

6G 표준화 동향과 6G 기반 핵심 미래서비스 현황 및 정책 이슈

김민철/박진우/강혜주

2025. 12



정책자료 | 25-13

6G 표준화 동향과 6G 기반 핵심 미래서비스 현황 및 정책 이슈

김민철/박진우/강혜주

2025. 12



정보통신정책연구원
KOREA INFORMATION SOCIETY DEVELOPMENT INSTITUTE

서 언

우리나라가 5G 세계 최초 상용화라는 큰 성과를 낸 기억이 생생한데 이미 6G 표준화에 대한 논의는 시작되었습니다. 2023년 ITU에서 6G 비전을 발표한 이후 6G 이동통신은 ICT를 선도하려는 국가들의 각축장이 되고 있습니다. 특히 6G는 이전의 5G와는 달리 중국과 미국의 기술 패권 경쟁의 큰 틀 속에서 진행되고 있다는 점에서 우리나라의 입지가 과거와는 크게 다른 상황입니다.

6G 기술발전과 표준화에서도 우리나라는 여전히 중요한 역할을 하여야 합니다. 우리가 이동통신 표준을 주도한다는 것은 우리의 이동통신 산업 생태계의 발전과 기술 수출 측면에서 큰 의미가 있습니다. 6G는 특히 6G를 활용할 것으로 예상되는 서비스 시나리오를 최우선으로 고려하고 표준화를 진행하고 있는데 이는 5G에서 다양한 5G 기반의 혁신적 서비스가 등장하지 못했다는 반성에서 출발한 것입니다.

본 연구에서는 6G 표준화 동향을 살핌과 동시에 6G를 기반으로 할 것으로 예상되는 미래서비스로 휴머노이드, UAM(Urban Air Mobility: 도심항공교통), 디지털 트윈 서비스를 상정하고 이들 서비스의 현황과 향후 전망에 대해서 중점적으로 다루었습니다. 한편 AI 시대를 맞아 AI와 6G 네트워크, 그리고 핵심 서비스들 간의 관계에 대해서도 고찰하였습니다.

본 연구는 “6G 시대 선도를 위한 핵심서비스(저궤도위성통신, IoE, 6G 특화서비스) 정책과제 및 경쟁 이슈”의 3년차 사업으로 수행되었습니다. 본 연구는 정보통신정책연구원의 김민철 선임연구위원이 총괄 책임을 맡아 수행하였으며, 박진우 연구원과 강해주 연구원이 참여하였습니다. 6G 포럼 집행위원회를 포함한 통신 분야, 미래서비스 분야 전문가 여러분들이 도움을 주셨는데 이 자리를 빌려 깊은 감사를 드립니다.

본 연구를 기점으로 하여 우리나라 6G 이동통신 정책 수립과 특화서비스 산업

을 비롯해 생태계 발전 전략에 대한 논의가 폭넓고 활발하게 진행될 수 있기를 기원합니다.

2025년 12월

정보통신정책연구원

원장 이 상 규

목 차

서 언	1
요약문	11
제 1 장 서 론	17
제 2 장 6G 표준화 동향	20
제 1 절 국제 표준화 활동	20
1. 공식 표준화 기구	20
2. 사실 표준화 기구	24
3. 국가별 준비 현황	33
제 2 절 국내 표준화 활동	52
1. 국내 현황	52
제 3 절 소 결	59
제 3 장 6G 특화서비스	62
제 1 절 휴머노이드	62
1. 휴머노이드의 정의 및 분류, 유사 개념 비교	62
2. 휴머노이드의 요소기술과 시장 생태계	69
3. 휴머노이드 시장 분석 및 주요 기업	73
4. 6G와 휴머노이드	82
5. AI와 휴머노이드	84

제2 절 도심항공교통(UAM, Urban Air Mobility)	86
1. UAM의 정의, 등장 배경 및 이점, 분류, 유사 개념 구분	86
2. UAM 시장 생태계 분석	95
3. 6G와 UAM	110
4. AI와 UAM	113
제3 절 디지털 트윈	115
1. 디지털 트윈의 정의 및 분류, 유사개념과의 차이	115
2. 디지털 트윈 시장의 구조, 현황 및 전망	119
3. 6G와 디지털 트윈	132
4. AI와 디지털 트윈	133
5. 디지털 트윈과 홀로그래픽, 햅틱 기술	134
제4 장 6G 이동통신 및 6G 기반 미래서비스 현황 및 전망에 대한	
전문가 인식 조사	137
제1 절 조사 개요	137
제2 절 주요 결과	142
제5 장 결 론	164
참고문헌	171
Abstract	186

표 목 차

〈표 2-1〉 사용 사례 분류 및 주요 활용 사례	31
〈표 2-2〉 Beyond 5G의 활용 사례	46
〈표 2-3〉 Beyond 5G의 활용 사례 및 Capability	49
〈표 2-4〉 12대 핵심 기술 표준화 전략: 6G	54
〈표 3-1〉 휴머노이드의 용도별 분류 및 실제 활용 사례	65
〈표 3-2〉 휴머노이드의 세부 핵심 요소 기술	70
〈표 3-3〉 휴머노이드 발전을 현실화한 현존 주요 기술	72
〈표 3-4〉 세계 주요 휴머노이드 공급업체 목록	77
〈표 3-5〉 한국 주요 휴머노이드 로봇 개발 동향	79
〈표 3-6〉 6G 기반 로봇의 주요 활용 사례 정리	84
〈표 3-7〉 UAM 도입 시 기대되는 사회적 이점	89
〈표 3-8〉 UAM의 서비스 형태 전망	89
〈표 3-9〉 K-UAM 단계별 발전에 따른 주요 지표	91
〈표 3-10〉 eVTOL의 유형 분류	92
〈표 3-11〉 버티포트의 규모별 분류(버티허브, 버티포트, 버티스톱)	93
〈표 3-12〉 UAM과 유사 및 관련 용어 목록	94
〈표 3-13〉 AAM 실현 지수 상위 25개 기업 목록(2025년 10월 기준)	102
〈표 3-14〉 AAM 인프라 준비 지수 상위 13개 기업 목록 (2025년 10월 기준)	104
〈표 3-15〉 K-UAM 그랜드 챌린지 참여 컨소시엄 및 기관 목록	107
〈표 3-16〉 6G 통신 기술이 UAM 운용에 기여하는 특성 요약	111
〈표 3-17〉 디지털 트윈의 규모별 분류 기준	116

〈표 3-18〉 디지털 트윈의 요소기술 목록	120
〈표 3-19〉 디지털 트윈 시장의 성장 요인, 제약 요인, 기회, 도전 과제 ..	123
〈표 3-20〉 세계 디지털 트윈 관련 주요 공급업체	126
〈표 3-21〉 2021~2024년 한국 디지털 트윈 시장의 산업별 규모	129
〈표 3-22〉 국내 디지털 트윈 서비스 공급 사례	130
〈표 4-1〉 표본 설계	139
〈표 4-2〉 6G 특성 설명문(6G의 6개 특성)	142
〈표 4-3〉 6G의 중요 특성 응답 이유	144
〈표 4-4〉 6G 표준화 선도 국가 응답 이유	150
〈표 4-5〉 6G 우선 상용화 국가 응답 이유	153
〈표 4-6〉 6G 이동통신과 AI 관계 유형 응답 이유	156
〈표 4-7〉 6G 분야에서 우리나라가 약한 이유 및 개선을 위한 정부 정책	161
〈표 4-8〉 6G 이동통신과 기반 서비스 발전을 위한 정부지원 제안사항	162

그 림 목 차

[그림 2-1] IMT-2030 일정	21
[그림 2-2] IMT-2030의 활용 시나리오	23
[그림 2-3] WRC-23 주요 결과	24
[그림 2-4] Rel-19 표준화 일정	25
[그림 2-5] 기관별 6G 주요 추진 요소	26
[그림 2-6] Rel-20 표준화 일정	27
[그림 2-7] NGA의 6G의 상대적 KPI 향상 비교: 5G 대비 개선 요소	36
[그림 2-8] 6G 코어 시스템 아키텍처: Relocate, Reuse, Replace 전략	37
[그림 2-9] 6G의 5대 주요 사용 시나리오	38
[그림 2-10] SNS 로드맵	41
[그림 2-11] 각 전략 분야의 로드맵: APN, NTN, RAN	44
[그림 2-12] Beyond 5G/6G 기능 아키텍처	50
[그림 2-13] 2030년 이후 Beyond 5G/6G 시나리오	51
[그림 2-14] ICT 표준화 전략 12대 핵심 대상기술	54
[그림 3-1] 휴머노이드 로봇의 분류(인간 형상 정도 및 이동방식 기준)	64
[그림 3-2] 휴머노이드의 자동차 공장 투입(물품 운반·정리)	66
[그림 3-3] 휴머노이드의 간병 업무 지원(일본 AIREC)	66
[그림 3-4] 휴머노이드를 활용한 자동차 운전 시연 사례	68
[그림 3-5] 휴머노이드 로봇 시스템 구성요소	71
[그림 3-6] 세계 휴머노이드 스타트업에 대한 투자액 총계	74
[그림 3-7] 세계 휴머노이드 출하량 흐름 전망	75

[그림 3-8] 도심항공교통(UAM) 운용 개념도	87
[그림 3-9] 세계 도시 및 농촌 인구 전망(1950~2050년)	88
[그림 3-10] UAM 발전 단계(성숙도)별 분류	90
[그림 3-11] UAM 생태계 개념도	97
[그림 3-12] 2019~2024년 글로벌 UAM 시장 규모(판매액 기준)	98
[그림 3-13] 2025~2033년 글로벌 UAM 시장 규모 전망(판매액 기준)	99
[그림 3-14] UAM 기체, 인프라 분야 시장 전망(2025~2040)	100
[그림 3-15] 글로벌 UAM 시장의 주요 성장 요인과 도전 과제	100
[그림 3-16] 2019~2024년 국내 UAM 시장 규모(판매액 기준)	105
[그림 3-17] 2025~2033년 국내 UAM 시장 규모 전망(판매액 기준)	106
[그림 3-18] 6G 입체통신 구조 개념도	110
[그림 3-19] 디지털 트윈 기술발전 5단계(LEVEL)	117
[그림 3-20] 디지털 트윈 사용 예시(서울 S-Map)	122
[그림 3-21] 디지털 트윈 사용 예시(현대차그룹 HMGICS)	122
[그림 3-22] 2021~2024년 글로벌 디지털 트윈 시장 규모	124
[그림 3-23] 2025~2030년 글로벌 디지털 트윈 시장 규모 전망	124
[그림 3-24] 2020년 및 2025년 세계 디지털 트윈 시장 규모(산업별)	125
[그림 3-25] 2021~2024년 한국 디지털 트윈 시장 규모	128
[그림 3-26] 2025~2030년 한국 디지털 트윈 시장 규모 전망	128
[그림 3-27] 홀로그램 테이블 위에 구현된 도시	135
[그림 3-28] 원자력 반응로 연료 회수 그림	136
[그림 4-1] 응답자 특성	140
[그림 4-2] 6G의 중요 특성	143
[그림 4-3] 6G 표준화 진행 수준	145
[그림 4-4] 6G 표준화 방해 요인	146
[그림 4-5] 6G 표준정립 예상 시점	147

[그림 4-6] 6G 표준화 선도 국가	148
[그림 4-7] 6G 표준화 선도에서 우리나라의 순위	149
[그림 4-8] 6G 상용화 예상 시점	151
[그림 4-9] 6G 우선 상용화 예상 국가	152
[그림 4-10] 6G 이동통신과 AI의 관계	154
[그림 4-11] 6G 이동통신과 AI의 관계 유형	155
[그림 4-12] 6G 기술 활용도가 높을 것으로 예상하는 미래 서비스	157
[그림 4-13] 6G 시대에 성공 가능성 높을 것으로 예상하는 미래 서비스	159
[그림 4-14] 6G 분야에서 우리나라가 가장 약한 분야	160
[그림 4-15] 우리나라 6G 이동통신과 기반 서비스 발전에 필요한 정부지원	162

요 약 문

1. 제 목

6G 표준화 동향과 6G 기반 핵심 미래서비스 현황 및 정책 이슈

2. 연구 목적 및 필요성

2023년 국제전기통신연합(ITU)의 IMT-2030 비전 발표를 기점으로 하여 6G 이동통신의 표준화가 진행되면서 각국은 6G 표준 초기부터 주도권을 쥐고자 노력하고 있다. 표준화는 국제전기통신연합(ITU)과 3GPP, ETSI, O-RAN Alliance 등 사실 표준화 기구들을 통해서 지속적으로 추진되고 있다. 6G는 6대 사용 시나리오를 중심으로 표준화가 진행되고 있는데, 5G에서 서비스와 통신네트워크에서 괴리가 있었다는 지적에 따라 사용 서비스를 표준화 초기부터 충분히 고려하여 진행한다는 점에서 차이가 있다. 미국, 중국, 일본, 유럽연합 등 주요국은 6G의 조기 상용화 추진과 관련 기술을 선점하고 주도하기 위해 정부가 선도적인 역할을 하고 있다. 우리나라도 선호 6G 주파수 대역 확보를 중심으로 노력하면서 표준화 단체, 연구기관, 민관협력단체를 통해서 6G 표준화 과정에서 목소리를 내고 있다. 본 연구는 6G 표준화의 국내외 동향을 분석하고, 6G 기술과 관련성이 높을 것으로 전망되는 특화서비스에 관한 연구를 진행하였다.

3. 연구의 구성 및 범위

본 연구는 먼저 제2장 6G 표준화 동향에서 국내외 주요 표준화 단체, 정부, 기

업의 표준화 동향과 기술 동향을 정리하였다. 제3장 6G 특화서비스에서는 세 가지 핵심 특화서비스로 휴머노이드, 도심항공교통(UAM), 디지털 트윈을 선정하고 이들 서비스의 개념 및 정의, 산업 현황 및 전망, 6G와의 관계, AI와의 관계, 관련 법제도 이슈를 정리하였다. 제4장 6G 이동통신 및 6G 기반 미래서비스 현황 및 전망에 대한 전문가 인식 조사에서는 통신 분야 전문가를 중심으로 하여 6G와 6G 활용 특화서비스, 그리고 AI와 네트워크의 관계, 정책 제언 등에 대해서 조사한 결과를 소개하였다. 제5장 결론에서는 연구 결과를 요약하고 정책적 시사점을 제시하였다.

4. 연구 내용 및 결과

먼저 ITU와 사실 표준화 기구(3GPP, ETSI 등)의 표준화 동향을 살펴본다. ITU는 ‘IMT-2030’을 준비하면서 6G 이동통신의 발전 방향과 활용 시나리오 등을 제시하며 글로벌 주파수 정책을 조정하고 관련 연구를 추진하고 있다. 대표적 사실 표준화 기구인 3GPP는 Rel-19, Rel-20 등을 통해 국제 표준화 작업을 수행하면서 6G로의 전환을 준비하고 있으며 ETSI는 ‘통합 센싱 및 통신 기술’, ‘다중 접속 기술’ 등의 연구·표준화 작업 실시, 6G의 기술적 기반을 마련하고 있다. O-RAN Alliance는 개방형·지능형 무선접속망(Open AI-RAN)의 네트워크 아키텍처 구축과 관련 기술의 연계를 모색 중이다.

다음으로 각국의 6G 전략을 고찰하였다. 미국 정부기관(FCC, 국방부 등)들은 6G Task Force 등의 조직을 통한 6G 정책 수립과 국방 분야 등의 적용 방향을 모색하고 있으며 민간에서는 산업연합체인 Next G Alliance와 기업체 Qualcomm 등도 서비스 도입을 준비·추진하고 있다. 중국은 정부의 강력한 6G 상용화 추진 정책을 기반으로 ZTE, China Telecom, 화웨이 등 민간기업이 협력하여 글로벌 6G 시장 주도권 확보에 나서고 있다. EU는 유럽 주도의 표준화 달성, 아키텍처 구축, 주파수 수요 정책 마련, 농업 분야 활용 검토 등으로 6G 시대 전략을 수립

하고 있으며 일본은 정부(총무성)와 민간(XGMF, NTT DOCOMO 등), 학계(게이오대학교, 국립정보통신기술연구소 등) 등이 협력하여 6G 시대 로드맵을 제시하고, 통신서비스 기반의 미래 사회 구현을 도모하고 있다. 국내에서는 과기부의 주도로 주파수 확보 전략을 수립하고 TTA, ETRI가 표준화 선도를 추진하고 관련 기술 개발을 진행 중이다. 이동통신 3사와 삼성전자 등은 표준화를 위한 국제협력과 6G 상용화를 위한 혁신 기술을 개발하고 있다.

다음으로 세 가지의 6G 특화서비스에 대해 현황과 이슈를 정리하였다.

