인 통신 기술을 시장에 신속히 도입해야 한다.

마지막으로, 양자 통신과 컴퓨팅 기술을 통합해야 한다. 6G 네트워크에 양자 기술을 결합해 차세대 보안 기술을 개발하는 것이 중요하다. 양자 키 분배(QKD)와 같은 양자 암호화 기술은 데이터 전송의 보안성을 강화하고 사이버 공격에 대한 내성을 강화할 것이다. 또한, 양자 컴퓨팅은 복잡한 데이터 처리를 빠르게 수행하여 AI 기반 응용 프로그램의 성능을 극대화할 수 있다. 이와 같은 다양한 기술적 분야에 대한 투자와 연구개발은 6G 네트워크 구축과 글로벌 기술 리더십 확보를 위한 필수적인 전략적 과제이다. 지속적인 연구와 협력을 통해 차세대 통신 기술의 혁신을 이끌어야 한다.

A-2-4. 6G 표준개발조직 및 이해 관계자 협력 방안은 무엇이 있는가?

6G 기술의 성공적인 개발과 상용화를 위해서는 표준 개발 조직(SDO), 산업 컨소시엄, 이해 관계자 그룹 간의 협력이 필수적이다. 미국 정부는 이러한 표준화 활동에서 자국 산업계의 적극적인 참여를 지원해야 한다.

첫째, 개방적이고 포괄적이며 산업 주도적인 표준화 기구 지원이 필요하다. 표준 개발은 투명한 절차와 명확한 규칙을 바탕으로 진행되

어야 하며, 미국 정부는 관련 조직과 기업들이 표준화 활동에 참여할 수 있도록 적극적으로 지원해야 한다. 이를 위해 공정하고 개방적인 표준화 프로세스를 유지하고, 미국 산업계가 주요 글로벌 표준화 활동에서 배제되지 않도록 법적·정책적 장애물을 제거해야 한다.

둘째, 미국을 표준화 회의 개최에 매력적인 장소로 만들 필요가 있다. 글로벌 표준화 기구들이 미국을 주요 회의 개최지로 선호하도록 비자 발급 절차와 여행 제한 정책을 완화해야 한다. 국제 포럼이 미국에서 열리면 미국 기업들이 더 쉽게 표준화 논의에 참여할 수 있으며, 글로벌 표준화 과정에서 중요한 입지를 확보할 수 있다.

셋째, 주요 글로벌 표준화 기구와의 협력 강화가 필수적이다. 3GPP(3rd Generation Partnership Project)와 같은 글로벌 표준 개발 기구는 6G 기술 사양 개발의 중심적 역할을 할 것이다. 이들은 개방적이고 투명한 표준 개발 절차를 유지해야 하며, 미국은 이러한 기구와 협력해 표준화 노력이 전 세계적으로 조화롭고 상호 운용 가능한 네트워크 솔루션을 도출하도록 유도해야 한다. 산업 전반의 폭넓은 의견 수렴이 필요하다. 6G 기술 개발은 단순히 통신 산업에 국한되지 않고, 헬스케어, 자동차, 제조업, 에너지, 보안 등 다양한 산업 부문이 협력해야 한다. 이를 통해 산업 간 융합 기술과 응용 사례를 적극적으로 발굴하고, 표준 개발이 보다 다학제적 접근을 반영할 수 있도록 해야 한다.

결론적으로, 미국 정부와 산업계는 글로벌 표준화 활동에서 주도권을 확보하기 위해 국제적 협력을 강화하고, 관련 이해 관계자들이 표준화 논의에 효과적으로 참여할 수 있는 환경을 조성해야 한다. 이를 통해 6G 기술 개발과 상용화를 가속화하고, 글로벌 시장에서 경쟁 우위를 점할 수 있을 것이다.

A-2-5. 6G 기술에 대한 지식 재산권 환경은 어떤 모습이며, 미 정부의 6G 개발 전략에 어떤 영향을 미칠 것으로 예상되나?

과도하게 공격적인 특허 집행 및 소송, 특히 비제조 특허권자

(NPE)와 기타 특허 수익화 기업들이 혁신가들에게 불합리하게 높은 로열티를 지불하도록 압박하기 위해 제품 금지를 추구하는 경우는 혁신에 적대적인 환경을 조성할 수 있다. 정책은 지적 재산권 보호와 혁신 장려 사이에서 미세한 균형을 이루어야 한다.

A-2-6. 현재 6G 개발, 표준화 및 배포를 위한 로드맵이 존재합니까?

3GPP에서 6G에 대한 기술 표준화 작업은 2026년부터 시작될 예정이고, 3GPP 준수 6G 시스템 사양의 첫 번째 상용 전 단계 구현이 2028년 말에 가능할 것으로 예상된다. 상용 배포는 2030년대에 이루어질 것으로 전망되며, 6G의 성공을 위한 중요한 요소는 적시에 충분한 주파수 대역이 확보되는 것이다.