먼저 휴머노이드에 대해서 분석하였다. 휴머노이드는 인간 형태의 로봇으로 높은 범용성과 인간과의 상호작용 능력이 높다는 특징을 지닌다. 운동 제어, 센싱·인지, AI 기반 판단 능력, 제어 시스템 등이 관련된 핵심적인 요소 기술이다. 휴머노이드 시장은 하드웨어 및 소프트웨어 기술의 발달, 제작 비용의 감소, 수요의 증가 등으로 향후 높은 성장 가능성을 지닌다. 한국은 미국, 중국과 함께 향후 휴머노이드 시장을 선도할 수 있는 국가로 점쳐지기도 하지만 미국, 중국과는 상당한 격차를 보이는 것도 사실이다. 휴머노이드 관련 법·제도의 정비 및 마련, 실업·양극화 문제 대응, 온디바이스 AI 기술 고도화, 배터리 등 에너지 소모 및 안전성 문제 해결 등이 산업의 주요 도전 과제이다. 현재 상황에서만 보면 고도의 이동통신 네트워크 연결성이 아주 큰 제약 요인은 아닌 것으로 보이나, 미래의 협력형 휴머노이드나 군사적 혹은 크리티컬한 휴머노이드 모델에서 6G는 중요한 역할을 할 것으로 보인다. 휴머노이드의 기계적 완성도는 결국 시간이 지나면 해결되고 평준화될 것으로 보이나, AI 기술의 격차는 휴머노이드의 기술 수준 격차로 나타날 것으로 보이며 엣지 AI(Edge AI)를 포함하는 고도화된 네트워크 연결성은 휴머노이드의 협업 역량과 크리티컬 응용 사례에서 중요해질 것이다.

도심항공교통(UAM)은 전기 수직이착륙 항공기(eVTOL)를 기반으로 한 도시지역 항공교통 시스템 전반(운항 관리, 버티포트 등 포함)을 의미한다. 도심지역 이동 편의의 개선, 교통 혼잡 완화, 공공 서비스 용도로의 사용, 가스 배출 저감 등의 순 효과를 기대할 수 있다. 도시지역의 혼잡화 지속, 배터리 및 추진 기술의 발전, 정부·기업의 공격적 투자 등으로 앞으로 높은 성장이 기대되는 사업이며 AI

기술 발전에 따라 향후 조종 및 운영 관리 체계가 무인화·자동화로 이행될 것으로 예측된다. 중국의 ‘Ehang’, 미국의 ‘Joby Aviation’, ‘Archer’ 등이 UAM 시장에서 주요 선도 기업으로 꼽히며 한국 역시 국토교통부의 ‘K-UAM Grand Challenge’라는 실증사업을 통해 UAM 상용화를 준비하고 있다. 사회적 수용성의 개선, 승객 수 대비 높은 조종사 운용비용, 표준화 선점 경쟁 심화, 버티포트 등 관련 인프라의 확대, 법·제도의 마련·정비 등이 현재 UAM 산업의 주요 과제이다. 저궤도 위성통신을 포함하는 6G는 UAM 산업에서 기체의 관제·제어 및 승객 대상 인포테인먼트 서비스 제공 등으로 활용될 수 있는 잠재력이 있다. 다만, 우리나라의 지형 및 안보 환경, 그리고 버티포트 주변 주민의 저항과 사고 발생과 프라이버시에 대한 우려는 우리나라에서의 성공 가능성을 크게 낮추는 요인이다. 법·제도적으로는 상용화 단계에서 항공법에 따른 기체와 차별화가 가능할지가 관건이다. 당분간 UAM의 광범위한 상용화는 쉽지 않은 것이 현실이다.

디지털 트윈(Digital Twin)은 현실의 물리적 객체를 디지털 세계에 복제한 뒤 분석, 시뮬레이션, 최적화 등을 통해 사용자의 의사결정을 돕는 기술을 의미한다. 사물인터넷, AI, 빅데이터, 클라우드, 모델링 등 다양한 요소 기술과 연계하여 디지털 트윈을 구현할 수 있는데, 디지털 트윈의 대표적인 적용 분야는 제조시설 관리, 도시관리, 건물관리, 에너지관리, 헬스케어 등이다. 디지털 트윈 시장은 지속적으로 높은 성장이 기대되는데 맞춤형 제조 분야의 혁신 지속, 운영 역량 강화에 관한 관심 증대, 스마트 공장의 확산, 도시 규모 디지털 트윈 분야의 부상 등이 성장을 견인하는 핵심 요인이다. 글로벌 선도 업체는 GE Digital, Siemens, Microsoft, NVIDIA, Dassault 등이며, 국내에서는 이동통신 3사와 네이버, 삼성 SDS, LG CNS 등이 주요 업체에 해당한다. 관련 생태계 이슈는 정확성 확보·실시간 동기화 능력의 증대, 데이터 보안·프라이버시, 윤리적 문제의 극복 방안, 산업별 특화 플랫폼의 개발, 복합 데이터의 통합 및 표준화 추진 등이다. 6G는 속도와 용량이 높아 보다 정밀하고 신속한 디지털 트윈 운영을 지원할 수 있고, 대용량의 센싱 데이터의 교환에도 유리하다. AI 기술은 디지털 트윈 운영의 자율화를 촉진. 모델링, 분석, 의사결정 지원 등이 용이해져 디지털 트윈 기술의 활용성을 극대화하는

필수적 기술이다. 아직 기술적 성숙도는 높지 않으나 홀로그래픽과 햅틱 기술이 디지털 트윈에 적용될 시대가 올 때 6G의 역할은 더욱 중요해질 것으로 보인다.

51명의 산학연 전문가를 대상으로 6G 표준 및 상용화에 대한 전망과 6G 기반 미래서비스에 대한 인식조사를 수행하였다. 전문가들은 6G의 6가지 기술적 특징 중에서 ‘인공지능 결합 통신’(64.7%)이라는 특성이 핵심이라고 응답하였는데 최근 AI의 급부상에 따라 통신에서도 AI의 중요성을 높게 인식하고 있음을 알 수 있다. 표준화 선도 국가로 미국이 1위, 근소한 차이로 중국이 2위를 차지하였으며 우리나라는 1위 응답에서는 유럽에 이어 4위, 1+2+3위 응답으로는 3위를 차지하였다. 최초 상용화 국가가 어떤 국가가 될 것인가라는 질문에서 우리나라(33.3%)는 중국(49.0%)에 이어 2위를 차지했다.

AI와 네트워크의 관계는 협력적인 관계라고 응답한 경우(86.3%)가 대부분이었으나 9.8%의 전문가는 경쟁적인 관계라고 응답했는데 이들은 생태계 간 주도권 경쟁이나 투자에서의 경합성을 원인으로 보았다. 휴머노이드, UAM, 디지털 트윈 중 6G 기술 활용도가 가장 높을 것이라고 예상하는 미래서비스는 휴머노이드를 선택한 전문가가 가장 많았고, 디지털 트윈과 UAM이 뒤를 이었다. 6G 시대 성공 가능성이 높을 것이라고 예상한 미래서비스도 휴머노이드를 선택한 전문가가 가장 많았고, 디지털 트윈과 UAM이 뒤를 이었다. 6G에서 우리나라가 가장 약한 분야에 관한 질문에서는 45.1%의 전문가가 플랫폼 분야라 응답하였고 AI가 25.5%로 그 뒤를 이었다. 6G와 기반 서비스 발전을 위해 필요한 정부지원으로는 R&D 투자 확대, 산업 생태계 육성, 인력 양성, 규제·제도 개선 등의 순으로 응답 사례가 높았다.

이동통신 네트워크의 진화는 혁신적 미래서비스의 필요조건도 충분조건도 아니다. 5G에서나 가능하다고 예상되었던 서비스들을 아직 우리 주변에서 찾기 쉽다. 새로운 서비스가 출시되지 않은 탓을 이동통신 네트워크 역량과 커버리지의 부족이 원인이라고 지적할 수는 없다. 6G에서도 마찬가지다. 서비스 자체의 경제성, 관련 산업 생태계 건강성, 법·제도적 장애, 그리고 사회적 수용성 등에 따라 서비스의 활성화 여부가 결정된다. 본 연구에서 예를 든 미래 특화서비스의 조기

성공 가능성을 살펴보면, 휴머노이드가 가능성이 가장 크고 다음으로는 디지털 트윈이다. UAM은 당분간 활성화가 쉽지 않고 특히 국내 시장 전망은 어두운 편이다. 다만 UAM 관련 기술의 진화는 잘 추적하여야 하고 R&D 투자는 지속해야 할 것이다.

통신 네트워크는 미래 특화서비스의 발전을 제약하는 요인이 될 수는 있지만 현 단계에서는 그런 사례를 찾기 쉽지 않다. 특히 6G 시대의 미래서비스들을 보면 AI 기술을 제대로 구현하는 것이 중요한데, 그런 측면에서 통신 네트워크는 AI와의 관계 속에서 진화를 모색해야 한다. 정부의 AI 정책은 이를 뒷받침하는 통신 네트워크 인프라의 구축을 전제로 하여야 하며 AI 인프라의 중요한 구성요소로서 통신 네트워크를 바라봐야 한다. 한편 통신 네트워크의 진화도 AI를 적극적으로 활용하는 방향으로 나가야 하며 최근 정부가 AI RAN으로의 네트워크 진화 정책을 발표한 것은 그런 맥락에서 바람직한 방향이다.

5. 기대효과

본 연구는 주요 기구와 미국, 중국 등 주요국들의 6G 표준화 진행 현황을 정리하였으며, 한국의 6G 표준화 선점 전략을 리뷰할 수 있는 정책자료가 될 것으로 기대할 수 있다. 6G 시대의 특화서비스 3종에 대한 산업 생태계 구축 시나리오 및 관련 경쟁 이슈를 분석, 6G 시대에 맞는 분야별 산업 지원 정책을 기획할 때 도움이 될 것이다. 투자나 정책 지원이 어떤 분야에 집중되어야 할지에 대한 판단에 도움이 될 것이다. 전문가 인식 조사를 통해 6G 이동통신 표준화 및 관련 미래서비스, 그리고 AI와 네트워크의 관계에 대해 조사한 결과는 정부가 6G 정책과 AI 정책을 설계할 때 참고자료가 될 것으로 기대해 본다.

제 1 장 서론

□ 연구의 배경

- 유래가 없는 AI 붐이 일면서 통신 네트워크의 중요성에 대한 인식이 약화되고, 통신 네트워크는 투자의 우선순위에서도 밀리고 있음
 - 각종 개인정보 유출 및 해킹 사고가 잇따르면서 보안에 대한 경각심과 투자는 강화되는 반면, 네트워크 고도화 등 미래 네트워크 투자 논의는 정체되고 있음
 - 특히 5G를 활용하는 특화서비스가 여전히 부재하고 통신사들의 수익모델이 제대로 포착되지 않고 있다는 점이 네트워크 투자와 네트워크 고도화를 제약하는 상황임
 - 통신사들은 여전히 AI 기업으로의 전환을 공공연하게 표방하고 있으며, 탈통신을 가속화하고 있음
- 최근의 캐치프레이즈는 AI for Network, Network for AI로 AI 붐 속에서 통신 네트워크의 위상을 재정립하려는 시도로 볼 수 있음
 - 즉, '네트워크에 AI를 어떻게 활용할 것인가(AI for Network)', 'AI 서비스를 활성화하기 위해 네트워크가 어떤 역할을 할 것인가(Network for AI)'라는 질문을 통해 네트워크와 AI의 협력적·선순환적 성장을 모색하는 상황
- 네트워크 연결성(connectivity) 측면에서는 저궤도 위성통신의 등장이 새로운 자극이 되고 있으나, 현재로서는 그 영향이 제한적임
 - 스타링크 등 글로벌 사업자가 시장을 주도하고 있으며, 우리나라는 이제 막 R&D를 시작한 단계로 자체 서비스를 논의하기에는 시기상조임
 - 저궤도 위성통신은 최근 핵심 네트워크 미래 기술로 떠오르고 있으며, 6G 표준에서는 중요한 네트워크 구성요소가 될 것이 확실함

- 우리나라에서도 저궤도 위성통신에 대한 대규모 R&D 사업이 시작되는 등 연구개발이 가속화되고 있음

□ 연구의 목적과 내용

- 본 연구는 5G 이후 6G 기술과 관련된 특화서비스를 대상으로 연구를 수행하는 것을 목적으로 함
 - 일반사업 “6G시대 선도를 위한 핵심서비스(저궤도위성통신·IoE·6G특화서비스) 정책과제 및 경쟁이슈”의 3년차 사업으로 진행함
 - 1년차에는 저궤도 위성통신, 2년차에는 IoE(IoT) 연구사업을 수행하였고 3년차인 올해는 6G 특화서비스를 주제로 연구를 수행함
 - 다소 앞서가는 측면이 있지만, 미래 특화서비스에 대한 연구를 통해 현재 논의가 진행 중인 6G 표준화 방향 설정, 향후 6G 기반 주도 서비스 선정, 관련 법제도의 선제적 개선에 참고할 수 있는 자료를 제공한다는 점에서 의의가 있음
- 연구에서 다룬 6G 특화서비스로 ① 휴머노이드, ② 도심항공교통(UAM, Urban Air Mobility), ③ 디지털 트윈(Digital Twin)을 선정하였음
 - 특화서비스의 후보군을 두고 전문가 의견을 수렴하였으며 기존 LTE·5G 기반으로 서비스가 개시된 자율주행 자동차 등의 서비스는 제외
 - 미래서비스의 범위는 분류가 다양한데, 지금까지 서비스가 시범이나 실증단계이면서 관련 유사 서비스로까지 해석을 확대할 수 있는 서비스를 중심으로 검토하였음
 - 검토 결과 피지컬 AI(Physical AI)의 정점에 있는 휴머노이드, 현 단계에서 가장 고도화된 모빌리티인 도심항공교통(UAM), XR이나 홀로그램 등의 기술을 미래에 포괄할 수 있는 디지털 트윈의 세 가지를 선정¹⁾

1) 광범위한 전문가 서베이 조사를 통해서 특화서비스를 선정할 수도 있으나, 연구자 개인의 분야를 선호하는 등 편의(bias) 발생 가능성이 높다고 판단. 해당 방식을 사용하지 않음

- 본 연구는 다음과 같은 내용으로 구성됨
 - 6G 표준화 동향을 중심으로 6G 현황과 향후 로드맵을 소개
 - 다음으로 본 연구에서 선정한 3대 6G 특화서비스, 즉 ① 휴머노이드, ② 도심항공교통(UAM), ③ 디지털 트윈에 대한 개념 및 정의, 시장규모 및 전망, 기술적 특징, 관련 생태계, 법제도 이슈 등을 정리
 - 다음으로 통신 및 인공지능 등 관련 분야 전문가들의 6G 이동통신과 6G 기반 미래서비스, 그리고 네트워크와 AI의 관계에 대한 인식조사 결과를 소개하고 분석함
 - 마지막으로 연구 결과를 요약하고 정책적 시사점을 도출하면서 결론을 맺음

제 2 장 6G 표준화 동향

제 1 절 국제 표준화 활동

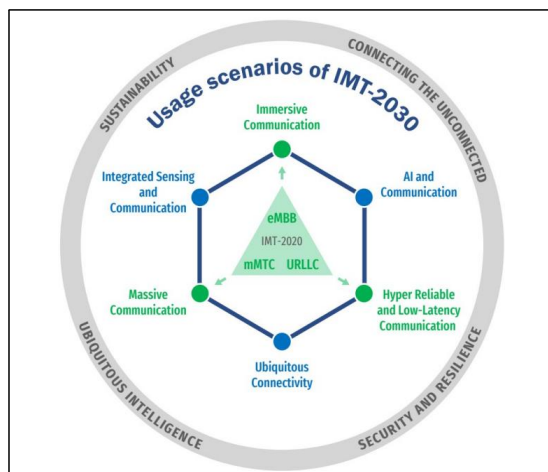
1. 공식 표준화 기구

□ ITU(국제전기통신연합)

- ITU-R M.2516-0을 통해 2030년 이후 국제이동통신(IMT) 시스템의 발전 방향과 기술적 트렌드를 제시하고, 핵심 기술로 AI 네이티브 통신, 초저지연 서비스, 통신·센싱 융합(ISAC) 등을 강조(ITU, 2022)
 - 향후 IMT 시스템이 초실감형 홀로그램 및 XR 서비스와 같이 초고속·초저지연 통신이 필요한 서비스 확장을 고려해 테라비트급 데이터 전송과 밀리초 단위 이하의 지연 요구를 충족해야 한다고 전망
 - 미래 통신 시스템에서 인공지능(AI)을 PHY 계층부터 네트워크 운영까지 네이티브로 통합하여 자율적인 무선자원 관리, 빔포밍 최적화, 채널 예측, 실시간 트래픽 조절 등의 기능을 강화해야 한다고 권고
 - 센싱과 통신 기능을 통합한 ISAC 기술이 차세대 IMT 시스템의 필수 요소가 될 것으로 보고, 이를 통해 고정밀 위치측정 및 디지털 트윈 등의 서비스 구현이 가능해질 것으로 기대
 - 초광대역 주파수(테라헤르츠 대역 포함)의 효율적 활용을 위한 다중 대역 결합기술(Carrier Aggregation)과 분산형 MIMO 등의 기술 개발이 필수임을 강조
- ITU-R M.2160-0을 통해 IMT-2030의 발전 방향을 정의하고, AI 기반 지능형 통신 및 초고주파 활용 등의 연구 방향을 제시(ITU, 2023)
 - IMT-2030은 AI 네이티브 무선 인터페이스와 네트워크 엣지(Network