기구/이니셔티브 명	설명	주요 활동 분야
제3세대 파트너십 프로젝트(3GPP)	7개 지역 통신 표준 기구로 구성된 컨소시엄, 모바일 무선 통신 기술 사양 개발	5G, 5G 어드밴스드, 6G 표준화
국제전기통신연합 무선통신부문(ITU-R)	차세대 네트워크 주파수 확보 및 스펙트럼 관리	주파수 할당 및 글로벌 조율
전기전자기술자협회(IEEE)	Wi-Fi, WiMAX 등 통신 표준 개발 및 기계간 통신 기술 연구	무선 통신 및 데이터 표준 개발
유럽전기통신표준협회(ETSI)	통신 표준 개발과 6G 응용 탐색을 위한 작업 그룹 운영	통신 기술 표준 및 응용 사례 개발
세계이동통신사업자협회(GSMA)	750개 이상 이동통신사업자와 400여 개 관련 기업을 대표	글로벌 이동통신 산업 표준 지원
O-RAN Alliance	개방형 무선 액세스 네트워크(RAN) 표준 개발	RAN 인터페이스 상호운용성 연구
차세대 모바일 네트워크 연합(NGMN)	이동통신사업자, 공급업체, 연구기관 컨소시엄, 차세대 네트워크 요구사항 정의	차세대 네트워크 요구사항 및 표준화
넥스트G 얼라이언스(Next G Alliance)	ATIS가 이끄는 북미 중심 이니셔티브, 6G 연구개발 및 표준화 지원	6G 기술 연구, 표준화, 시장 준비
국립과학재단(NSF)	고급 무선 통신 및 6G 연구 프로젝트 자금 지원	학술 연구 및 기술 개발 자금 지원
5G 인프라 공공-민간 협력(5G PPP)	유럽연합 주도 이니셔티브, 5G 기술 발전 및 6G 로드맵 개발	5G 및 차세대 통신 기술 개발
헥사-X(Hexa-X)	EU 지원 프로젝트, 주요 산업 및 학술 기관 협력해 6G 시스템 기반 개발	6G 시스템 아키텍처 및 응용 연구
호라이즌 유럽(Horizon Europe)	EU의 연구혁신 자금 지원 프로그램, 6G 관련 프로젝트 투자	혁신 연구 및 개발 자금 지원
6G 플래그십(6G Flagship)	핀란드 오울루 대학교 주도 연구 프로그램, 학계-산업 협력	6G 연구개발 및 혁신 프로젝트
5G 이후 진흥 컨소시엄(Beyond 5G Promotion Consortium)	일본 총무성 주도, 5G 이후 차세대 기술 개발 및 연구 촉진	6G 연구개발 및 표준화 지원

그림 14 6G 표준 개발 기구, 산업 컨소시엄 및 연구 이니셔티브 주요내용 (Standards Development Organizations, Industry Consortia and 6G Research Initiatives)

A-2-7. 6G 기술은 상용화 및 현장 시험을 시작할 것으로 예상되는지, 그리고 6G 기술의 어떤 발전이 기존 기술의 교체를 가속화할 수 있을까?

첫 상업용 6G 서비스는 2030년경에 시작될 것으로 예상되며, 2028년부터는 상용화 이전의 시험이 진행될 예정이다, 초기단계의 시험 연구는 2020년에 시작되었으며, 6G의 국제 표준을 개발하고 정의하기 위한 표준화 노력은 2021년부터 본격적으로 시작되었다.

ITU, 3GPP와 같은 조직 및 기타 표준화 기관들이 이 단계에서 중요한 역할을 수행하고 있다. 초기 적용영역은 특정 지역과 세부산업에 집중될 가능성이 높다. 과거 4G에서 4G LTE, 5G, 5G Advanced, 5G Standalone(5G SA)로 이어지는 과정과 유사한 프로세스를 거칠 것으로 전망된다. 그러나 6G가 널리 구현되기 위해서는 기술 발전, 규제 승인, 인프라 개발 등 여러 가지 도전 과제가 선결되어야 한다.

A-2-8. 다양한 무선 접속 유형(예: 지상 라디오, 비지상/위성 통신)이 이질적 6G 서비스에 보편적인 접근을 가능하게 하려면 어떻게 해야 하는가?

6G 서비스에서 지상 무선 통신과 비지상 위성 통신 등 다양한 무선 접속 기술 간의 원활하고 일관된 연결을 보장하려면 여러 가지 기술적 접근이 필요하다. 이를 위해 산업계에서 적용할 수 있는 다양한 기술적 전술이 있으며, 추가 연구개발(R&D)도 요구된다.

1) 멀티 액세스 엣지 컴퓨팅(MEC)

MEC는 데이터를 생성 지점과 가까운 네트워크 엣지에서 데이터를 분석, 처리 및 저장할 수 있도록 지원한다. 모든 데이터를 클라우드로 전송하지 않으므로 데이터 통제력 강화, 비용 절감, 더 빠른 인사이트와 의사결정이 가능하다. 사용자와 가까운 곳에서 처리가 이루어지므

로 지연 시간이 줄어들고, 네트워크 성능이 개선되어 사이버-물리적 연속체(cyber-physical continuum) 애플리케이션이 모바일 환경에서도 원활히 작동할 수 있다.

2) 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN)과 네트워크 기능 가상화(NFV)

SDN과 NFV는 네트워크를 유연하고 프로그래머블하게 만들어 다양한 접속 기술 간 리소스 할당과 트래픽 관리를 동적으로 수행할 수 있다. 이를 통해 네트워크 운영의 민첩성과 확장성을 확보할 수 있다.

3) 인공지능(AI)과 머신러닝(ML) 활용

AI와 ML은 지능형 네트워크 관리를 통해 이기종 네트워크의 예측 유지보수 및 최적화를 지원한다. 이를 통해 네트워크 운영 효율성을 높이고 빠르게 변화하는 조건에 적응할 수 있다.

4) 동적 주파수 접근(Dynamic Spectrum Access)

동적 주파수 접근은 다양한 무선 접속 기술이 동일한 주파수 대역을 효율적으로 사용할 수 있도록 지원한다. 주파수 사용 패턴을 감지하고 환경에 적응하는 인지 무선(Cognitive Radio) 시스템을 개발하면 주파수 자원을 보다 효율적으로 관리하고 간섭을 최소화할 수 있다.

5) 네트워크 슬라이싱(Network Slicing)

네트워크 슬라이싱은 특정 서비스, 응용 프로그램 또는 사용자 요구 사항에 맞게 가상 네트워크를 생성할 수 있는 기술이다. 이 기술을 통해 리소스 할당과 성능을 최적화하고 다양한 접속 기술 간 원활한 통신을 지원할 수 있다. 엔드 투 엔드 오케스트레이션 도구를 활용하면 이러한 네트워크 슬라이스를 관리하고 조정해 효율적이고 일관된 네트워크 운영을 보장할 수 있다.

6) 저궤도 위성(LEO) 활용

LEO 위성 군집은 낮은 지연 시간과 고속 연결을 제공하여 지상 네트워크를 보완한다. 이를 통해 원격 지역이나 서비스가 부족한 지역에서도 포괄적인 네트워크 커버리지를 확보할 수 있다.