- (활용 시나리오) IMT-2030의 6가지 활용 시나리오는 IMT-2020(5G) 당시의 3가지 역할(초고속, 초저지연, 초연결)을 확장한 3개 시나리오를 기본으로, 새로운 3개를 추가하여 구성(과학기술정보통신부 보도자료, 2023)
 - 몰입형 통신(Immersive Communication): IMT-2020의 ‘초고속(eMBB)’을 발전시킨 개념으로, 사용자에게 몰입형 통신 경험을 제공함
 - 초저지연 진화 통신(Hyper Reliable and Low-Latency Communication): IMT-2020의 ‘초저지연(URLLC)’을 발전시킨 개념으로 보다 엄격한 안정성과 낮은 지연을 요구하는 시나리오
 - 초연결 진화 통신 (Massive Communication): IMT-2020의 ‘초연결(mMTC)’을 기반으로, 광범위한 환경에서 다양한 유형의 장치·센서를 연결할 수 있음
 - 인공지능 결합 통신(Integrated AI and Communication): 분산 컴퓨팅과 AI 기반 애플리케이션을 지원하는 신규 서비스
 - 센싱 결합 통신(Integrated Sensing and Communication): 감지 기능에 기반한 새로운 애플리케이션 서비스 시나리오
 - 유비쿼터스 연결(Ubiquitous Connectivity): 디지털 격차 해소를 위한 연결성 확대 서비스. 교외 지역 및 인구 저밀도 지역 등을 포괄하여 통신 연결을 도모

[그림 2-2] IMT-2030의 활용 시나리오



자료: ITU(2023)

- ITU-R M.2541-0을 통해 100GHz 이상 주파수 대역에서 IMT 시스템 기술 타당성을 평가하여 전파 특성 분석과 빔포밍, 초대형 MIMO 등 신기술 활용 방안을 제시
 - 100GHz 이상 주파수는 전파 손실이 높고 대기 중 가스 및 강우에 의한 신호 감쇠가 크기 때문에, 이를 보완하기 위한 대형 안테나 배열과 고이득 빔포밍 기술 적용이 필수적
 - 140~160GHz 및 220GHz 대역에서의 현장 측정 결과, 실내 및 실외 환경 모두에서 다중 경로 클러스터링과 반사파가 명확히 관측되어, 장애물로 인한 비가시권(NLOS)에서도 통신이 가능함을 확인
 - 높은 주파수 대역에서는 송신기의 출력 전력이 제한되어, 초광대역·초고속 전송(100Gbit/s)을 달성하기 위해 더 많은 안테나 배열과 위상배열 기술을 활용한 높은 유효 복사 전력(e.i.r.p.) 확보가 요구됨
- WRC-23에서 6GHz 대역의 5G·6G 활용, 초고주파(IMT) 연구 승인, UHF(470~694MHz) 이동통신 도입 검토, 위성·지상 네트워크 간 전파 간

섭 규제 논의 등을 통해 글로벌 주파수 정책을 조정하고, 2027년 WRC-27을 대비한 기술 연구를 승인(Mobile Europe, 2024)

[그림 2-3] WRC-23 주요 결과

<WRC-23 주요결과>	
① 6G 연구 후보대역으로 4GHz/7GHz/14GHz 대역 등 총 2.2GHz 대역폭 발굴	※ 우리나라가 제안한 4GHz/7GHz/12GHz/14GHz 4개 대역 중 총 3개 대역 채택
② 전파규칙 상 6GHz 대역을 비면허 Wi-Fi 사용대역으로 명시	※ 우리나라는 '20년, 6GHz 대역에서 1,200MHz폭을 비면허 Wi-Fi 용도로 공급
③ 이동통신과 공존하는 이동위성(위성IMT) 주파수 발굴·연구 추진(WRC-27 의제)	

자료: 과학기술정보통신부 보도자료(2024. 8. 30.)에서 재인용

2. 사실 표준화 기구²⁾

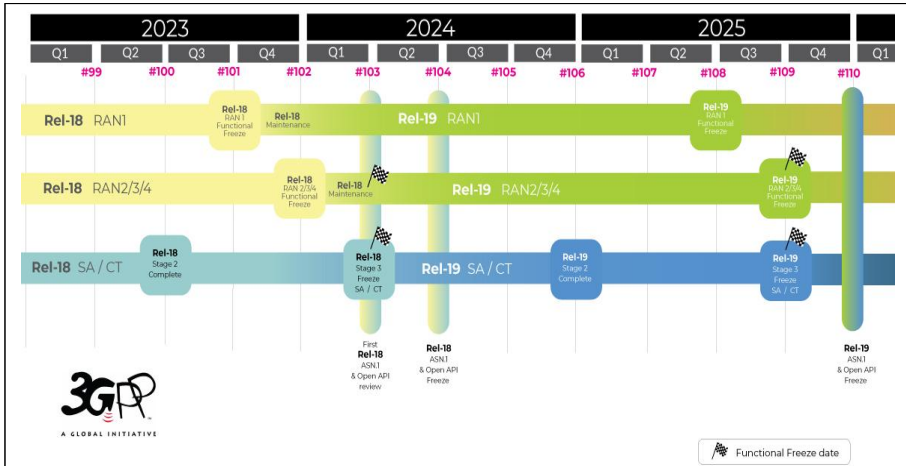
□ 3GPP(3rd Generation Partnership Project)

- 3GPP TSG SA는 5G-Advanced 초기 표준인 Rel-18의 기능 규격을 확정하고, 6G로의 전환을 준비하며 AI/ML, 메타버스, 위성통신 등 신기술 중심의 Rel-19 표준화 작업 역시 2025년 12월 이내 완료 예정(3GPP, 2025)
- Rel-19에서는 인공지능(AI) 및 머신러닝(ML)을 활용한 공중 인터페이스 기술과 메타버스, 확장현실(XR), 위성통신 연계 서비스 등의 신규 서비스가 중점적으로 다뤄짐
- Rel-19 표준화 작업은 5G-Advanced 상용화 요구사항과 미래 6G 연구를 잇는 교량 역할을 하도록 기획되었으며, 최대 14개 세부 주제가 동시 수행 가능하도록 계획

2) 사실 표준화(De Facto Standardization)는 법·제도에 의해 공인된 것은 아니지만, 민간에서의 합의나 시장에서의 채택 등을 통해 특정 규격이나 체제가 표준적인 지위를 갖게 되는 것을 의미. '사실상 표준화'라고 표현되기도 함

- 특히 응용 서비스 분야(SA6)에서는 미션 크리티컬 서비스, IoT 메시징, 위치 서비스 등 기존 표준을 개선하고 엣지 애플리케이션(Edge Application) 지원, XR 및 무인 항공기 서비스(UAS) 확장도 추진 중

[그림 2-4] Rel-19 표준화 일정



자료: 3GPP(2025)

- ‘IMT-2030 Use Case 워크숍’을 통해 통신사업자, 산업계, 국제기구와 협력하여 6G 서비스의 주요 요구사항과 글로벌 표준화 방향성을 도출(3GPP, 2024)
- AI 기반 네트워크 자동화 및 최적화 기술을 활용해 네트워크 성능을 개선하고, 에너지 효율성을 높이는 것을 6G 표준화의 핵심 방향으로 논의
- 6G 표준화에서 주요 이해관계자들은 ‘보안(Security)’, ‘AI’, ‘초실감 통신(Immersive Com)’, ‘지속가능성 및 에너지 효율성(Sustainability, Energy Efficiency)’, ‘유비쿼터스 및 회복탄력적 커버리지(Ubiquitous and Resilient Coverage)’를 핵심 추진 요소로 인식

[그림 2-5] 기관별 6G 주요 추진 요소

Some Potential Drivers for 6G:
A table view

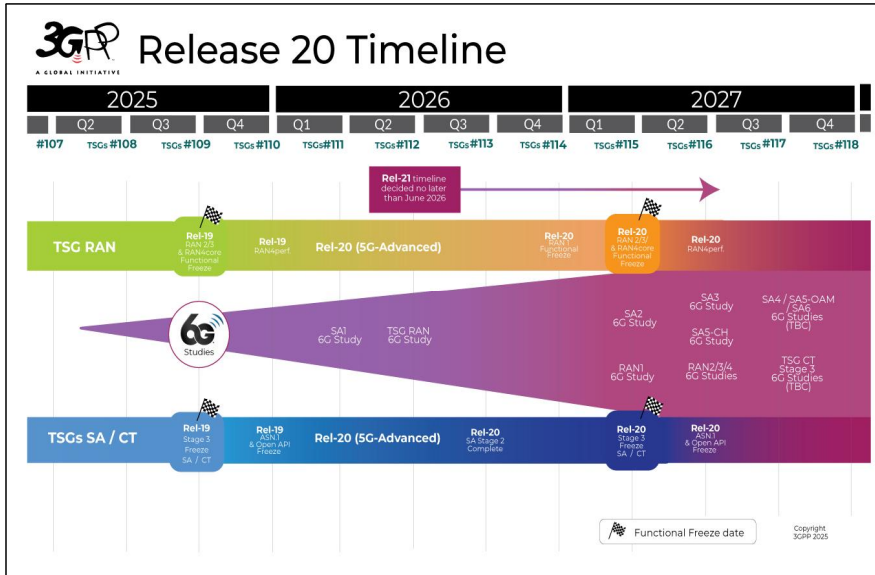
	Security	AI	Immersive Com	Sustainability	Energy Efficiency	Ubiquitous and resilient coverage	Sensing	"Smart life"	Native IoT	FWA-FMC	LPWA	Non-terrestrial Networks	Healthcare	Autonomous Driving	Positioning	Backward Compatibility
GSMA	✓	✓	✓	✓				✓								
NGMN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓		✓	✓
5GAA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							✓		
5G-ACIA	✓	✓	✓	✓		✓						✓				✓
5G-MAG	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓				
GSOA	✓														✓	
TCCA	✓	✓			✓											✓
WBA	✓	✓				✓										
BSGPC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓	✓	
6GForum	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓	✓	
IMT-2030RG	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								✓	
B6GA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
NextGA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	
6GSNS-ICE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓		✓	
ITU	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓		

Note:
Non-exhaustive
list,
showing
the topics
appearing
in at least
two
presentati
ons

자료: 3GPP(2024)

- Rel-20을 통해 5G-Advanced(5GA) 고도화와 6G 연구를 병행하며, 향후 IMT-2030(6G) 국제 표준을 위한 기반을 마련하는 전략을 수립(3GPP, 2025)
- 6G 준비를 위해 IMT-2030 사용 사례 및 요구사항 연구가 진행 중이며, 2027년까지 관련 해당 연구를 마무리한 후 Rel-21에서 본격적인 규범적 (normative) 작업을 시작할 계획
- Rel-20의 SA 워킹그룹은 에너지 효율성, 서비스 기준 및 IMT-2030 유스 케이스 연구를 통해 6G를 위한 핵심 혁신 기술 발굴
- 3GPP는 Rel-21을 통해 6G 기술의 초기 규격을 완성하고, 2029년 3월 IMT-2030 제출 시한 이전에 최종 규격을 확정할 계획

[그림 2-6] Rel-20 표준화 일정



자료: 3GPP(2025)

- 2025년 3월 3GPP 6G 워크숍은 Release 20 이후 본격화될 6G 기술 연구 및 표준화 작업을 준비하기 위해 산업계의 비전과 우선순위를 수렴하고, 6G 기술 영역과 구조 설계에 대한 초기 논의 방향을 공식화함(3GPP, 2025)
 - AI-Native 네트워크 설계는 6G 초기 기능으로 중점적으로 제시되었으며, 데이터 수집, AI 에이전트 간 통신, 에너지 소비까지 고려한 구조 마련이 강조됨
 - 6G에서는 기존 5G 대비 강화된 NTN(Non-Terrestrial Networks) 통합을 통해 3D 커버리지 및 위성 기반 서비스가 6G Day-1 기능으로 반영될 필요성 제기
 - 6G 서비스는 통신 외에도 센싱, 컴퓨팅, 보안, 빅데이터를 아우르는 다중 기술 융합형 시나리오를 포함하며, XaaS(Everything-as-a-Service)로 진화하는 방향 논의
 - 음성 서비스, IoT, B2B 특화서비스, 공공안전망 등 주요 서비스는 6G 초

기부터 기본 기능으로 지원해야 한다는 의견이 광범위하게 제기됨

□ ETSI(유럽전기통신표준협회)

- 6G 후보 기술인 통합 센싱 및 통신(ISAC)의 기술 개발과 표준화를 위해 ‘ISG ISAC’ 그룹을 설립하여 국제 표준기구에 반영할 기술 요구사항 및 평가방법론을 준비(ETSI, 2023)
 - ETSI ISG ISAC은 교통, 도시환경, 가정, 공장 등에서 객체 감지 및 환경 모니터링과 같은 혁신적 6G 서비스의 구현을 목표로 함
 - 네트워크가 확보한 센싱 데이터는 XR·디지털 트윈 등 기존 서비스 고도화 뿐만 아니라 제스처 인식, 객체 추적, 환경 재구성 등 신규 서비스 창출을 가능하게 함
 - ISG는 3GPP 릴리즈 19 이후 다뤄질 수 있는 고급 6G 유스케이스 및 센싱 유형을 정의하고, 채널 모델 개발과 실측 검증을 수행할 계획
 - 2025년 4월 첫 공식 보고서를 발간하였으며, 보고서에는 6G 서비스의 활용 사례와 기술적 요소·요구사항 등이 소개되어 있음(ETSI, 2025)
- 6G 이동통신 시스템에서 전송 효율을 높이기 위한 다중접속기술(MAT)을 연구하고, 이를 3GPP 등 국제 표준기구에 반영하기 위해 ‘ISG MAT’ 그룹을 설립(ETSI, 2025)
 - ISG MAT는 직교 다중접속(OMA), 공간분할 다중접속(SDMA), 비직교 다중접속(NOMA), 레이트 분할 다중접속(RSMA) 등 다양한 다중접속 기술을 연구하고, 전송 효율 향상을 위한 적용 방안을 검토
 - ISG MAT의 활동은 몰입형 인터랙티브 서비스, 고밀도 지역의 연결성 개선, 대규모 고효율 미디어 전송 등을 지원할 수 있는 다중접속 기술을 연구하는 데 중점을 둠

□ O-RAN Alliance(개방형 무선접속망 협의체)

- 6G 표준화 및 기술 발전을 위해 AI 기반 네트워크, Open RAN, 스펙트럼 관리, 보안, 응용 사례 등을 논의하는 ‘7th O-RAN 6G Workshop’을 개최(O-RAN Alliance, 2024)
 - AI 기반 6G 네트워크(AI-RAN), 시맨틱 통신, RAN 인텔리전트 컨트롤러(RIC) 등 인공지능을 활용한 차세대 네트워크 기술이 핵심 주제로 다뤄짐
 - 3GPP 및 O-RAN 표준화 동향을 공유하며, 5G-6G 전환 과정에서 동적 스펙트럼 관리, 위치추적 기술(UL-TDoA) 등 핵심 기술 개발 방향을 논의
 - 6G 응용 사례로 생성형 AI와 AR을 활용한 스포츠 팬 경험 혁신, AI 기반 보안 대응, 네트워크 자동화 기술 등이 제시되며 새로운 비즈니스 기회가 모색됨
- 6G 시대의 다양한 산업 요구를 수용하고 네트워크 유연성을 극대화하기 위해 RAN 기능을 서비스 기반 아키텍처(SBA)로 재구성하는 연구를 진행(O-RAN Alliance, 2024)
 - 6G RAN의 서비스 기반 아키텍처를 통해 산업별 맞춤형 네트워크, 엣지(Edge) 융합 네트워크, 긴급 통신 등 다양한 시나리오에 대한 신속한 서비스 배포와 맞춤형 기능 제공을 가능하게 함
 - 서비스 기반 RAN은 AI, 센싱 등 6G의 새로운 기능을 유연하게 추가하거나 제거할 수 있도록 설계되어 있으며, 다양한 산업 특화 요구에 맞춘 네트워크 서비스를 빠르게 배포하고 운영 가능
 - 서비스 기반 RAN 설계를 위해 기존 5G 인터페이스를 기반으로 점진적으로 전환하는 접근법과, 전면적인 기능 재구성을 통해 AI 등의 신기능을 쉽게 통합하는 혁신적 접근법 두 가지 솔루션을 제안
- 6G 시대의 핵심 기술 및 표준화 방향을 논의하기 위해 ‘8th O-RAN 6G Workshop’을 개최하여, AI 네이티브 네트워크, 디지털 트윈, 클라우드 네이티브 인프라 등의 혁신 기술을 반영한 개방형 네트워크 아키텍처와 서비스

스 표준화를 모색(O-RAN Alliance, 2025)

- 6G 네트워크는 AI 기반의 자동화 및 최적화를 통해 ICT와 AI의 융합(AICT)을 실현하며, AI-Native RAN을 활용한 차세대 지능형 통신 인프라 구축을 핵심 주제로 논의
- 6G 무선 네트워크의 설계 및 최적화를 위해 디지털 트윈 기술이 중요한 역할을 하며, 신뢰성 높은 네트워크 모델링을 위한 AI 기반 무선 환경 시뮬레이션과 실제 무선 시스템 통합 필요성 제기
- 6G 표준화 과정에서 오픈소스 기반 기술 개발과 실시간 프로토타이핑이 강조되었으며, O-RAN 및 3GPP의 협력을 통해 개방형 인터페이스 및 클라우드 네이티브 인프라 구축이 필수적임을 논의
- 6G 시대에는 네트워크의 복잡성이 증가할 것으로 예상되며, 이를 해결하기 위해 AI와 의도 기반 관리 기술을 활용한 자동화 및 효율적인 네트워크 운영 논의
- 6G 시대 지능형 RAN의 방향성을 논의하기 위해 ‘9th O-RAN 6G Workshop’을 개최, AI-RAN 얼라이언스와 O-RAN 얼라이언스의 협력, AI 기반 네트워크, 무선 네트워크에서의 AI 기반 협력적 엣지컴퓨팅(Edge Computing) 등을 주제로 다룸(O-RAN Alliance, 2025)
- AI-RAN 얼라이언스와 O-RAN 얼라이언스의 협력이 무선접속망(RAN) 기술의 발전을 이끌 수 있을지 탐구
- AI 네이티브, 클라우드 네이티브, 인텐트 기반 아키텍처의 통합이 6G 통신을 발전시킬 수 있음을 강조
- 엣지 환경에서, 각 디바이스의 유휴 자원을 네트워크를 통해 협력적으로 활용하는 새로운 메커니즘을 제안

□ NGMN(Next Generation Mobile Networks, 차세대 네트워크 협의체)

- 6G 시대 주요 사용 사례를 식별하고, 글로벌 이동통신 업계로부터 수집한 50가지 핵심 사례를 인간통신 강화·기계통신 강화·지원 서비스·네트워크

진화의 4개 분야로 분류·분석함. 이를 바탕으로 차세대 통신 요구사항과 기술 발전 방향을 제시(NGMN, 2022)

- 6G는 몰입형 XR, 다중모드 원격 조작, 지능형 상호작용과 같은 차세대 인간 중심 서비스의 발전을 목표로 함
- 초정밀 위치 추적, 상호작용형 매핑, 디지털 헬스케어, 자동 감지 및 인식 등 다양한 지원 서비스가 6G의 핵심 요소로 부각
- 6G 기술을 활용한 로봇 네트워크 및 협력형 로봇(cobot) 통신의 발전을 통해 산업 자동화가 촉진될 것으로 예상
- 미래 6G 네트워크는 AI 네이티브 서비스(AIaaS), 글로벌 3D 커버리지 확대, 에너지 효율적 자율 시스템 등의 핵심 기술을 기반으로 차세대 통신 환경을 구축할 것으로 예상

〈표 2-1〉 사용 사례 분류 및 주요 활용 사례

Enhanced Human Communication	Enhanced Machine Communication	Enabling Services	Network Evolution
XR 기반 홀로그램 원격 커뮤니케이션	로봇 네트워크 구축	3D 초정밀 위치 추적 및 로컬라이제이션	신뢰 기반 네이티브 AI-AIaaS
다중모드 원격 조작을 위한 통신	협력형 로봇(Cobot) 간 상호작용	실시간 상호작용형 매핑 및 디지털 트윈	커버리지 확대
감각, 기술 및 사고의 지능형 상호작용		자동 감지, 보호 및 검사	에너지 효율 최적화
		디지털 헬스케어	
		스마트 산업	
		신뢰 기반 서비스 구성	

자료: NGMN(2022)

- 6G 네트워크의 신뢰성(Trustworthiness)을 확보하기 위해 보안, 프라이버시, 신뢰 모델, 네트워크 회복력 등의 요구사항을 정의하고, 이를 기반으로 6G 기술 설계 방향과 표준화를 위한 가이드를 제시(NGMN, 2023)
 - 인공지능(AI), 양자 컴퓨팅, 블록체인, 가상화, 컨테이너화 등의 기술 발전이 6G 네트워크 보안에 새로운 위협을 초래할 수 있어, 이에 대한 사전 대응이 필수적
 - 6G의 주요 사용 사례로는 XR 기반의 몰입형 커뮤니케이션, 디지털 트윈, 협력 로봇(Cobots), 자율 주행 및 사물인터넷(IoT) 기반의 서비스 등이 있으며, 이들은 높은 데이터 보호 수준과 신뢰성을 요구
 - 신뢰성을 확보하기 위해 6G 네트워크는 분산 원장 기술(DLT)을 활용한 탈중앙화 신뢰 모델, 동적 신뢰 평가, 지능형 보안 협업 및 보안 서비스(Security-as-a-Service) 등의 개념 도입 필요
 - 6G 신뢰성 로드맵은 기술적 요구사항을 기반으로 설계되어야 하며, 네트워크 및 서비스 사업자, 표준화 기구, 기술 개발자 등이 협력하여 지속적인 보안 검토 및 업데이트 수행 필요
- 모듈화된 클라우드 네이티브 기반 6G 네트워크 아키텍처 설계를 위한 핵심 원칙과 방향성을 제시하고 산업 간 협력을 촉진(NGMN, 2025)
 - 6G 아키텍처는 5G의 네트워크 복잡성, 에너지 효율성, 제한적 커버리지 및 유연성 부족과 같은 주요 문제를 해결
 - 향후 6G 서비스 시나리오로는 AI 기반의 지능형 통신, 통합 센싱 및 통신(ISAC), 로봇 협업 네트워크, 멀티 에이전트 시스템 등이 주목받고 있음
 - 6G 네트워크 설계는 모듈화된 방식으로 새로운 서비스의 온디맨드 배치를 지원하면서도 기존 인프라의 단순성과 지속가능성 유지 필요
 - 새로운 무선 접속 기술(RAT) 도입 여부는 운영 및 기술 복잡성 증가 가능성을 고려하여 성능 향상과 비용 효율성 관점에서 신중한 평가 필요

- NGMN(2025)은 3GPP의 6G 표준화 진전에 맞춰서 사업자 관점의 핵심 메시지를 담은 ‘6G Key Messages-An Operator View’를 공개
 - 조화를 전제한 표준화 마련, 소프트웨어 중심의 업그레이드, 투자회수 가능성 제시, 모듈성·유연성·개방성 확보, 지속가능한 비즈니스 발전 등을 핵심 메시지로 전달

□ 5G Alliance for Connected Industries and Automation(5G-ACIA, 5G 산업·자동화 협의체)

- Hexa-X-II의 6G Series Workshop에서 6G의 산업 자동화 적용을 위한 비전을 제시하며, 5G에서 6G로의 원활한 진화를 통해 기존 투자 보호와 새로운 요구사항 충족을 강조(5GACIA, 2025)
 - 6G는 5G 기반의 구축된 산업 환경을 지속적으로 활용하면서도 새로운 기능을 소프트웨어 업데이트를 통해 제공하여, 기존 산업 투자 보호와 장기적 운용을 고려한 발전 필요
 - 비공개 네트워크(NPN) 개념을 6G에서도 유지 및 발전시키며, 산업 현장 내에서 독립적이면서도 공공 네트워크와 연계된 다양한 운영 모델 지원 필요
 - 6G는 네트워크를 센서로 활용하는 ‘통합 센싱 및 통신(ISAC)’ 개념을 도입하여 디지털 트윈, 산업 메타버스 및 실시간 모니터링을 지원하는 기능을 제공해야 함
 - AI 기반 네이티브 인텔리전스가 6G에 포함됨으로써 산업용 데이터의 현장 처리, 모델 배포 및 AI 지원 데이터 관리 기능 강화 필요

3. 국가별 준비 현황

□ 미국

- (미국 연방통신위원회, FCC) 6G Task Force를 구성해 산업 표준화, 기술 활용, 보안·공급망 한계를 평가하며 6GHz 전 대역에서 초저전력 기기 운

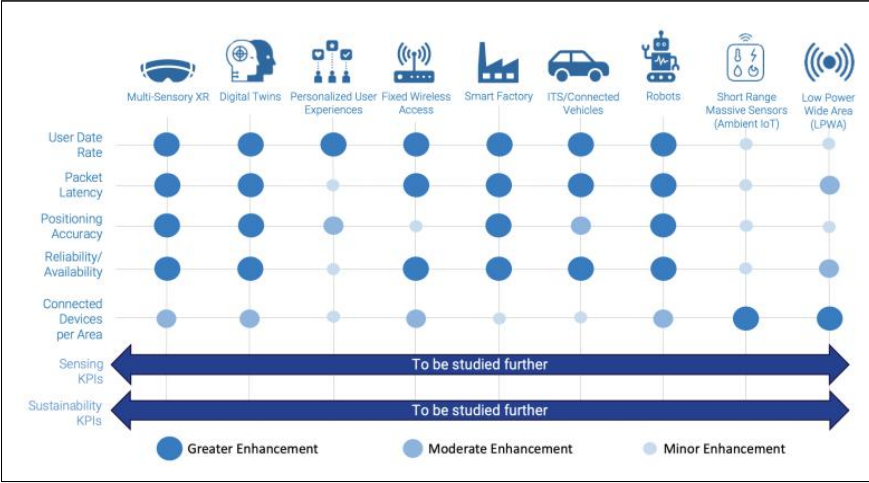
- 영 확대를 추진해 차세대 고대역폭·저지연 서비스 발전과 면허 서비스 공존 전략을 마련
- 6G Task Force를 구성하고, 산업 표준화 동향, 기술 활용 가능성, 보안 및 공급망 한계를 평가할 예정(U.S. Congress, 2024)
 - 6G Task Force는 6G 기술의 표준화를 주도하는 산업 표준화 기구들의 활동 현황을 조사하고 주요 기술 사양 및 적용 사례를 검토하며, 다양한 산업군과 응용 사례를 식별하여 국가 차원의 활용 전략을 제시할 계획
 - (미국 국방부, DOD) 미국 국방부는 6G 기반 통합 센싱 및 통신 개념을 실험하며, 차세대 무선 기술을 국방 분야에 적용하기 위한 연구개발을 본격화 함(DefenseScoop, 2025)
 - 드론 탐지·충돌 방지·군집 제어 등 드론 관련 군사 작전의 정밀성과 대응력을 강화할 핵심 기술로 제시
 - 개방형 표준(Open RAN)을 중심으로 모듈화와 상호운용성이 보장된 차세대 무선 네트워크 개발을 강조
 - (미국 국가통신정보청, NTIA) 6G의 초기 사용 사례, 연구개발 우선순위, 글로벌 협력 방안에 대한 의견을 수렴하여 미국 정부의 6G 정책 방향을 정립하는 데 반영할 예정(NTIA, 2024)
 - 6G 도입 시 예상되는 개인정보 보호, 공공 안전, 디지털 격차 해소 등의 사회적 영향에 대한 논의를 확대하고, 이를 해결하기 위한 정책적 접근 방안을 모색
 - 6G 글로벌 표준화 과정에서 미국 기업과 파트너 국가들이 주도권을 확보할 수 있도록 지원하고, 연구 및 기술개발을 가속화하기 위해 공공-민간 협력 모델을 추진할 계획
 - (미국 국립과학재단, NSF) 6G 차세대 네트워크 표준을 위한 O-RAN 시스템 및 서브시스템 테스트 역량 강화를 목표로 PAWR 플랫폼에 700만 달러

를 추가 투자하며, O-RAN 개방형 테스트 및 통합 센터(OTIC)의 역할을 확대(NSF, 2024)

- 이번 지원은 “CHIPS and Science Act of 2022”의 기술 발전 가속화 목표와 연계되며, 개방형 무선 네트워크 연구 및 시험 환경을 통해 차세대 6G 표준을 뒷받침하는 기반을 마련
- (Next G Alliance) 6G의 주요 서비스 시나리오를 제안하고 이를 실현하기 위한 기술개발과 표준화를 추진
- 2022년 2월 Roadmap to 6G에서는 6G의 글로벌 표준화와 기술 주도권 확보를 목표로, 6가지 핵심 목표³⁾와 단계적 로드맵을 제시(Next G Alliance, 2022)
- 2024년 5월 6G Roadmap Priorities에서는 디지털 트윈 및 메타버스를 포함한 신흥 6G 서비스의 성장 가능성을 전망하며, AI 네이티브 네트워크, 초정밀 위치정보 서비스, 친환경 네트워크 구축을 위한 표준 및 규제 체계 선점을 강조(Next G Alliance, 2024)
- 6G의 주요 서비스 시나리오는 XR(확장현실), 초정밀 위치정보 서비스, AI 기반 네트워크 자동화 등을 포함하며, 스마트 헬스케어, 자율주행, 산업 자동화, 공공 안전 등의 다양한 분야에서 활용될 것으로 기대

3) 6가지 핵심 목표: 신뢰성, 디지털 경험, 비용 효율성, 분산형 클라우드, AI 네이티브 네트워크, 지속가능성

[그림 2-7] NGA의 6G의 상대적 KPI 향상 비교: 5G 대비 개선 요소



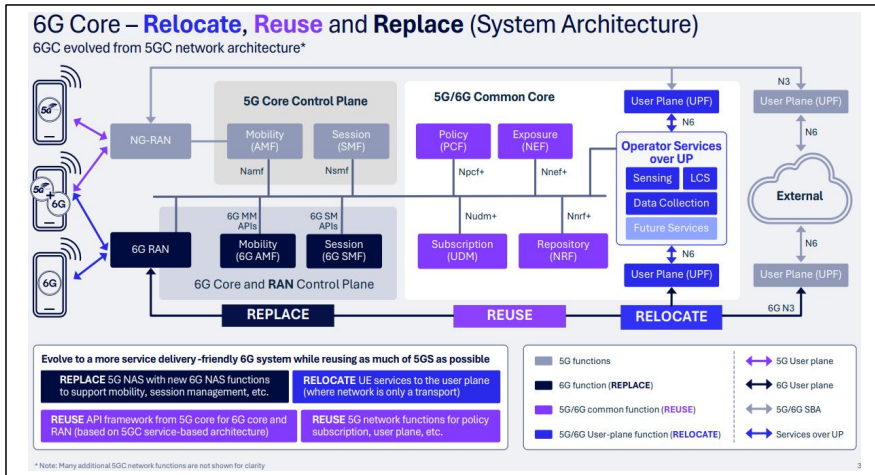
자료: Next G Alliance(2024)

- 2025년 2월 Sustainable AI in Telecom: Promises and Challenges in 6G에서는 6G 네트워크에서 지속가능한 AI(Sustainable AI)가 에너지 효율적 네트워크 운영과 AI 자체의 환경 영향을 최소화하는 전략을 통해 차세대 통신 시스템의 탄소 중립(Net Zero) 목표 달성을 지원한다고 강조 (Next G Alliance, 2025)
- AI의 전력 소비를 최적화하고 데이터센터 및 네트워크 인프라의 에너지 효율성을 개선하는 것이 6G 네트워크의 지속가능성을 확보하는 핵심 요소라고 언급
- (Qualcomm) AI 네이티브 통신, 스펙트럼 확장, 네트워크 아키텍처 혁신과 Replace, Reuse, Relocate 전략 등을 통해 5G 인프라를 활용하며 6G 도입 및 차세대 서비스 혁신을 추진
- Qualcomm(2022)의 6G 백서는 AI 네이티브 통신·스펙트럼 확장·네트워크 아키텍처 혁신 등을 지원하며, 5G Advanced의 발전을 강조하고, 차세대 서비스와 사용자 경험 혁신을 기대하며, 글로벌 6G 표준화 및 기술 개