이 밖에도, 6G에서는 업링크 및 다운링크 통신 트래픽, 데이터 속도, 사용자 기능 및 용량, 전력 소비가 크게 증가할 것이다. 모바일 통신에서는 테라비트(Tb/s)급의 데이터 속도를 지원하는 프론트홀/백홀 링크가 필요하며, 이는 기존 네트워크보다 훨씬 높은 대역폭과 더 큰 용량을 요구하게 될 것이다. 섬유 광케이블(fiber optic)과 무선 백홀 링크, 구리선 네트워크 간의 조합은 앞으로도 백홀 통신의 주요 구현 방식이 될 것이다. 광케이블은 원자재 비용 측면에서는 가장 경제적이지만, 어두운 광케이블(dark fiber)이나 광케이블 관로(conduit)가 없는 도심 지역 또는 광케이블 인프라가 부족한 농촌 지역에서는 설치 비용이 매우 높을 수 있다.

또한, 광케이블 설치하는 무선 링크보다 시간이 오래 걸리며, 서비스가 빠르게 필요하거나 단기간에만 요구되는 지역에서는 비경제적일 수 있다. 비상 상황에서는 광케이블이 손상된 경우 신속한 수리가 가능하나, 대규모 재난 발생 시 복구 시간이 크게 지연될 수 있다. 100GHz 이상의 무선 링크는 설치 속도가 빠르고 몇 킬로미터 범위의 링크를 지원할 수 있어 고밀도 도심 지역이나 농촌 고정 무선 접속(FWA) 지역에서 중요한 역할을 할 수 있다. 특히, 100GHz 이상의 연속 주파수 대역을 수십 GHz 단위로 확보할 수 있다면 1Tb/s 이상의 백홀 링크 용량이 가능해지며, 현재보다 훨씬 더 다양한 응용 사례가 실현될 수 있다. 이러한 기술적 접근은 6G 네트워크가 요구하는 고속, 저지연, 대용량 네트워크를 지원하는 데 필수적이다.

A-3. 6G 보안 및 환경 관련 정부의 대응 분야

A-3.-1. 자연재해 및 인위적 재해로 인해 네트워크 성능에 영향을 미치는 상황 속에서 6G 네트워크의 회복력을 어떻게 향상시킬 수 있는가?

6G 네트워크의 고정 서비스(Fixed Service) 링크는 전송, 프론트홀 및 백홀 용도로 사용되며, 소비자 대상 이동 및 고정형 무선 액세스와 같은 다양한 지상 통신 서비스에 필수적이다. 특히, 100-275GHz 범위의 수동 대역 중 하나 이상을 공유할 수 있다면, 데이터 전송 속도가 1Tbps 이상에 달하는 무선 기반 시스템을 구현할 수 있다. 이는 주요 자연재해나 인재로 인해 광케이블 기반 통신망이 손상되었을 때, 신속한 복구를 가능하게 해준다.

이와 같은 초고속 무선 링크는 새로운 서비스와 응용 프로그램 개발을 촉진하며, 다른 국가보다 앞서 투자와 기술 발전을 이끌 수 있는 중요한 주파수 자원을 제공한다. 예를 들어, 광범위한 통신망이 파괴된 대규모 재난 상황에서는 100Gbps에서 1Tbps에 이르는 포인트 투 포인트(point-to-point) 무선 네트워크가 수 개월, 심지어 수 년 동안 공공 서비스를 유지하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.

재난 상황에서의 활용 사례를 살펴보면, 지난 수십 년 동안 여러 지역에서 발생한 대규모 산불과 홍수 피해 사례는 이러한 무선 링크의 필요성을 강조한다. 교통 인프라가 손상된 지역에서도 이러한 기술은 필수적이다. 예를 들어, 지진으로 인해 발생하는 지반 균열은 광케이블 인프라에 심각한 손상을 줄 수 있다. 이는 지진 발생 가능성이 낮은 지역에서도 예외는 아니다. 대규모 재난 시 광케이블이 손상된 지역에서 고속 무선 기반 시스템을 통해 신속히 통신 서비스를 복원할 수 있는 능력은 국가 안보와 재난 복구 역량을 강화하는 데 중요한 역할을 한다. 고용량의 무선 네트워크는 통신망 복구를 위한 중요한 대안이 될 수 있으며, 신속한 복구와 안정적인 서비스 제공을 통해 공공 안전과 국가 대응역량을 크게 향상시킬 수 있다.

A-3-2. 6G 장비와 네트워크 장비의 에너지 효율성의 맥락에서, 6G 장비와 관련된 에너지 소비를 줄이기 위해 어떤 조치를 취할 수 있을까요?

6G의 복잡성과 데이터 수요가 이전 세대를 능가할 것으로 예상됨에 따라, 네트워크 인프라와 장치의 에너지 소비는 규제 기관의 주요 우려 사항으로 떠오르고 있다. 그러나 6G 네트워크 아키텍처는 에너지 효율성을 기본 개발 원칙으로 삼아 설계될 것이다.

에너지효율성 강화 전략에 대해서는 전 세계적으로 이미 시행된 사례들이 존재한다. 예를 들어, 시스코(Cisco)는 레알 마드리드(Real Madrid)와 협력하여 유럽 최초로 스포츠 경기장에 통합 소프트웨어 정의 액세스(SDA) 네트워크를 구축했다. 이 혁신적인 네트워크는 산티아고 베르나베우(Santiago Bernabéu) 경기장의 광범위한 운영을 지원하며, 필요한 모든 서비스를 단일 네트워크에서 처리한다. SDA 네트워크는 소프트웨어 정책을 통해 적절한 애플리케이션이 올바른 사용자나 장치에 안전하게 연결되도록 관리한다. 또한, 건물 관리 시스템(BMS)과 경기장을 다목적 장소로 전환할 수 있는 이동식 경기장 시스템도 운영한다. 이 네트워크는 향후 수요 증가를 고려해 대용량과 유연성을 바탕으로 설계되었다. 이 경기장은 2,500개의 Wi-Fi 6 액세스 포인트와 2,500대의 4K HD 비디오 스크린을 갖추고 있다. 이를 통해 약 10만 명의 관중에게 기존 Wi-Fi보다 4배 빠른 연결성과 더 높은 신뢰성, 몰입형 애플리케이션을 위한 더 빠른 속도를 제공한다. 또한, Wi-Fi 기술 덕분에 단말 장치의 전력 소비가 최대 3분의 1까지 절감되어 에너지 효율성도 크게 향상되었다.