발의 추진 방향 제시

- 6G는 인간-기계 인터페이스 발전을 통해 XR(확장현실), 디지털 트윈, 홀로그래픽 커뮤니케이션과 같은 차세대 서비스를 제공할 것으로 기대
- 5G와 6G의 공존을 위한 Multi-RAT Spectrum Sharing(MRSS) 및 Dual-Stack 아키텍처를 도입하여 기존 5G 인프라를 최대한 활용하면서도 6G 도입을 원활히 추진하는 전략을 마련(Qualcomm, 2024)
- 6G 네트워크 아키텍처에서 Replace⁴⁾, Reuse⁵⁾, Relocate⁶⁾ 전략을 적용하여 기존 5G 인프라를 최적화하면서 6G로의 원활한 전환을 추진

[그림 2-8] 6G 코어 시스템 아키텍처: Relocate, Reuse, Replace 전략



자료: Qualcomm(2024)

- 4) Replace: 5G NAS를 6G 전용 NAS로 변경해 이동성·세션 관리 성능을 향상시키고 최적화된 네트워크 운영을 구현
- 5) Reuse: 5G의 정책·가입자 관리 기능을 유지하며 6G와 통합해 서비스 기반 아키텍처(SBA)의 확장성을 높임
- 6) Relocate: 위치 서비스·데이터 수집 등을 사용자 플레인으로 이동시켜 네트워크 구조를 단순화하고 효율성을 극대화

□ 중국

- 중국 정부는 미래 산업의 혁신과 발전을 추진하면서 미래 제조, 미래 정보 등 6대 핵심 분야를 중심으로 선진 기술 돌파와 산업화를 강화하고, 6G·위성 인터넷 등 핵심 기술을 선제적으로 배치하여 글로벌 선도 미래 산업 체계를 구축(중국 공업정보화부 외 6개 부처, 2024)
- 미래 정보 산업 분야를 중심으로 차세대 이동통신 네트워크, 뇌 모방 인공지능 등의 기술 혁신을 촉진하며 6G, 위성 인터넷, 위성 직접 연결 스마트폰 등의 핵심 기술 연구 및 배치를 가속화
- (IMT-2030(6G) 추진조) 몰입형 커뮤니케이션·XR·AI 네트워크 등 6G 핵심 시나리오를 제시하며, 국제 협력 기반 기술 연구·실험·표준화와 글로벌 6G 발전대회, 개방형 시험 플랫폼 도입을 통해 혁신 생태계 조성 추진
- 6G 사용 시나리오 및 핵심 역량 백서에서 6G의 핵심 사용 시나리오로 몰입형 커뮤니케이션, 융합 현실(XR), AI 기반 네트워크, 디지털 트윈, 우주-공중-지상-해양 통합 네트워크 등을 제시(IMT-2030 추진조, 2023)

[그림 2-9] 6G의 5대 주요 사용 시나리오



자료: IMT-2030(6G) 추진조(2023)

- 6G 기술개발과 표준화를 위한 국제적 공감대 형성 및 협력을 촉진하며 6G 기술 연구, 실험 검증, 표준화 추진을 통해 글로벌 6G 혁신 생태계를 조성하는 것을 목표로 2024 글로벌 6G 발전대회를 개최(IMT-2030 추진 조, 2024)
- ‘6G 공공 연구개발 시험 플랫폼(智盾6G 플랫폼)’을 발표하며 개방형 협력을 기반으로 6G 기술 검증과 실험을 가속화할 것을 강조
- (ZTE) 초대형 MIMO, D3-ELAA, 그리고 지능형 400GE 라우터를 결합한 통합 네트워크 솔루션으로 차세대 통신 인프라 발전의 기반 기술개발 추진
 - 초대형 MIMO 기술과 더 많은 채널 및 안테나 요소의 도입은 5G-Advanced 및 6G로의 발전에서 핵심적인 연구 분야이며, ISAC(통합 감지 및 통신) 기술과 같은 새로운 가능성을 제시(ZTE, 2023)
 - ZTE와 AIS는 D3-ELAA 기술을 활용한 시험을 성공적으로 완료하여 5G에서 6G 개념을 도입하고, 셀 중심에서 사용자 중심으로의 패러다임 전환을 추진(ZTE, 2024)
 - D3-ELAA는 분산형 기지국과 연계하여 동적으로 초대형 안테나 배열을 형성하여 클라우드 게임, 고화질 비디오 스트리밍 등과 같은 고대역폭 애플리케이션에서 원활한 서비스를 제공할 수 있도록 함
 - 5G-A 및 6G 네트워크 발전을 지원하기 위해 업계 최초의 지능형 400GE 기지국 라우터 ZXCTN 6120H-SE를 출시하여 고효율, 지능형, 친환경 네트워크 솔루션을 제공(ZTE, 2025)
 - ZXCTN 6120H-SE는 5G-A 및 6G 네트워크 진화를 위한 고성능 네트워크 장비로, 50G 및 업계 최고 밀도의 100G 인터페이스를 지원하여 장기적인 네트워크 발전을 대비
- (China Telecom) 6G 위성-지상 통합 기술의 핵심 특허를 획득하여, 차세대 무선 기술의 독립성과 공간-공중-지상-해양을 아우르는 완전한 네트워크 구축의 기술적 기반 마련(China Daily, 2025. 3. 11.)

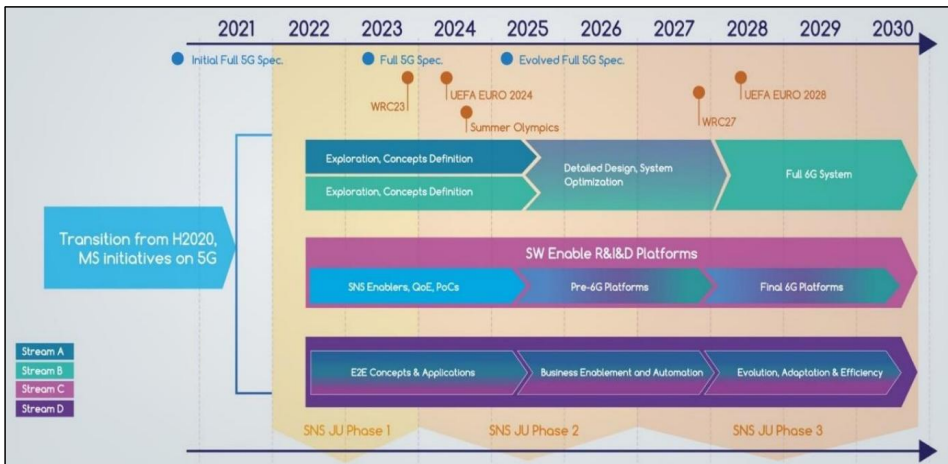
- 특히는 “6G 기반 공간-공중-지상 전송 최적화 및 지형 매핑 방법”으로, 위성-지상 통합 기술의 핵심 요소로 작용
- (화웨이) ‘Communications Network 2030’에서 초광대역, 결정론적 경험 보장, AI 네이티브, 우주-공중-지상 통합 네트워크, 보안 및 신뢰성, 친환경 저탄소 네트워크 등을 핵심 요소로 제시(Huawei, 2024)
- 2025년까지 AI 네이티브 자율 네트워크(AN) L4 단계를 목표로 설정하고, 2030년까지 대부분의 통신사가 L4+ 수준으로 발전할 것으로 전망하며, AI 기반 네트워크 자동화 및 최적화를 추진
- 우주-공중-지상 통합 네트워크(LEO 위성, NTN)를 통해 전 지구적 초연결을 실현하고, 초광대역(10Gbps 이상), 초저지연(1~20ms) 및 99.999% 이상 가용성을 갖춘 결정론적 네트워크를 강조

□ EU

- (Smart Networks and Services Joint Undertaking(SNS JU), 스마트·네트워크 서비스 공동수행연합) 2025년 유럽 주도의 6G 표준화 및 인프라 구축을 위해 무선통신, AI 네트워크, 보안, 지속가능성 등 4대 핵심 분야와 4대 산업 실증 프로젝트를 전략적으로 추진
- 2025년에는 첫 번째 6G 표준화 연구 항목(Study Items)을 정의하고, 유럽 중심의 기술 개발이 글로벌 표준으로 반영될 수 있도록 전략적으로 추진(SNS JU, 2024)
- 6G 기반 산업 실증 및 시범 사업을 확대하여 스마트 제조, 미디어, 교통, 보건 등의 수직 산업(Verticals)과 협력을 강화하며, 2025년에는 4개 주요 산업 실증 프로젝트를 선정하여 실험 및 검증을 진행할 계획
- 2025년 연구 및 혁신 프로그램(R&I WP 2025)을 통해 6G 기술 개발을 가속화하고, 지속가능성과 보안성을 강화하는 한편, 유럽이 글로벌 6G 표준화를 주도할 수 있도록 전략적으로 지원(SNS JU, 2024)

- 6G 기술 개발을 위해 무선통신, AI 기반 네트워크, 보안·신뢰성, 지속가능성 등 4대 연구 분야에 집중하며, 클라우드·엣지컴퓨팅(Cloud·Edge Computing), 양자 통신, 개방형 네트워크(Open RAN)와 연계하여 6G 인프라 구축을 추진
- SNS JU는 6G의 연구와 실증을 위해 Stream B(6G 기술 연구), Stream C(6G Telco Cloud, 플랫폼 실험 인프라), Stream D(버티컬 중심 대규모 실증)로 구분해 집행(6G SNS, 2025)

[그림 2-10] SNS 로드맵



자료: SNS JU(2024)

- (Hexa-X-II) 6G 아키텍처와 표준화, AI 기반 네트워크 자동화, 보안 및 프라이버시 강화, 5G와의 원활한 전환을 위한 MRSS 기술 도입 등 혁신적 기술 활성화 요소를 제시
- 2024년 1월 6G 아키텍처와 표준화의 미래를 논의하는 워크숍을 개최하여 6G 시스템 설계의 핵심 원칙과 기술적 활성화 요소를 조명하며, 협력을 통한 혁신적 발전을 추진(Hexa-X-II, 2024)
- 6G 스마트 네트워크 관리 프레임워크를 개발하여 차세대 스마트 네트워크

의 설계 원칙을 정의하고, AI 기반 자동화·분산 오케스트레이션·신뢰 관리 및 에너지 효율 최적화를 포함한 핵심 기능을 구현하는 방향으로 추진 (Hexa-X-II, 2025)

- 프라이버시 보호 데이터 분석, 보안 AI/ML 제어, 지속가능한 MLOps, 네트워크 디지털 트윈 등의 기능을 통합하여 6G 네트워크의 신뢰성 및 보안성을 강화하는 방향으로 표준화가 진행
- 데이터 기반 6G 아키텍처 개발을 목표로 AI 및 클라우드 네이티브 네트워크를 활용한 유연한 네트워크 토폴로지를 구축하고 차세대 서비스 구현을 위한 기술적 기반 마련(Hexa-X-II, 2025)
- 5G에서 6G로의 전환을 원활히 수행하기 위해 5G의 진화된 형태인 E-5GC를 기반으로 하여 6G 핵심 네트워크 기능을 도입하고, 5G와의 공존을 위한 스펙트럼 공유(MRSS) 기술을 활용할 계획
- AI 기반 네트워크 자동화 및 관리(AIaaS)를 통해 네트워크 슬라이싱, 장애 예측, 자율 최적화 기능을 강화하며 이를 위한 AI/ML 서비스 모델과 오케스트레이션 체계 마련
- (6G Smart Networks and Services Industry Association(6G-IA), 6G 산업협회) AIOTI와 함께 6G 기술을 활용한 디지털 농업 혁신을 연구하며, 정밀 농업과 지속가능한 식량 생산을 지원하기 위한 차세대 통신 기술 및 인공지능 도입 방안을 마련(6G-IA, 2024)
 - 농업 분야에서의 6G 도입은 실시간 데이터 분석, 자동화, 디지털 트윈을 활용한 농업 데이터 공간과의 통합으로 스마트 농업 생태계 구축을 목표로 함
 - 자율주행 농업 기계 및 드론의 실시간 통신 요구사항이 증가함에 따라 6G는 초저지연 및 초고속 데이터 전송 기술을 제공하여 농업 생산성을 향상시키는 핵심 기술로 자리 잡고 있음
 - 6G는 비도시 및 농촌 지역의 커넥티비티 문제를 해결하기 위해 위성 통신과 통합된 글로벌 네트워크 구축을 연구 중이며, 이를 통해 원격 농업 관

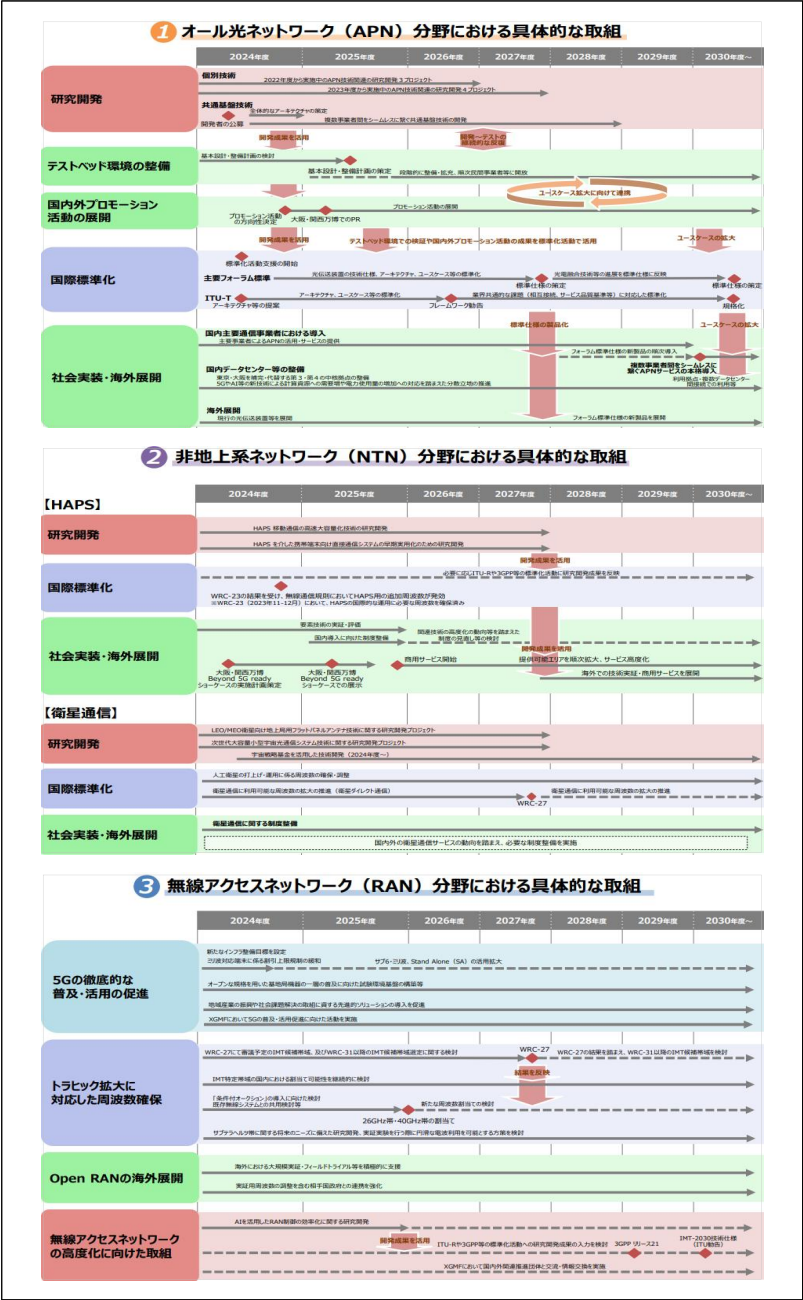
리 및 자동화를 가능하게 할 예정

- (Radio Spectrum Policy Group(RSPG), 주파수 정책 그룹) 6G의 초기 도입 및 향후 서비스를 위한 스펙트럼 수요를 사전에 인식하고 이에 기반한 전략적 권고와 6G 스펙트럼 로드맵 수립을 추진할 계획(RSPG, 2023)
 - 2030년 6G 서비스 개시를 위해 커버리지·용량 수요, 단말 호환성 등 기반 분석을 바탕으로 스펙트럼 조기 인식 작업을 진행 중
 - 유럽 내 6G 스펙트럼 로드맵 수립을 위한 사전작업으로 기술적 조건 및 사용 사례에 따른 밴드별 적합성 평가를 추진할 예정
 - 6G 스펙트럼 확보와 조화를 위해 RSPG는 비지상망(NTN) 및 로컬·버티컬 네트워크 수요를 고려한 스펙트럼 전략을 마련하는 방향을 검토 중