기술은 복잡한 문제를 해결하고 광범위한 기회를 창출함으로써 경제적·사회적 진보를 이끄는 가장 강력한 촉매가 될 수 있다. 국제전기통신연합(ITU)과 유엔개발계획(UNDP)은 지속 가능한 개발 목표(SDGs) 달성을 위한 유엔 목표의 70%가 디지털 인프라, 인공지능(AI), 사이버 보안과 같은 디지털 기술을 통해 직접적인 혜택을 받을

수 있다고 추정하고 있다.

정보기술산업협회(ITI)는 BEREC(유럽 전자통신규제기관협력기구)의 지속 가능성 지표 개발 노력을 지지하며, 차세대 네트워크로의 전환과 재생 가능 에너지 자원의 채택이 통신 네트워크의 친환경화를 위한 핵심 요소라고 강조한다. 광케이블, 친환경 데이터센터, AI 솔루션, 사물인터넷(IoT)과 같은 혁신 기술은 효율성과 자원 순환성을 강화해 성능을 최적화하고 에너지 사용을 줄인다.

친환경 네트워크 설계는 네트워크 장치가 활성 상태일 때만 전력을 소비하도록 에너지 절약 모드와 대기 상태(sleep state)를 포함할 수 있다. 네트워크 슬라이싱(Network Slicing) 기술은 실시간 수요에 따라 네트워크 자원을 동적으로 할당해 필요한 부분만 활성화함으로써 에너지 낭비를 줄인다. 또한, 무선 기술을 활용한 전용 현장 네트워크(Private Field Area Networks)는 전력망과 현장 자산의 실시간 모니터링과 연결을 안전하고 안정적으로 지원해 관리 효율성을 높인다.⁷⁷⁾

무선 접속 기술에서는 효율적인 변조 및 코딩 방식을 구현해 데이터 처리량을 극대화하고 전력 소비를 최소화할 수 있다. 빔포밍(Beamforming)과 대규모 다중 안테나(Massive MIMO) 기술을 결합하면 신호가 필요한 곳에 에너지를 집중시키고 신호 분산을 줄여 에너지 효율성을 높일 수 있다.

오픈 RAN(Open RAN) 기술을 도입하면 모듈형 설계, 소프트웨어 업그레이드, 표준화를 통해 전자 폐기물을 줄이고 자원을 절약할 수 있다. 공급업체, 운영자, 규제 기관 간의 협력은 기술적·규제적 과제를 극복하고 재활용과 장비 개조(retrofitting)를 통한 환경적·경제적 이점을 극대화하는 데 효과적이다. 또한, 갈륨 나이트라이드(GaN), 탄화 규소(SiC)와 같은 첨단 소재를 사용하는 고급 반도체 개

77) A Field Area Network (FAN) is a communications network that connects devices, processes, and people to smart utility networks

발은 더 낮은 전력 소비로 더 높은 성능을 제공할 수 있다. 또한, 프로세서, 트랜시버, 메모리 장치와 같은 하드웨어 구성 요소를 에너지 효율적으로 설계하는 것이 필수적이다. 이러한 기술 발전은 6G 네트워크의 기본 요소가 지속 가능성을 염두에 두고 개발되도록 보장한다.

많은 기업이 에너지 효율성 행동 강령과 넷 제로(Net Zero) 목표 달성을 위한 야심 찬 계획에 서명했다. 유럽 그린 디지털 연합(European Green Digital Coalition)은 정보통신기술(ICT) 솔루션의 긍정적인 환경적 영향을 보여주는 방법론과 사례 연구를 발표했다. 마지막으로, 통신 운영자와 장비 제조업체가 에너지 효율적인 기술을 개발하고 배포하도록 인센티브를 제공하면 지속 가능한 관행의 광범위한 채택을 장려할 수 있다. 이는 글로벌 통신 산업의 환경적 책임을 강화하고 기술 발전과 지속 가능성을 동시에 추구하는 데 중요한 역할을 할 것이다.⁷⁸⁾ 한편, 정보기술산업협회(ITI)는 6G 에너지효율성의 향상을 위해 아래와 같은 사항을 제안하고 있다.

■ 6G의 탈탄소화 기여 가능성과 협업 필요성

6G는 미국과 세계의 탈탄소화 목표 달성을 지원할 수 있는 중요한 기술로 주목받고 있다. 그러나 이를 실현하려면 기술 기업과 다양한 산업 부문 및 기관 간의 협력이 필수적이다. 예를 들어, 인공지능(AI)은 2030년까지 전 세계 온실가스(GHG) 배출량을 5~10%까지 줄이는 데 기여할 수 있으며⁷⁹⁾, 디지털 지원은 중소기업(SME)의 운영 부담을 완화하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.

■ 재생 가능 에너지 확보의 중요성

통신 산업이 넷 제로(Net Zero) 목표를 달성하려면 저탄소 및 재생 가능 에너지원에 대한 접근이 필수적이다. 대규모 재생 에너지 프

78)

<https://www.greendigitalcoalition.eu/egdc-pilot-project-delivers-methodologies-to-measure-the-enabling-impact-of-digital-solutions-on-the-climate/>

79) Accelerating Climate Action with AI by Boston Consulting Group (2023). Available at: How AI Can Speed-Up Climate Action | BCG

로젝트를 전력망에 연결하는 송전선 건설이 지연되면, 전력 비용이 상승하고 재생 가능 전력 공급이 제한될 수 있다. 이는 통신 산업의 지속 가능성 목표 달성에 직접적인 영향을 미칠 수 있다.

■ 고급 네트워크 관리 기술의 역할

AI와 머신러닝(ML) 기반 네트워크 관리 기술은 네트워크 운영의 효율성을 극대화할 수 있다. 이 기술은 트래픽 패턴을 예측하고 네트워크 자원을 효율적으로 관리해 에너지 소비를 줄인다. 예를 들어, 센서와 사물인터넷(IoT) 장치에서 생성된 AI 데이터를 분석하면, 여러 에너지원이 결합된 시스템의 에너지 사용을 최적화하고, 수요 변동을 예측하며, 설치된 장비의 예측 유지 보수를 수행할 수 있다. 또한, 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN)은 네트워크 자원을 동적으로 관리할 수 있는 유연성을 제공해 항상 활성 상태로 유지해야 하는 인프라의 필요성을 줄인다. 이러한 기술적 접근은 통신 네트워크의 에너지 효율성과 지속 가능성을 강화하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

지속 가능성을 위한 ITU의 정책 권고 사항	설명
1. 미래 대응형 접근법 채택	디지털 네트워크의 지속적으로 변화하는 역할을 고려해 유연하고 미래 지향적인 정책을 수립해야 함.
2. 환경적 영향이 큰 분야에 집중	과학적으로 검증된 방법론을 바탕으로 환경적 영향을 가장 많이 받는 분야를 우선적으로 다뤄야 함.
3. 국제 표준과의 조율	지속 가능성 노력을 국제 표준과 조화롭게 정렬해 글로벌 협력과 일관성을 유지해야 함.
4. 디지털 인프라의 중요성 인식	디지털 인프라가 지속 가능성 목표 달성을 위한 필수 사회적 자원임을 인정하고 지원해야 함.
5. 인터넷 생태계와 협력 강화	투명성, 순환 비즈니스 모델, 에너지 효율 기준을 개선하기 위해 관련 이해관계자들과 협력해야 함.

그림 15 지속가능성 향상을 위한 ITU의 정책 권고사항 리스트

A-3-3. 5G 기술 개발, 배포 과정에서 어떤 사이버보안 문제들이 발생했나? 그리고 이러한 문제들을 6G기술의 개발, 배포 과정에서 어떻게 예방할 수 있을까?

5G 네트워크의 확산은 이전 세대보다 훨씬 더 넓은 공격 범위와 새로운 위협 경로를 만들어내며, 이에 따른 보안 위협이 증가하고 있다. 통신 운영자들은 네트워크 인프라뿐 아니라 네트워크를 통해 전달되는 통신과 데이터를 보호해야 하며, 이는 사용되는 기술이나 공급 업체에 관계없이 모든 네트워크 구성 요소에 적용되어야 한다.

이에 따라 NTIA와 미국 정부는 점점 더 복잡하고 역동적으로 변화하는 네트워크 환경을 관리하기 위해 엔터프라이즈급 보안을 위한 제로 트러스트(Zero-Trust) 보안 모델을 표준화해야 한다. 제로 트러스트 접근 방식은 신호 처리, 데이터, 응용 프로그램, 관리 계층 등 네트워크의 모든 계층과 위치, 공격 벡터, 소프트웨어 수명 주기 전반에 걸쳐 모든 구성 요소를 보호하고 검증하는 것을 목표로 한다. 이러한 보안 체계가 없으면 5G 네트워크에 대한 신뢰도가 약화될 수 있으며, 이는 디지털 전환을 추진하는 기업들에게 심각한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 제로 트러스트 보안 모델은 6G 네트워크 설계에서도 핵심 원칙으로 자리 잡아야 한다.

보안 중심의 네트워크 설계 접근법(Secure by Design)은 네트워크 보안에 있어서 핵심적인 방법론으로 제기되고 있다. 네트워크 보안은 시스템 설계 초기 단계에서부터 통합되어야 하는데, 보안 중심 설계(Secure by Design) 접근법을 채택하면 네트워크 구성 요소가 설계 단계부터 강력한 보안 조치를 반영하게 되어, 소프트웨어 및 하드웨어의 취약점을 조기에 발견하고 해결할 수 있다. 엔터프라이즈급 보안은 제로 트러스트 모델을 구현하는 데 필수적이다. 이 모델에서는 네트워크 내의 모든 장치와 엔터티, 모든 계층(신호, 데이터, 관리) 및 모든 위치를 지속적으로 모니터링하고, 잠재적인 보안 위협과 취약성을 실시간으로 평가 및 검증한다.

가장 중요한 원칙은 네트워크 내에서 내재적 신뢰(inherent trust)를 가정하지 않는 것이다. 제로 트러스트 보안 접근은 5G와 6G 네트워크가 신뢰할 수 있는 디지털 전환의 기반이 되도록 지원하

며, 기업과 통신 운영자가 변화하는 위협 환경에 적응하고 안전한 서비스를 제공하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

6. 정책적 시사점

1) 산업 생태계 활성화 측면

6G 시대는 고성능 네트워크 장비와 반도체 부품이 반드시 필요하므로 반도체 설계, 네트워크 장비 제조, 소프트웨어 개발 등 관련 산업을 통합적으로 지원해야 한다. 또한 6G 시대는 통신에서 소프트웨어의 역할이 더욱 커질 것으로 예상되는 만큼 네트워크 관리, 보안, AI 기반 최적화 등을 수행할 소프트웨어 관련 기술개발 및 연관 산업과의 연계 강화를 위하여 국내 소프트웨어 중소기업, 스타트업 등에 대한 지원을 동반하여야 한다. 산업계가 함께 6G에 대한 준비를 진행할 수 있도록 정부는 6G 연구센터와 테스트베드를 통해 산학연의 실증연구와 상용화 프로젝트가 원활히 이뤄질 수 있도록 도와야 한다.

이를 위한 방안으로 주요 지역에 산업 클러스터와 실증 테스트베드를 조성해 기술 개발과 상용화를 위한 통합 지원 체계를 마련하여 실증 프로젝트와 파일럿 프로그램을 운영하는 것을 검토할 필요가 있다. 또한 주요 글로벌 기업 및 연구기관과의 협력을 확대하여 오픈랜 등 주요한 기술변화에 맞춰 대응하고 글로벌 생태계와의 연결성을 반드시 강화하여야 한다. 특히 공급망 불안정성이 심화될 가능성을 대응하여 공급망을 다변화하고 국내 중소기업 및 스타트업에 대한 R&D 인프라 제공 강화 등을 통해 이들이 글로벌 6G 기술 생태계에서 경쟁력을 갖출 수 있도록 해야 한다. 더불어 6G 시장에서 국내 기업이 우위를 확보할 수 있도록 글로벌 표준화 회의와 국제 전시회에서 지속적으로 국내 기업의 기술력을 홍보하는 기회를 제공해야 한다.