□ 일본

- (일본 총무성) ‘Beyond 5G 추진전략 2.0’을 바탕으로 초저지연·고신뢰·저전력 차세대 통신 인프라와 글로벌 협력·표준화를 통해 AI 사회 지원 등 미래 6G 핵심 기술 발전 및 국제 경쟁력 강화 추진
 - ‘Beyond 5G 추진전략 2.0’을 공표하며, AI 사회를 뒷받침할 차세대 정보통신 기반 실현을 위한 전략을 마련하고 국제 경쟁력을 강화하는 방향으로 정책을 추진(일본 총무성, 2024)
 - APN, 비지상 네트워크(NTN), 무선 액세스 네트워크(RAN) 등 3대 핵심 기술 분야를 중심으로 2030년경 초저지연·고신뢰·저전력의 차세대 정보통신 인프라 구축 추진
 - 2025년 오사카·간사이 엑스포에서 ‘Beyond 5G ready 쇼케이스’를 개최하여 차세대 통신 기술을 기반으로 한 미래 사회의 비전을 제시하고 국제 협력 및 표준화를 촉진(일본 총무성, 2025)
 - 국제 협력 및 표준화 활동을 강화하고, 사회적 구현 및 해외 확산을 촉진하기 위한 교류의 장을 마련하며, 오프라인 행사와 함께 온라인 가상 공간에서도 체험할 수 있는 ‘버추얼 행사’를 운영하여 참여 기회를 확대

[그림 2-11] 각 전략 분야의 로드맵: APN, NTN, RAN



자료: 일본 총무성(2024)

- (XG Mobile Promotion Forum(XGMF), 차세대 모바일 추진 포럼) Beyond 5G White Paper 4.0을 통해 Beyond 5G(6G)의 조기 실용화를 위한 기술 개발 및 표준화 로드맵을 제시하며, 2030년을 목표로 사이버-물리 공간 융합, 초고속·초저지연 통신, AI 네트워크 최적화 등의 핵심 기술 방향을 제시(XGMF, 2024)
- Beyond 5G 추진 컨소시엄(B5GPC)과 제5세대 모바일 추진 포럼(5GMF)이 통합되어 XG 모바일 추진 포럼 출범
- 6G 네트워크 아키텍처, 무선 기술, AI 서비스, 산업 활용뿐만 아니라 우주·해양, 스마트 제조, 공급망 관리, 사회 기반 시설 최적화 등 다양한 6G 관련 프로젝트를 추진하며 기술개발과 실증 연구를 적극 진행 중(XGMF, 2024).
- ※ 6G Promotion PJ(NTT DOCOMO): 6G 네트워크 및 기술 표준화를 주도하며 차세대 이동통신의 핵심 요소를 검토
- ※ 6G Network Architecture Project(NTT DOCOMO): 6G 네트워크 구조 설계를 연구하며, 초저지연·초고속·대규모 연결성을 위한 기술을 개발
- ※ 6G Radio Technology Project(Keio University): 테라헤르츠 주파수 및 차세대 무선 기술을 활용한 6G 통신 연구를 수행
- 6G 핵심 기술의 실증 테스트베드를 구축하여 기술 검증 및 상용화를 지원하고 XR, 디지털 트윈, 메타버스, 스마트 시티 등 차세대 서비스의 실증 프로젝트를 추진

〈표 2-2〉 Beyond 5G의 활용 사례

산업 구분		활용 사례
금융		디지털 화폐 결제
		알고리즘 등을 활용한 고도화된 리스크 기반 बैं킹
		고정밀 보안 서비스
건설·부동산		숙련 기술자에 의한 원격 시공
		숙련 기술자와 협업한 원격 시공
		디지털 트윈에 의한 자동 건설, 인프라 유지보수
		건축부재의 IoT화를 통한 인프라·건축물 유지 관리
		디지털 트윈에 의한 부동산 거래·투자
		VR을 이용한 온라인 부동산 투어
물류·운송	창고, 물류	IoT 활용
		기계, 로봇 자동 운전
		드론, 커넥티드카 또는 선박의 활용
		해상 루트를 포함한 NTN 등의 활용
		클라우드·디지털 트윈의 응용
	항공	스트레스 없는 이동
		쾌적한 승하차 서비스
		지상 업무의 지원
		연비 향상·탈탄소화
		항공기 어시스트·운항 관리
		고밀도 항공
		드론, 공중 모빌리티
		초고속 항공기
	철도	드라이버리스 운전
		자동 유지보수
		로봇에 의한 모니터링
		MaaS와의 원활한 연계
		공간 제약 없는 생활
통신·IT		CPS의 진전에 의한 강건하고 활력 있는 사회
		‘단 한 사람도 소외되지 않는’ 디지털화, 안심·안전하고 정보 격차 없는 사회

산업 구분		활용 사례
미디어		홀로그래픽 커뮤니케이션
에너지·자원·소재		출입 곤란 지역에서의 원격 조작 및 자동 조작
		제품의 라이프타임 추적 가능성(Lifetime Traceability)
자동차		차량 센서 정보를 활용한 다이내믹 지도 갱신
		원격 운전에서의 원격 모니터링 및 원격 제어
		안전 운전 지원에서의 집단 지각 차량의 센서 정보를 인프라 측에서 보완(센서 융합·셰어링 등)
		차량 및 도로 측 장비, 인공지능 및 HAPS와의 통신에 의한 커버리지 확대, 긴급 재해 지원 등
		다수 차량과 기지국(엣지 클라우드 등)에 기반한 분산형 학습 및 추진
		OTA(Over-the-Air)에 의한 차량 프로그램 업데이트 관리 등
기계	공작 기계	가공 데이터의 자동 수집·선별·전송
		완전 자동 제조
		다이렉트 티칭(Direct Teaching) 기법의 고도화
	건설 기계	인력 절감·무인화 촉진
		누구나 안심하고 조작할 수 있는 원격 건설 기계 조작
		공간적·시간적으로 유연한 시공 관리
	농업 기계	자동 농업 기계의 원격 운전 상태 관리, 고장 시기 예측, 고장 유지보수
		원격지에서의 농작물 지휘 및 지원
		주변 환경에 맞춘 정지(정리) 및 설정의 자동화
	로봇	로봇 기술을 이용한 노동력 보완 실현
		비언어 전달이 가능한 원격 커뮤니케이션 로봇
		누구나 조작할 수 있는 아바타(유사 신체형) 로봇
전기·정밀·반도체	조선 (선박)	항만에서의 화물 적재·하역 효율화
		선박 내외의 항해 상황 및 해양 환경 모니터링
	전기·정밀	주방 가전
		생활 가전
		공조, 환기, 온수 공급 기기
		충전 기기
	반도체	반도체 공장 내의 완전 무인화
		공급망 및 개발 현장의 전력 절감

산업 구분		활용 사례
농업·수산업·식품·생활 관련	농업·수산업	농기계의 원격 감시(트랙터 등)
		원격 모니터링
		스마트 부이·실시간 조류 계측
		수중 드론
	식품업	공장 내 모니터링(고정밀 카메라)
		작업 지원(AR/VR에 의한)
		설비 등의 자동화(FA/PA 등)
	생활·문화 용품 관련	공장 내 모니터링(고정밀 카메라)
		작업 지원(AR/VR에 의한)
		설비 등의 자동화(FA/PA 등)
소매·도매·유통 분야		판매 관련 ICT 활용
		신종 코로나바이러스에 따른 ICT 활용
		디지털 서비스 전환(Digital Service Shift)
		소비 및 공유(셰어링)
서비스·공공서비스·법인 서비스	의료	지각 기능의 보조 및 재현
		접촉 기회 저감 및 감염 상황 파악
		신약 개발
		사이버 공간에서의 의료 데이터베이스 구축
		원격 수술
		AI 원격 진단
		실시간 건강 관리
		저침습 치료 및 환자 맞춤형 치료
	행정·교육 분야	통합 행정 서비스
		행정 서비스의 UX 향상
		타 산업과의 연계 서비스
		원격 지시·커뮤니케이션
		하이브리드 교실
외식 산업		배달 로봇·조리 로봇
		배달 음식 서비스(드론에 의한)
		무인 레스토랑
엔터테인먼트·레저		인터랙티브 라이브 뮤직
		AR 내비게이션
		버추얼 스포츠
		버추얼 프로덕션

산업 구분		활용 사례
학술·기타	우주	우주 활용에 의한 스마트 통신 인프라 활용
		우주 생성 데이터 활용
		우주 공간을 활동 영역으로 활용
		언제나 정보가 손에 닿는 세계를 위한 우주 기반 네트워크 제어
		우주 공간에서 인류 활동에 공헌
	HAPS	미접속·접속 곤란 지역에 대한 커버리지 확대
		재해 대응 및 복구
		도시형 에어 모빌리티
		IoT
	사회	확장형 리모트 워크
		확장형 개인 모빌리티 & 인프라 시스템
		저지연·고화질 원격 조작 시스템
		개인/장소/상황에 맞춘 맞춤형 긴급 알림·동시 전송
		재해 시에도 전력 확보와 외부 걱정 없이 정보 송수신이 가능한 통신 시스템
		재해 발생 시 최적의 대피 경로 안내 시스템

자료: XGMF(2024)의 자료를 재가공

〈표 2-3〉 Beyond 5G의 활용 사례 및 Capability

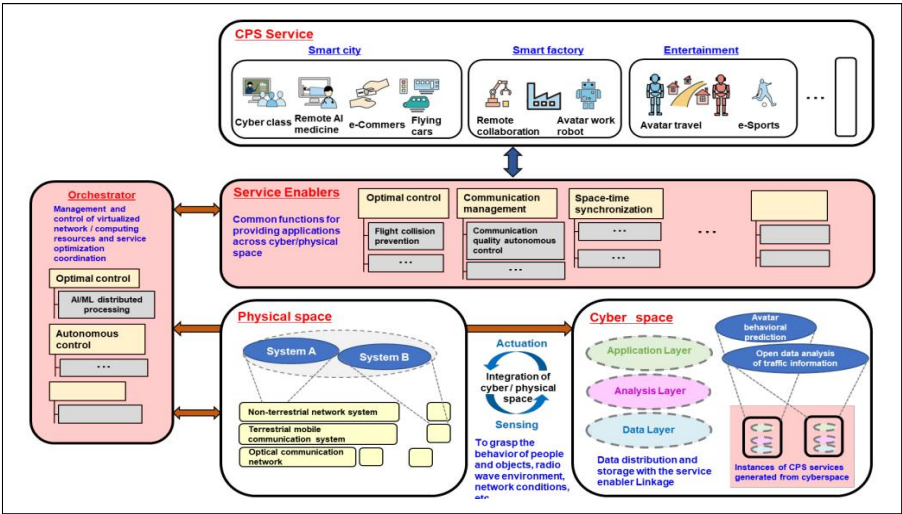
활용 사례	초고속 · 대용량	초저 지연	초다수 동시 접속	초정밀 · 초신뢰	초고속 대용량 통신	시간 동기화 /정밀 제어	밀리 미터 파·센싱	광역 커버 리지 확대	자율성	기타
열 해석 기술을 통한 원격 의료	○	100ms 이하			○					
디지털 트윈을 이용한 자동화 및 인프라 유지보수		○			○		○	1~2cm		
건설 과정에서 IoT를 활용한 인프라-건축 설계 및 시뮬레이션			○		○			1~2cm		
디지털 트윈 기반 제조·물류·투자 관리				○						
VR을 이용한 온라인 협업·회의	○	○								

○: 해당 활용 사례에서 필수적으로 요구되는 Capability

자료: XGMF(2024)

- (국립정보통신기술연구소, NICT) Beyond 5G/6G 시대의 사회·기술적 요구를 분석해 오픈 플랫폼 기반 표준화 로드맵과 기능적 아키텍처를 마련하며, 스마트 시티·AI·XR 등 6G 핵심 서비스 구현 및 5대 시나리오(사이버네틱 아바타 사회 등)를 추진
- NICT Beyond 5G/6G White Paper에서는 Beyond 5G/6G 시대의 사회적 요구와 기술적 과제를 분석하고, 2030년 이후 정보통신 네트워크 발전 방향 및 사회 구현 전략을 제시하는 오픈 플랫폼 기반의 표준화 로드맵을 추진
- 물리적 공간과 사이버 공간의 융합을 기반으로, 서비스 이네이블러와 오케스트레이터를 활용한 네트워크 최적화, 비지상 네트워크(NTN) 및 고속 광통신 연계를 통해 스마트 시티, AI, XR 등 6G 기반 서비스를 지원하는 기능적 아키텍처 제시

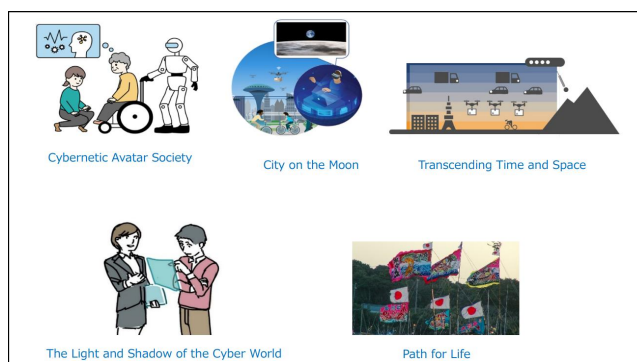
[그림 2-12] Beyond 5G/6G 기능 아키텍처



자료: NICT(2023)

- Beyond 5G/6G 시대의 핵심 서비스 모델로 사이버네틱 아바타 사회, 달 도시, 시공간 초월, 사이버 세계의 빛과 그림자, 삶의 길 등 5개 시나리오를 수립하고, 각 시나리오에서 요구되는 기술 요소를 분석하여 6G 기반 서비스 구현 방안을 제시

[그림 2-13] 2030년 이후 Beyond 5G/6G 시나리오



자료: NICT(2023)

- (NTT DOCOMO) 6G 백서를 발간하여, 초고속·초저지연·초연결 네트워크를 기반으로 ‘Wellbeing’ 실현을 목표로 하며, 이를 위해 광범위한 커버리지 확장, 에너지 절감, 신뢰성 강화 및 AI 기반 네트워크 지능화를 추진 (NTT DOCOMO, 2023)
- 사이버-물리 융합(CPS)을 활용하여 원격 의료, 확장현실(XR) 서비스, 산업 자동화, 지능형 자율 시스템 등의 6G 특화서비스 발굴 예정
- NTT DOCOMO와 NTT는 Nokia, SK Telecom과 협력하여 AI 기반의 6G 무선 기술을 4.8GHz 대역에서 실내 테스트를 진행했으며, 기존 방식 대비 최대 18%의 속도 향상을 확인(NTT DOCOMO, 2024)
- NTT와 NTT DOCOMO는 6G/IOWN 시대를 대비하여 모바일 네트워크와 서비스 통합으로 저지연 및 고대역폭 품질을 보장하는 INC 아키텍처를 실증함(NTT, NTT DOCOMO, 2025)

제 2 절 국내 표준화 활동

1. 국내 현황

□ 과학기술정보통신부

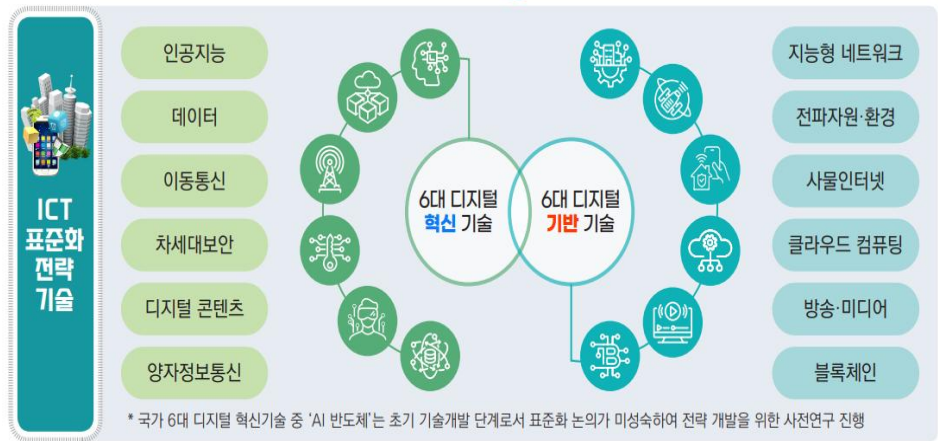
- 국제전기통신연합(ITU)이 6G 비전을 승인함에 따라 정부는 세계전파통신 회의(WRC)에서 논의된 6G 후보 주파수 대역과 기술 표준화를 반영해 2027년까지 주파수 확보 전략을 마련할 계획(과학기술정보통신부 보도자료, 2024. 8. 30.)
 - WRC-23에서 도출된 6G 후보 대역(4.4~4.8㎐, 7.125~8.4㎐, 14.8~15.35㎐)을 기반으로 연구를 진행하고, 국내 산업에 적합한 주파수 대역을 추가 발굴할 예정
 - WRC-27 준비 연구반을 운영하여 국제 동향을 분석하고, 5G 주파수 추가 공급과 함께 6G 기술 표준화 및 주파수 활용 방안을 구체화할 계획
- 6G 연구·개발 및 표준화 진전을 위한 ‘6G 원칙 공동선언문’에 참여하며 개방적이고 상호운용이 가능한 글로벌 네트워크 구축을 목표로 하고 있음(과학기술정보통신부 보도자료, 2024. 2. 27.)
- 6G 조기 상용화를 위해 신규 고대역 발굴과 기존 저대역 재활용의 투트랙 전략 수립. WRC-27을 대비한 주파수 주도권 확보 추진(《전자신문》, 2025. 3. 24.)
 - 7㎐ 대역의 일부가 UWB·위성 용도로 사용 중인 상황에서 정부는 주파수 공동사용 연구를 통해 신규 주파수 개척을 추진할 계획
 - 7㎐ 광대역 활용과 조기 상용화를 위해 망 공동구축 등의 새로운 주파수 활용 패러다임을 검토 중
 - 기존 LTE용 저대역 주파수를 단계적으로 재활용하고, 유휴대역의 광대역화를 통해 6G 활용 가능성을 연구할 방침