2) 국제 표준화와 특허 전략 측면

국제 표준화와 특허 확보를 위하여 미국과 유럽, 중국 등 주요 국가들은 선제적인 노력을 기울이고 있다. 특히 미국의 ITI는 개방형 표준과 글로벌 협력을 강조하며, 자국 기업의 시장 확대와 특허 보호를 정부 측에 주장하고 있는 상황이다. 한국도 6G 표준 개발 과정에서 기술 주도권을 확보하고 특허 포트폴리오를 강화하기 위하여 노력하여야 한다. 이를 위해서는 정부, 학계, 산업계가 협력하여 표준화 정책과 특허 관리 전략을 통합적으로 추진하여야 한다.

이를 위해서는 표준화 가능성이 높은 기술 분야, 한국이 강점을 갖고 있고 미래 가치가 높은 기술 등을 지속적으로 판별하고 이에 대한 집중적인 투자를 실시해야 한다. 또한 ITU, 3GPP, IEEE 등 국제 표준화 기구에서 의사결정 과정에 적극 참여할 필요가 있는데, 이를 위해서는 민관 협력 체계를 통해 글로벌 표준화 회의에 꾸준히 참여할 전문가를 양성하고, 이들이 주요 기술 의제 설정에 주도적으로 개입하도록 해야 한다. 이와 병행하여 국내 기업과 연구기관은 6G 관련 특허를 조기에 출원하고, 특허 포트폴리오를 강화해야 한다. 특히, 국제 특허 출원을 확대하여 글로벌 시장에서의 기술적 우위를 확보해야 한다. 이러한 노력은 6G 기술 표준화와 특허 확보를 위한 로드맵을 기반으로 이뤄져야 하는바, 기술개발부터 표준화, 특허출원과 상용화로 이어지는 단계별 전략을 수립, 추진하여야 한다.

특허의 경우 특허청 등 국내 관련기관과의 협업을 통해 국내의 기업과 연구기관이 국제 특허를 효율적으로 관리할 수 있도록 특허 정보 관리를 강화하여야 한다. 이러한 노력은 다양한 민관의 협력이 반드시 필요하므로, 정부와 대기업, 중소기업, 연구기관 등이 함께 협력하는 표준화 협의체 등을 통해 정부의 지원과 민간의 기술개발 및 표준특허 출원 노력이 병행될 수 있도록 해야 한다.

3) 6G 핵심기술 연구개발(R&D) 강화 측면

6G 기술 경쟁에서 글로벌 리더십을 확보하기 위해서는 연구개발(R&D)을 체계적으로 진행하여야 한다. 이를 위해서는 기술 개발 초기 단계부터 정부, 산업계, 학계가 공동으로 참여하는 협력 구조를 구축하는 것이 필수적이다.

관련하여 데이터와 에너지 효율성은 지속 가능한 6G 기술 발전과 글로벌 경쟁력 유지의 중요한 요소이다. 데이터 트래픽 증가로 인한 에너지 소비 문제를 해결하기 위해 차세대 네트워크 인프라를 설계해야 한다. 이를 위해 AI 기반 네트워크 최적화 시스템을 개발해 데이터 트래픽을 지능적으로 관리하고 네트워크 과부하를 줄여야 하며, 저지연 통신을 위한 새로운 데이터 압축 기술과 효율적인 전송 프로토콜을 개발할 필요가 있다. 한편 에너지 절약형 네트워크 장비로 저전력 기지국과 네트워크 장비 개발을 통해 에너지 소비를 줄이기 위한 노력을 병행하고 데이터센터 운영, 네트워크 운영에 친환경 에너지 활용을 높일 수 있도록 노력해야 한다.

이를 위해 정부는 6G 기술의 핵심 분야에 대해 국가 연구개발 예산을 대폭 확대해야 한다. 특히 AI 기반 네트워크 관리, 저전력 데이터 전송 기술, 고주파 통신 기술 등 글로벌 경쟁력이 높은 기술 분야에 집중해야 한다. 효율적인 연구개발을 위해 주요 대학과 연구소에 6G 연구센터를 설립하고, 전국 주요 거점에 테스트베드를 운영하는 것도 검토할 필요가 있다. 이를 통해 이론적 연구와 실증 프로젝트가 동시에 진행될 수 있는 연구 환경을 조성해야 한다. 이러한 기술개발 및 파일럿 프로젝트, 상용화 지원은 기술 개발, 상용화, 표준화로 이어지는 연구개발 로드맵을 기반으로 이뤄져야 예측가능하고 일관성 있는 형태의 정책 추진으로 진행되는 것이 바람직하다.

이러한 연구개발은 민간에 상당한 비용 부담으로 작용할 수 있다. 따라서 정부는 민간 기업과의 공동 연구 프로젝트를 확대하거나 관

련된 예산 지원, 세제 지원을 통해서 R&D 비용과 리스크를 분산할 수 있도록 해야 한다. R&D에는 국내 대기업은 물론 스타트업과 중소기업도 함께 참여할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 핵심기술 개발에 대한 선정과 연구 진행 상황에 대한 공유 등을 위해서는 국내 대학, 연구소, 기업이 참여하는 산학연 협의체를 통해서 기술 개발과 실증 연구가 통합적으로 운영되고 보다 효율적으로 연구 진행상황이 공유될 수 있도록 하여야 한다. 이 과정에서 글로벌 기업 및 연구소 등과도 전략적인 국제 협력을 실시하여 핵심기술 개발과 공급망의 안정적인 관리가 통합적으로 이뤄질 수 있도록 해야 한다.

4) 주파수 자원의 확보와 효율적 활용 측면

주파수 자원의 확보와 효율적 활용은 6G 네트워크의 상용화와 글로벌 경쟁력 확보의 필수 요소이다. 테라헤르츠(THz) 대역에 대한 활용은 6G 시대에는 필수가 될 것으로 예측되고 있으며, 동 대역은 대용량의 데이터를 빠르게 전송하는데 있어서 매우 중요할 것으로 보인다. 해당 대역에 대한 논의는 향후 ITU의 세계전파통신회의 등에서 지속적으로 논의될 것이다. 이를 위해서 동 논의에 적극적으로 참여, 주파수 대역 설정을 위한 글로벌 논의에 주도적으로 개입할 필요가 있다. 그밖에 기존 주파수에 대한 재활용 및 효율화의 중요성도 커질 것으로 예측되는 만큼 주파수 재활용과 스펙트럼 셰어링 기술 개발을 촉진해야 한다. 이 과정에서 국내 통신 사업자들과 협력해 효율적인 네트워크 자원 관리를 유도해야 한다.

5) 글로벌 협력과 외교 강화 측면

6G 기술 표준화와 시장 개척을 위해 글로벌 시장에 대한 지속적인 관심과 개척 노력이 필요하다. 이는 기술 개발, 표준화, 시장 개척의 전 과정에서 글로벌 파트너십을 확대하고 국제 외교 역량을 강화해야 한다는 것을 의미한다. 관련하여 미국은 글로벌 IT 기업과 협력해 세계 주요 기술 시장에서 주도권을 확보하고 있으며, ITU 및 3GPP 회의에

서도 강력한 로비 활동을 벌이고 있다. 유럽은 유럽 내 통신사를 중심으로 기술 협력 컨소시엄을 운영해 국제 시장에 공동으로 대응하고 있다. 중국은 정부 차원의 강력한 외교 전략을 통해 글로벌 기술 표준화 과정에 적극 참여하며, 자국 기술의 국제적 확산을 도모하고 있다.

앞서 기술개발, 표준화에서와 마찬가지로 한국도 ITU, 3GPP, IEEE 등 글로벌 표준화 기구에서 의사결정권을 확보하고, 글로벌 표준 개발을 주도하기 위해 노력해야 하며, 주요 기술 강국과 공동 연구 프로젝트를 운영하여 기술 교류와 상호 협력을 강화해야 한다. 또한 주요 글로벌 기술 행사와 회의에 적극 참여하여 한국의 기술력을 홍보하고, 글로벌 시장에서 영향력을 확대해야 한다.

6) 교육 및 인재 양성 측면

6G 기술 개발과 상용화를 위한 핵심 동력은 고도로 숙련된 인재의 확보다. 빠르게 변화하는 기술 환경에서는 새로운 네트워크 아키텍처, AI 기반 네트워크 관리, 초고속 데이터 전송 기술 등 다양한 기술 분야에서 전문가를 양성할 수 있도록 정부, 학계, 산업계가 협력하여 다각적인 인재 개발 전략을 수립해야 한다. 특히 AI, 데이터 과학, 고주파 통신 기술 등 첨단 분야에서 숙련된 인력이 절대적으로 부족하므로 국내 대학과 연구소에서 6G 핵심 기술을 중심으로 학제 간 융합 연구를 활성화하는 것도 필요하다. 데이터 과학, 네트워크 보안, 통신 시스템 등 다양한 전공 분야의 대학원이 협력하는 통합 학술 프로그램을 도입할 필요가 있다.

이를 위해서는 정부 주도의 산학연 협력 프로그램을 확대해 인재 양성과 기술 개발을 동시에 추진할 필요가 있다. 예를 들어, 주요 대학과 연구소, 대기업이 참여하는 6G 연구 컨소시엄을 구성하여 장기적인 연구와 인재 양성을 지원할 수 있다. 또한 초고주파 통신, AI 기반 네트워크 관리, 양자암호통신 등 첨단 기술을 포함하는 전문 교육 과정을 신설하고, 이를 위한 맞춤형 교육 인프라를 구축하는 것을 검토해야

한다. 더불어 국내외 기술 기업과 협력하여 현장 실무 중심의 교육 프로그램을 운영해야 한다. 인턴십과 취업 연계형 교육 과정을 도입하여 졸업생이 실무 경험을 갖춘 상태에서 산업 현장에 투입될 수 있도록 지원하고 혁신적 아이디어와 신기술 개발을 촉진하기 위해 6G 관련 기술 경진대회를 정기적으로 개최하고, 우수 아이디어에 대한 창업 지원 프로그램을 운영하는 방안 등도 검토, 추진해야 한다. 이와 병행하여 정부는 기술 인재양성에 지속적인 관심을 갖고 관련 투자를 진행할 필요가 있으며, 공공 연구소와 민간 기업 간의 공동 연구 프로젝트를 통해 새로운 지식과 기술을 창출하고, 신기술의 상용화를 가속화해야 한다.

참고문헌

- 1-2. McKinsey & Company, “Shaping the future of 6G”를 바탕으로 작성
3. https://www.fcc.gov/sites/default/files/Consolidated_6G_Paper_FCCTAC23_Final_for_Web.pdf
4. <https://www.6gworld.com/exclusives/int-2030-understanding-the-itus-vision-for-a-global-5g-standard/>
6. <https://www.nextgalliance.org/6g-library/>
7. <https://www.nextgalliance.org/6g-library/>
8. <https://www.nextgalliance.org/6g-library/>
9. <https://www.nextgalliance.org/wp-content/uploads/2022/02/NextGA-Roadmap.pdf>.
10. <https://new.nsf.gov/chips>
11. <https://fas.org/publication/chips-and-science-funding-update-fy-2023-omnibus-fy-2024-budget-both-short-by-billions/>;
12. <https://www.nytimes.com/2023/05/30/us/politics/chips-act-science-funding.html>;
13. <https://www.brookings.edu/articles/the-bold-vision-of-the-chips-and-science-act-isnt-getting-the-funding-it-needs/>.
14. <https://www.spectrumx.org/about/>.
15. <https://new.nsf.gov/funding/opportunities/resilient-intelligent-nextg-systems-rings>
16. <https://www.nsf.gov/pubs/2021/nsf21581/nsf21581.htm#:~:text=The%20RINGS%20program%20seeks%20innovation>
17. https://www.nsf.gov/mps/oma/spectrum_innovation_initiative.jsp.
18. <https://advancedwireless.org/>.
19. <https://www.openranpolicy.org/wp-content/uploads/2023/04/principles-for-6g.pdf>
20. https://www.fcc.gov/sites/default/files/Consolidated_6G_Paper_FCCTAC23_Final_for_Web.pdf
21. <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3114220/three-new-projects-for-dods-innovate-beyond-5g-program/>.
22. <https://www.dhs.gov/science-and-technology/5g6g>.
23. U.S. Department of Commerce, August 8, 2023
24. DOD, Microelectronics Commons FY24 Call for Projects to Catalyze U.S.