□ 한국정보통신기술협회(TTA)

- 6G 초공간 네트워크 표준화 선도를 위해 3GPP NTN 및 위성 IMT 표준화 현황과 국내 추진 전략을 논의하는 워크숍을 개최(한국정보통신기술협회 보도자료, 2024. 8. 7.)
 - 워크숍에서는 3GPP 비지상망(NTN) 기술의 표준화 이슈와 이동통신과 위성통신을 결합한 6G 핵심 서비스 기술 발전 방향에 대해 논의
 - ITU-R WP4B의 위성 IMT-2020 및 IMT-2030 표준화 계획과 목표를 공유하고, 국내 저궤도 위성통신 R&D 사업의 구체적인 추진 방향을 소개
 - 글로벌 위성사업자들의 스마트폰 기반 위성 연결 서비스 추진 현황을 살펴보고, 향후 모바일 위성 서비스 시장의 발전 전망에 대해 논의
 - 산업계는 표준기반의 위성 IMT 기술이 장기적으로 경쟁력을 확보할 것으로 전망하며, 3GPP NTN 표준화에서 지상망과 위성망 간 주파수 공유 등의 쟁점 해결이 중요하다고 강조
- EU, 일본 등 글로벌 표준화 기구들과 협력하여 6G, 인공지능, 오픈랜 등 디지털 혁신 분야의 표준화 공동전략 개발과 전문인력 양성을 추진하며 글로벌 기술표준 대응력 강화
 - EU의 ICT 표준화 전략 프로젝트(INSTAR)와 협약을 맺고 6G 및 인공지능 등 디지털 혁신 분야에서의 공동 표준화 전략 개발 협력 기반을 마련하여 한-EU 간 글로벌 표준화 대응력 강화(한국정보통신기술협회 보도자료, 2024. 9. 6.)
 - 글로벌 표준기구인 O-RAN ALLIANCE와 협력 협약을 체결하여 6G 핵심 기술로 부각되는 오픈랜 기술의 국내 표준화를 확대(한국정보통신기술협회 보도자료, 2024. 11. 27.)
 - 일본의 주요 표준화기구인 ARIB 및 TTC와 5G/6G 핵심 기술 표준화와 전문인력 양성을 위한 국제 공동 프로그램 개발 및 표준화 협력을 강화하는 양해각서 체결(한국정보통신기술협회 보도자료, 2024. 12. 2.)

- AI, 6G 등 6대 디지털 혁신기술과 블록체인, 클라우드 컴퓨팅 등 6대 디지털 기반기술의 표준화 로드맵을 통합하여 총 12대 핵심기술의 표준화 로드맵을 완성하고, 이를 기반으로 표준화 전략맵을 담은 「ICT 표준화 전략 Ver. 2025」를 수립
- 6G 비전 권고(2023. 6.) 이후 6G 요구사항 및 후보 기술 표준 개발이 본격화됨에 따라 이동통신 분야 6G 중심의 핵심 표준화 항목을 중점 선정

[그림 2-14] ICT 표준화 전략 12대 핵심 대상기술



자료: 한국정보통신기술협회(2024)

〈표 2-4〉 12대 핵심 기술 표준화 전략: 6G

구분	기술	추진방향
6대 디지털 기반기술 표준화 로드맵	지능형 네트워크	(정책/제도) 네트워크 산업 생태계 활성화 시범사업 추진 및 제도 개선 • 국가 인프라 고도화 및 버티컬 산업 융합을 위한 시범사업 촉진 ※ 5G/6G 모바일망, 스마트 그리드, TSN, 산업용 IoT, 금융 거래, 데이터센터 등 여러 산업 분야에 응용되어 새로운 서비스와 시장 창출 기대

구분	기술	추진방향
6대 디지털 기반기술 표준화 로드맵	전파자원 · 환경 (전자파 환경)	(기술) 생활 전자파 불안감 해소 및 방호대책 기술개발 • 6G 기지국 전자파 인체 노출량 예측 알고리즘 개발, 실내외 모니터링 및 근역장 저주파 자기장 강도 측정 방법 개발 추진 (표준) 5G/6G 환경에서 전자파 안전성 강화 표준개발 • 5G/6G 이용 환경에서의 내성 기준, 인체 노출량 예측, 비핵 EMP 방호장치 성능평가 표준 수립
	전파자원 · 환경 (위성통신)	(표준) 6G 연계 저궤도 위성통신 표준개발 • 저궤도 위성통신 전송 효율 증대를 위한 표준화 추진 ※ (Target SDOs) ITU-R SG4, CCSDS, IETF, 3GPP RAN1/RAN2에서 표준화 추진 • 초정밀·항법·시간 정보 제공 과정에서 전파교란 신호 파악을 위한 표준화 추진 ※ (Target SDOs) ITU-R SG4, ICAO, 3GPP RAN1/RAN4에서 표준화 추진 • 정지궤도 및 저궤도 탑재체 개발에 필요한 광/무선 통신 개발 및 달과의 통신을 위한 우주인터넷 표준화 추진 ※ (Target SDOs) ITU-R SG4, CCSDS, IETF에서 표준화 추진
	방송 · 미디어	(정책/제도) 차세대 미디어 기술력 확보를 위한 제도 마련 추진 • UHD 방송과 5G 기술의 융합을 통해 다양한 부가응용 서비스를 제공하고, 이를 위한 제도 개선과 방송/통신 융합 정책 필요
6대 디지털 혁신기술 표준화 전략맵	이동통신	(국외 표준) 6G 핵심 및 융합 기술 표준개발 • 세계 최초 6G 상용화를 위해 6G 이동통신 표준 선점과 핵심 ICT 기술개발 연계를 통한 신기술 선점 전략 수립 - AI와 클라우드 네이티브 이동통신 표준 기술 기반을 확보해 6G 조기 상용화를 위한 기반 마련 - 응용서비스를 위한 몰입형 미디어, 비지상 네트워크(NTN), 고신뢰·저지연 통신(HRLLC), C-V2X 및 공중 이동체 표준 기술 확보 - 6G 상용화를 위한 어퍼미드(7~24GHz) 대역 공존, 지상망 주파수 대역 및 RF 기술에 대한 연구 및 표준 확보 (국내 표준) 3GPP 기술규격 단체표준 전환 채택 및 6G 선행 표준개발 • 미래 이동통신 기술 분석, 6G 비전 수립의 선제적 대응 외에도 6G 이니셔티브 확보를 위한 6G R&D의 표준 연계, 한·중·일 표준협력, 주요 표준개발기관 간 협력 강화 - 6G 전략/비전 수립을 통한 3GPP, ITU-R WP5D 6G 표준화 선제적 대응 - 5G 기반 융합서비스를 위한 요구사항 도출 및 버티컬 서비스 표준개발

구분	기술	추진방향
6대 디지털 혁신기술 표준화 전략맵	차세대 보안	(국의 표준) 글로벌 선도 표준 확보를 위한 차세대보안 표준개발 • AI, 양자컴퓨팅 위협 대응 기술 등이 포함된 신기술 분야로 표준 성숙도 및 표준 역량이 높아 선진국과 협력 필요 - 급변하는 인프라(5G, 6G, 모바일 등)와 이에 대한 서비스 안전성 및 사용자 신뢰성 확보를 위한 클라우드 보안/제로트러스트 보안/6G 보안기술 및 표준 확보 (국내 표준) 차세대보안 시장 선도를 위한 표준개발 • 산·학·연·정의 협력과 적극적인 국내외 표준화 활동 참여를 통한 타 국가의 기술/표준 수준에 도달하기 위한 추격 및 대외협력 강화 필요 - 지능화된 사이버 위협에 능동적으로 대처하기 위한 클라우드 보안, 6G 보안, 제로트러스트 보안 표준개발

자료: 한국정보통신기술협회, 『ICT 표준화 전략 요약보고서』, 2024. 12. 재가공

□ 한국전자통신연구원(ETRI)

- 6G 초실감 및 고정밀 서비스를 위한 성능 맞춤형 단말 네트워크 스택 기술을 개발하고, 대전-부산 간 초실감 원격 콘퍼런스 메타버스 시연을 성공적으로 수행함(한국전자통신연구원 보도자료, 2024. 12. 18.)
 - 원격회의, 원격 협연, 원격 수술, 스마트팩토리 제어, 실시간 VR 등 다양한 초실감 및 고정밀 서비스에 활용될 것으로 전망
- 세계 최초로 200Gbps급 6G 무선링크 시연에 성공하며, 6G 핵심원천기술을 확보하여 국제표준화 선점을 추진(한국전자통신연구원 보도자료, 2025. 1. 23.)
 - 6G 기술개발을 위해 4개 기지국 무선유닛(RU)이 동일 주파수 대역으로 동시 전송하고, 빔형성 기술을 활용해 간섭을 최소화하여 200Gbps의 전송 속도를 시연함
 - 연구진이 개발한 6G 이동통신 시스템 기술은 초고주파(Sub THz) 대역에서 10GHz의 광대역폭을 활용한 다중점 송·수신 무선전송 기술을 포함

- MWC 2025에서 차세대 6G, 위성 IoT-NTN, 국방 5G 네트워크 기술을 공개(한국전자통신연구원 보도자료, 2025. 2. 28.)
- 저궤도 소형 군집위성을 활용하여 전 지구적 IoT 서비스를 가능하게 하는 위성 IoT-NTN 기술을 개발하고 있으며, 극지방·해양 등 기존 네트워크 사각지대에서도 안정적인 연결성을 보장하는 기술을 마련 중
- 초대규모 다중입출력(E-MIMO), 가상 무선 접속 네트워크(vRAN), 서브 테라헤르츠(Sub-THz) 무선 전송, AI 기반 무선 접속 네트워크(AI-RAN) 등의 차세대 이동통신 기술을 포함하여 6G 네트워크 인프라를 구축할 계획

□ 산업체(삼성, LG 등)

- 6G 백서 발표, AI 내재화 기술 등으로 6G 기술 표준화에 기여하고 글로벌 협력을 강화하며 3GPP 표준화 논의에 적극 참여
- SK텔레콤은 6G 백서를 통해 6G 시대에는 AI와 통신이 결합된 ‘Telco Edge AI’ 인프라가 도입되며, 초저지연 데이터 처리와 AI 서비스가 가능해지고, 통신사는 트래픽 공급을 넘어 인프라 가치 증대와 B2B 서비스 확장을 모색해야 함을 제시(SK텔레콤, 2024)
- KT는 LG전자와 6G 전이중 통신 기술 개발, 글로벌 표준화 협력, 6G 응용 서비스 발굴을 추진하며 6G 기술 주도권 확보와 표준화 리더십 강화(KT 보도자료, 2024. 8. 13.)
- LG유플러스는 6G 백서를 통해 비지상 네트워크(NTN) 기반 3차원 통신망 구축과 위성 데이터센터 도입 가능성을 제시하며, 기술 연구 및 표준화 활동을 강화(LG유플러스 보도자료, 2024. 10. 31.)
- LG유플러스는 6G 백서-엠티에스 IoT를 통해 ‘엠티에스 IoT’를 핵심 유스 케이스로 제시하며, 대규모 저비용 IoT 단말 연결 및 자가충전 기술 개발, 3GPP 표준화 논의 참여 추진(LG유플러스 보도자료, 2024. 5. 28.)
- 삼성전자는 AI 내재화 기반 6G 백서를 발표하며 지속가능한 6G 기술 개발과 표준화를 추진(삼성뉴스룸 보도자료, 2025. 2. 6.)

- 6G 시대를 대비한 혁신 기술을 개발·검증하며 네트워크 성능 향상과 서비스 안정성 확보 추진
 - SK텔레콤은 인텔과 협력해 6G 코어망의 통신 지연을 70% 줄이고 서비스 효율을 33% 향상하는 기술을 개발하며, 3GPP 표준화 반영과 AI 기반 코어망 연구를 지속 추진(SK텔레콤 보도자료, 2024. 2. 1.)
 - KT는 노키아와 협력하여 7㎞ 대역 초고집적 안테나(Extreme Massive MIMO) 기술 검증 완료(《한국경제》, 2025. 2. 16.)
 - LG유플러스는 포스텍·코닝과 협력해 6G 지능형 표면(RIS) 검증을 완료하고, 초고주파 대역 활용을 통한 음영지역 해소 및 전송 효율 극대화 기술을 추진(LG유플러스 보도자료, 2024. 11. 26.)
 - 삼성전자는 AI를 무선접속망(RAN)에 내재화한 ‘AI-RAN’ 기술 시연을 성공적으로 마쳐 기지국 데이터 처리량, 통신 커버리지 및 에너지 효율성 개선(삼성뉴스룸 보도자료, 2024. 12. 31.)
 - SK텔레콤과 삼성전자는 6G 인공지능 기반 무선접속망(AI-RAN) 기술개발을 공동으로 착수(SK텔레콤 보도자료, 2025. 11. 26.)

제 3 절 소 결

□ 내용 정리

- 2023년 ITU의 IMT 2030 비전 발표에 따라 ITU를 중심으로 하여 3GPP, ETSI 등 표준화 기구들은 6G 표준화를 위한 잔결음을 내딛기 시작
 - ITU의 IMT-2030 비전에서는 6가지 사용 시나리오를 제시하고 있음
 - 5G 표준인 IMT-2020에서의 ‘초고속(eMBB)’을 확장한 ① 몰입형 통신(Immersive Communication), ‘초저지연(URLLC)’을 심화한 ② 초저지연 진화 통신(Hyper Reliable and Low Latency Communication), ‘초연결(mMTC)’을 심화한 ③ 초연결 진화 통신(Massive Communication)을 중심으로 하여, 인공지능 결합통신(Integrated AI and Communication), 센싱 결합통신(Integrated Sensing and Communication), 유비쿼터스 연결(Ubiquitous Connectivity)을 새롭게 추가하였음
 - WRC-23에서 6G 주파수 후보 대역이 논의되었으며 WRC-27에서 최종적으로 결론이 날 것으로 보임
 - ITU의 IMT-2030 로드맵에 따르면 2024~2026년까지는 요구사항과 평가 기준을 마련하고 2027년부터 평가와 컨센서스 도달을 시도하면서 2030년 경 첫 표준을 제정할 계획임
 - 3GPP 등 사실 표준화 기구의 동향에 따르면 5G-advanced를 지속적으로 논의하면서 6G에 대한 1차 사례 연구를 2026년경까지 수행할 것으로 보이며 2027년부터 2차 사례 연구를 시행할 것으로 보임
 - 유럽의 표준화 기구 ETSI는 유럽 국가들의 의견을 취합해서 3GPP등 표준화 기구에서 한목소리를 내고자 노력하고 있음
 - RAN과 관련해서 O-RAN Alliance가 주도적으로 표준화를 선도하고 있는데, 최근 AI-RAN Alliance가 활발하게 활동함에 따라 이 두 단체는 협력 가능성을 모색하고 있음