25. Microelectronics Innovation, 2023.12
26. 118th US Congress(2023–2034), H.R.1513–FUTURE Networks Act.,Rep. Matsui, Doris O. [D–CA–7]
27. <https://www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/1513>
28. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/advancing-6g-vision-transatlantic-collaboration>
29. wilsoncenter.org
30. openranpolicy.org, ntia.gov
31. sdxcentral.com
32. att.com, ericsson.com
33. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L1972>
34. <https://smart-networks.europa.eu/>.
35. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/sns-ju-receives-500m-in-eu-funding-for-6g-research-projects/>
36. <https://6g-ia.eu/>.
37. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/6g-outlook>.
38. <https://www.6gflagship.com/>
39. [스페셜리포트]美·中 기술 냉전, 6G 경쟁으로 확산 23.6.1. 전자신문
40. https://connectivity.esa.int/sites/default/files/ESA_6G_White%20Paper_Dev_Proof_V14..pdf.
41. <https://b5g.jp/en/>
42. <https://www.etnews.com/20230601000138>
43. <https://bharat6galliance.com/>.
44. <https://www.chinadaily.com.cn/a/202304/29/WS644c5c9fa310b6054fad0706.html>.
45. https://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2023051502101231029001
46. <https://www.etnews.com/20230601000138>
47. <https://www.encqor.ca/>.
48. <https://www.etnews.com/20241128000223>
49. https://www.inews24.com/view/1666636?utm_source=chatgpt.com
50. <https://www.softbank.jp/en/corp/technology/research/story-event/051/?adid=sbn>

51. <https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2024/0411-01.html>
52. 에릭슨 AI 네트워크 White Paper
53. <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/artificial-intelligence-in-next-generation-connected-systems>
54. Zhang et al.(2023)은 "AI-Enabled RAN Automation for 5G Networks"에서 AI-RAN이 실시간 네트워크 최적화를 통해 30% 이상의 데이터 전송 효율성을 증대할 수 있음을 제시한 바 있다.
55. Brown et al.(2024)은 "Smart Service Delivery in AI-RAN Systems"에서 AI가 고객 서비스 요청을 예측하고 선제적으로 대응함으로써 평균 응답 시간을 40% 단축할 수 있다고 연구결과를 발표했다.
56. Lee et al.(2024)는 "Green AI-RAN: Energy Efficiency in Next-Gen Networks"에서 AI 기반 네트워크 자원 관리가 에너지 소비를 최대 35% 줄일 수 있다고 밝혔다.
57. To deliver cognitive networks, we build human trust in AI, Ericsson blog post, May 2021
58. Ever-present intelligent communication - A research outlook towards 6G, Ericsson white paper, November 2020
59. Integration of 5G with Time-Sensitive Networking for Industrial Communications, 5GACIA white paper, February 2021
60. Intent in Autonomous Networks v1.0.0, TM Forum document TIG1253, May 2021
61. Explainable AI - how humans can trust AI, Ericsson white paper, April 2021
62. AI-based Safety Analysis for Collaborative Mobile Robots, ETFA2019, September 2019
63. <https://www.ericsson.com/en/blog/2024/9/ericsson-joins-in-creation-of-ai-ran-innovation-center>
64. <https://www.ericsson.com/en/press-releases/2/2024/9/ericsson-and-softbank-step-up-collaboration-on-ai-ran-integration>
65. <https://www.nokia.com/blog/nokia-and-partners-are-driving-the-fusion-of-ai-cloud-and-ran/>
66. <https://coe.northeastern.edu/news/developing-ai-powered-testing-for-next-gen-cellular-networks/>
67. AI-RAN Alliance <https://ai-ran.org>

68. https://ai-ran.org/wp-content/uploads/2024/12/AI-RAN_Alliance_Whitepaper.pdf
69. Yushan Siriwardhana, Pawani Porambage, Madhusanka Liyanage, Mika Ylianttila, “AI and 6G Security: Opportunities and Challenges”, Joint European Conference on Networks and Communications & 6G Summit (EuCNC/6G Summit): 6G Visions (6GV), 2021
70. M. d’Aquin, P. Troullinou, N. E. O’Connor, A. Cullen, G. Faller, and L. Holden, “Towards an ‘Ethics by Design’ Methodology for AI Research Projects,” in Proceedings of the 2018 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society, 2018
71. <https://www.yna.co.kr/view/RPR20230405010600353>
72. https://www.yonsei.ac.kr/sc/intro/pressrel.jsp?mode=view&article_no=239871
73. McKinsey analysis of 6G whitepapers published by selected MNOs
74. 3GPP is the 3rd Generation Partnership Project.
75. Jeffrey Caso, Zina Cole, Mark Patel, and Wendy Zhu, “Cybersecurity for the IoT: How trust can unlock value,” McKinsey, April 7, 2023.
76. ITI, National Telecommunications and Information Administration: Advancement of 6G
77. Telecommunications Technology, “Comments of the Information Technology Industry Council”, 2024.8.
78. <https://www.state.gov/joint-statement-of-the-united-states-of-america-and-the-kingdom-of-sweden-on-cooperation-in-advanced-wireless-technologies/>
79. <https://www.state.gov/joint-statement-of-the-united-states-of-america-and-the-kingdom-of-sweden-on-cooperation-in-advanced-wireless-technologies/>
80. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2024/02/26/joint-statement-endorsing-principles-for-6g-secure-open-and-resilient-by-design/>
81. <https://www.ericsson.com/en/blog/2021/10/joint-sensing-and-communication-6g>
82. A Field Area Network (FAN) is a communications network that connects devices,
83. <https://www.greendigitalcoalition.eu/egdc-pilot-project-delivers-methodologies-to-measure-the-enabling-impact-of-digital-solutions-on-the-climate/>
84. Accelerating Climate Action with AI by Boston Consulting Group (2023). Available at: [How AI Can Speed-Up Climate Action | BCG](https://www.bcg.com/industry-insights/2023/accelerating-climate-action-with-ai)