- 미국, 중국, 한국, 유럽 등은 각국의 국가 전략으로 6G를 강하게 추진하고 있는 상황이며 주요 이통사들도 6G 전략을 내놓고 있는데 특히 AI와의 결합이 강조되고 있음
 - 미국은 FCC 주도로 6G Task Force를 구성하여 6G 기술의 표준화를 주도하는 산업 표준화 기구들의 활동 현황을 조사하고 주요 기술 사양 및 적용 사례를 검토하며, 다양한 산업군과 응용 사례를 식별하여 국가 차원의 활용 전략을 제시할 계획
 - 중국은 IMT-2030(6G) 추진조를 통해서 6G 전략을 추진 중인데 6G의 핵심 사용 시나리오로 몰입형 커뮤니케이션, 융합 현실(XR), AI 기반 네트워크, 디지털 트윈, 우주-공중-지상-해양 통합 네트워크 등을 제시
 - EU는 SNS JU를 통해서 2025년 유럽 주도의 6G 표준화 및 인프라 구축을 위해 무선통신, AI 네트워크, 보안, 지속가능성 등 4대 핵심 분야와 4대 산업 실증 프로젝트를 전략적으로 추진 중
 - 한국은 6G 조기 상용화를 위해 신규 고대역 발굴과 기존 저대역 재활용의 두 트랙 전략을 수립, WRC-27을 대비한 주파수 주도권 확보를 추진하고 있으며, 표준화협회인 TTA, 연구기관인 ETRI, 민관협력단체인 6G 포럼을 창구로 하여 글로벌 표준화 동향을 수집하고 표준화 논의에 적극적으로 참여하고 있음
- 5G 통신에서 5G에 기반한 신규 서비스가 잘 활성화되지 못했다는 공감대가 형성되어 다양한 이용 시나리오를 먼저 고려하고 관련 산업군과 협력하면서 표준화를 진행하고 있다는 점이 특징적임
- 한편, 우리나라 과학기술정보통신부는 2025년 12월 「Hyper AI Network 전략」을 발표하였는데 여기에 6G에 대한 정책 방향도 포함되어 있음(과학기술정보통신부 보도자료, 2025. 12. 18.)
 - 우선 2030년 6G 상용화를 목표로 기술 개발에 박차를 가하며 2026년부터는 기존 5G망을 단독모드(SA)로 전면 전환하고, 2028년 LA 올림픽과 연계

한 6G 시범 서비스를 거쳐 2030년 본격적인 상용 서비스를 개시할 예정
- 주목할 점은 AI-RAN을 국가 차원의 AI 인프라로 키워 2030년까지 전국
주요 산업 거점에 500개 이상의 AI-RAN을 구축해 로봇이나 자율주행차의
실시간 초정밀 제어를 지원하는 엣지 AI(Edge AI) 환경을 조성할 계획을
발표한 것임

- 6G 표준화나 국가별 추진 전략에서의 키워드는 AI라고 볼 수 있으며 결국
네트워크도 AI와의 관련성을 논하지 않고는 그 발전을 꾀할 수 없음을 시사

제 3 장 6G 특화서비스

제 1 절 휴머노이드

1. 휴머노이드의 정의 및 분류, 유사 개념 비교

□ (정의) 휴머노이드 정의

- 휴머노이드(Humanoid)는 사람을 뜻하는 영단어 ‘Human’에 유사하다는 것을 뜻하는 접미사 ‘-oid’가 합쳐진 단어로 인간과 유사한 형태·행동 등을 하는 비인간적 존재를 의미. 일반적으로는 휴머노이드 로봇(Humanoid Robot)을 휴머노이드로 지칭하는 경우가 대다수
- 한국전자통신연구원(2025)은 “휴머노이드를 인간의 신체 형태·동작 등을 모방한 로봇”으로 규정
 - 2족 보행으로 이동한다는 점, 자율적이고 독립적으로 과업을 수행할 수 있는 범용성을 가진다는 점 등을 휴머노이드의 주요 특성으로 함께 제시
- KDB미래전략연구소(2025)는 “휴머노이드 로봇을 인간 신체와 유사한 형태를 가진 로봇”이라고 명시
 - “인간의 지능과 행동, 감각 기능 등을 모사하여 다양한 환경에서 인간과 유사한 수준의 폭넓은 작업을 수행할 수 있도록 구현된 지능형 로봇”이라고 설명
- 하나금융연구소(2024)는 “휴머노이드 로봇에 대해 사람의 형태와 동작 등을 비슷하게 모방, 인간이 작업을 수행하기 어려운 환경에서도 자신의 기능과 행동을 할 수 있도록 설계된 로봇”이라고 정의

- 국제로봇협회(2025)는 “휴머노이드를 인간의 신체와 유사하게 설계되어 있으며, 사람의 조정 없이도 특정 과업을 수행할 수 있는 역량이 있는 로봇”이라고 규정
 - “시각, 청각 등의 감각 및 인간의 상호작용을 통해 수행 능력이 개선될 수 있다는 점”도 함께 서술
- MITSUI & Co(2025)는 “휴머노이드를 인간의 형태나 능력을 본떠 설계된 로봇”으로, “산업 현장의 작업이나 가사 등 각종의 작업을 수행할 수 있는 기계”라고 정의. 또한 “인간과 유사한 형태로 인해 인간중심 사회에서도 쉽게 융화될 수 있는 특징”이 있다고 분석
- 일련의 정의들을 종합할 때, 휴머노이드는 사람과 유사한 형체와 기능 등을 지닌 로봇을 의미하며, 산업·생활 등에서 자율적으로 과업을 수행함으로써 인간의 노동력을 대체하거나 보완할 수 있는 특성도 함께 있다고 설명할 수 있음
 - 좁은 의미로는 이동 방식이 2족 보행인 로봇만을 휴머노이드로 간주하기도 하나, 바퀴로 이동하는 로봇이나 신체 일부분(주로 상반신)만 모사된 로봇 등도 광의의 휴머노이드로 분류되는 경우가 있음
 - 또한 AI 기술의 급속한 발달과 연계되어 휴머노이드의 의사결정 능력, 과업 수행 능력 등이 획기적으로 향상될 것으로 전망

□ (분류) 휴머노이드의 분류

- 현재 개발되는 휴머노이드 로봇은 이동 방식(2족 보행 여부) 및 인간 형상의 정도에 따라 3가지 유형으로 구분할 수 있음(정보통신기획평가원, 2024)
 - (바퀴주행형) 2족 보행을 하지 않아서 제조 비용이 낮고 상용화에도 용이. 그러나 이동 및 작업 유연성이 부족해 특정 장소나 특정 목적으로만 사용이 가능하다는 한계가 있음
 - (감정소통형) 인간과 의사소통 및 감정표현에 특화된 로봇. 그러나 LLM(대

규모 언어 모델) 기술 발달에 따라 장점이 퇴색되고 시장성이 낮을 가능성이 높음

- (이족보행형) 최근 개발되는 휴머노이드의 대표적인 형태로, 높은 범용성을 가지고 있음. 그러나 2족 보행에 따른 높은 제조비용 문제 및 개발 난이도의 증가 등으로 인해 가격이 상대적으로 높다는 문제
- 이 분류에서 2족 보행을 하고, 형상도 인간과 유사한 로봇은 공백으로 되어 있으나, 이에 해당하는 로봇은 ‘안드로이드(Android)’라고 정의할 수도 있어 보임(전상원, 2015)

[그림 3-1] 휴머노이드 로봇의 분류(인간 형상 정도 및 이동방식 기준)



자료: 정보통신기획평가원(2024)

- 국제로봇협회(2025)는 사용 용도를 기준으로 산업용 휴머노이드와 서비스용 휴머노이드를 구분하였음. 또한 분야별 사용 사례를 정리하여 제시
- (산업용) 연구용으로 설계된 원형(Prototype)에서 실용적으로 산업 작업을 지원하는 기기로 발전하고 있음. 인간 중심의 산업 생산 환경에서도 유연성이 있다는 점에서 유망한 기술로 간주 됨. 자동차 산업을 필두로 제조업이나 물류·유통 분야 등에서 폭넓게 활용

- (서비스용) 산업용과 달리 서비스용 휴머노이드는接客, 교육, 공공서비스 등에서는 사람의 감정이나 표정 등을 흉내 내며 역할을 수행. 한국, 중국, 일본 등 아시아 국가에서는 엔터테인먼트나接客, 개인 돌봄 등의 목적으로 활용
- 산업용, 서비스용 휴머노이드의 실제 활용 사례는 <표 3-1> 및 [그림 3-2], [그림 3-3] 참조

〈표 3-1〉 휴머노이드의 용도별 분류 및 실제 활용 사례

분류별	분야별	내용
산업용	자동차 산업	• 부품 조립, 기계 관리 공정 모니터링 등의 용도로 휴머노이드 로봇을 활용
	물류·유통업	• 휴머노이드 로봇은 인간을 위해 설계된 창고나 공장 등에서도 유연한 이동 및 작업이 가능하여 기존 시설에서도 쉽게 적응이 가능 • 조립, 품질검사, 위험 물질 처리 등에서 인간의 노동을 대체할 것으로 전망
서비스용	소매·서비스업	• 대화 능력 및 인간과 비슷한 외형을 활용해 고객의 만족도를 제고하는 역할을 하고 있음 • 자동화 매장에서는 재고 관리, 결제 처리, 제품 정보 제공 등의 역할을 수행 • 호텔 등에서는 손님 맞이, 컨시어지 지원, 룸서비스 제공, 길 안내 등의 업무 수행
	의료 산업	• 장비 운반, 실험 보조, 환자 관리 지원 등 반복 작업을 수행하여 의료진의 업무를 보좌 • 물리치료 지원, 생체 신호 모니터링 등의 기능이 있는 로봇을 간병 업무에 활용하여 업무 부담을 경감
	가사 지원	• 청소기 사용, 먼지 제거, 바닥 닦기, 정리정돈 등 일상적 가사 업무를 담당할 것으로 전망 • 가사 휴머노이드는 사용자의 디지털 파트너로서 사회적 상호작용에 기반한 가사 지원을 수행할 것으로 전망

자료: 국제로봇협회(2025)의 “Humanoid Robots: vision and reality”를 재정리

[그림 3-2] 휴머노이드의 자동차 공장 투입(물품 운반·정리)



자료: 현대자동차그룹 보도자료(2025. 7. 13.)

[그림 3-3] 휴머노이드의 간병 업무 지원(일본 AIREC)



자료: Reuters(2025. 2. 28.). “AI robots may hold key to nursing Japan’s ageing population”

□ 다른 로봇들과의 차이 및 유사 개념과의 구분

- 휴머노이드의 개발은 로봇 기술의 발전 과정에서 진행되었으며, 로봇의 세대 분류를 기준으로 볼 때 ‘4세대’ 로봇에 해당한다고 해석 가능(박지은, 2024; 한국전자통신연구원, 2025)
 - (1세대) 1950~1970년대의 산업용 로봇으로, 단순 반복 작업을 지원할 수 있는 정도의 수준. 기초적인 생산 보조 도구로 활용됨
 - (2세대) 1980~1990년대의 로봇으로 센서 및 제어 기술의 발전과 함께 종전보다 복잡한 작업 수행(조립, 용접 등)이 가능. 공장 내의 노동 업무를 일부분 로봇이 대체하기 시작
 - (3세대) 2000~2010년대의 로봇으로 공장뿐 아니라 사무실이나 가정 등으로 활용 범위가 확대. 고도화한 센서와 프로그래밍 기술을 통해 협동 작업 등을 수행
 - (4세대) 2020년대 이후의 로봇. 높은 자율성과 인공지능을 갖고 있으며 이를 통해 인간과 자연스럽게 상호작용할 수 있음. 다양한 범위의 작업을 수행할 수 있는 범용성도 중요한 특징. 휴머노이드는 4세대 로봇에 해당
- 휴머노이드는 의사소통 및 상호작용, 인간의 생활환경에서의 적응, 범용성에 기반한 경제성, 플랫폼화의 가능성 등에서 다른 유형의 로봇과 비교해도 특별한 강점을 가지고 있음(LG경영연구소, 2014)
 - (의사소통·상호작용) 휴머노이드는 인간의 특성과 유사한 면이 많아 의사소통 및 상호작용에서 인간에게 매우 높은 편의성을 줄 수 있음
 - (생활환경 적응) 휴머노이드는 인간과 유사하게 폭넓은 이동 환경을 가지며, 도시환경이나 실내 구조 등을 특별히 개조·변화하지 않고도 휴머노이드를 도입할 수 있어 사용자의 수용성을 제고함
 - (경제성) 작업별로 특화된 로봇 여러 대를 사용하는 것보다 범용성이 높은 휴머노이드 한 대만을 사용하는 것이 경제적으로 더 효율적. 범용 휴머노이드를 통해 기존의 도구나 기계를 사실상 로봇처럼 활용하는 확장 효과까

지도 도모 가능(휴머노이드의 차량 운전 등)

- (플랫폼화 가능성) 휴머노이드 자체가 다양한 첨단 기술이 집대성된 로봇
이므로 휴머노이드의 개발 과정에서 다양한 파급효과가 발생. 로봇산업 전
반에 사용되는 하드웨어·소프트웨어 등의 기반이 되어 플랫폼화로 연결

[그림 3-4] 휴머노이드를 활용한 자동차 운전 시연 사례



자료: 《아시아경제》(2016. 12. 4.), “국내 최초 운전대 잡은 로봇, 영동대로 달렸다”

- 휴머노이드는 안드로이드, 사이보그, 서비스 로봇, 소셜 로봇 등 유사·관련 개념과도 특성적으로 구분할 수 있음
 - 안드로이드(android)는 인간과 외모, 피부, 행동 등이 높은 수준으로 유사하여 쉽게 구분하기 어려운 로봇을 의미. 안드로이드는 휴머노이드의 일종으로 볼 수 있음(전상원, 2015)
 - 사이보그(cyborg)는 신체 일부(팔, 다리, 내장 기관 등)를 인공 기계로 대체한 사람 혹은 기계와 결합한 인간 등을 지칭(LG경영연구소, 2014). 사이보그는 인간을 지칭하기 때문에 휴머노이드와 별개의 개념이라고 볼 수 있음
 - 서비스 로봇(service robot)은 산업용 로봇과 구분되어 제조업 이외의 분

야에서 활용되는 로봇. 사용자와 소통 및 상호작용을 통해 자율적으로 서비스를 제공한다는 특징(Wirtz et al., 2018; 한국과학기술정보연구원, 2022). 서비스 로봇은 활용 분야에 따른 로봇의 분류로 형태 및 기능에 따른 분류인 휴머노이드와는 다른 기준의 분류임. 따라서 휴머노이드가 서비스 로봇의 역할을 하는 것도 가능

- 소셜 로봇(social robot)은 인간과 소통하거나 상호작용을 하는 등의 역할을 하는 로봇을 의미. 자율적으로 사회적 의사전달 및 행동을 수행하기도 함(Dautenhahn, 2007; 이동훈, 2018). 이는 로봇의 행동 특성에 따른 분류이므로 휴머노이드가 소셜 로봇의 역할을 하는 것도 가능

2. 휴머노이드의 요소기술과 시장 생태계

□ 휴머노이드의 핵심 요소기술

- 한국산업기술기획평가원(2025)은 휴머노이드의 세부 핵심 요소기술을 4개 분야에서 10개의 요소기술을 도출하여 제시(표 3-2 참조)
 - 요소기술은 운동 제어, 센싱, 인간-로봇의 상호작용(HRI), 구동 및 제어시스템 등 4개 분야로 분류
 - 10가지 요소기술 이외에도 인간과 유사한 외형·보행·조작능력 등을 지원하는 기술, 환경 인식·상황판단 등을 위한 인식·이해 기술, 작업 학습 능력·환경 적응 능력·문제 해결 등을 위한 학습·적응 기술 등도 중요한 요소기술로 볼 수 있음

〈표 3-2〉 휴머노이드의 세부 핵심 요소 기술

분야	요소기술	내용
운동 제어	동역학	로봇의 움직임을 정확하게 예측하고 제어하기 위한 기술. 로봇의 관절, 모터 등 다양한 요소를 고려하여 안정적이고 효율적인 움직임을 구현
	센서 융합	다양한 센서(카메라, 힘 센서, 관성 센서 등)에서 얻은 정보를 통합하여 로봇의 위치, 자세, 속도 등을 정확하게 파악하는 기술
	모션 계획	로봇이 목표 지점까지 안전하고 효율적으로 이동하기 위한 경로를 계획하는 기술. 장애물 회피, 충돌 방지 등을 고려하여 최적의 경로 생성
센싱	컴퓨터 비전	로봇이 카메라 등을 통해 얻은 시각 정보를 분석하여 주변 환경을 인식하고 물체를 식별하는 기술(3차원 공간 인지, 객체 추적, 이미지 분할 등 포함)
	SLAM	로봇이 알 수 없는 환경에서 자신의 위치를 추정하고 동시에 지도를 생성하는 기술로 자율주행 로봇에서 필수적인 기술
인간-로봇 상호작용	사용자 인터페이스	사람이 로봇을 쉽고 직관적으로 조작할 수 있도록 하는 기술로서 음성, 터치, 제스처 등 다양한 방식을 통해 로봇과 상호작용 가능
	자연어 처리	로봇이 사람의 언어를 이해하고 생성하며, 자연스러운 대화를 할 수 있도록 지원하는 기술로서 명령 수행, 정보 제공 등에서 활용
구동-제어 시스템	모터 및 액추에이터	로봇의 관절을 움직이고 힘을 발생시키는 기술
	전력 시스템	로봇의 동작에 필요한 전력을 공급하고 관리하는 시스템으로 배터리, 모터 드라이버 등이 포함
	제어시스템	로봇의 전체적인 동작을 제어하는 시스템으로 센서 데이터를 기반으로 모터를 제어하고 목표 지점으로 이동하도록 지원

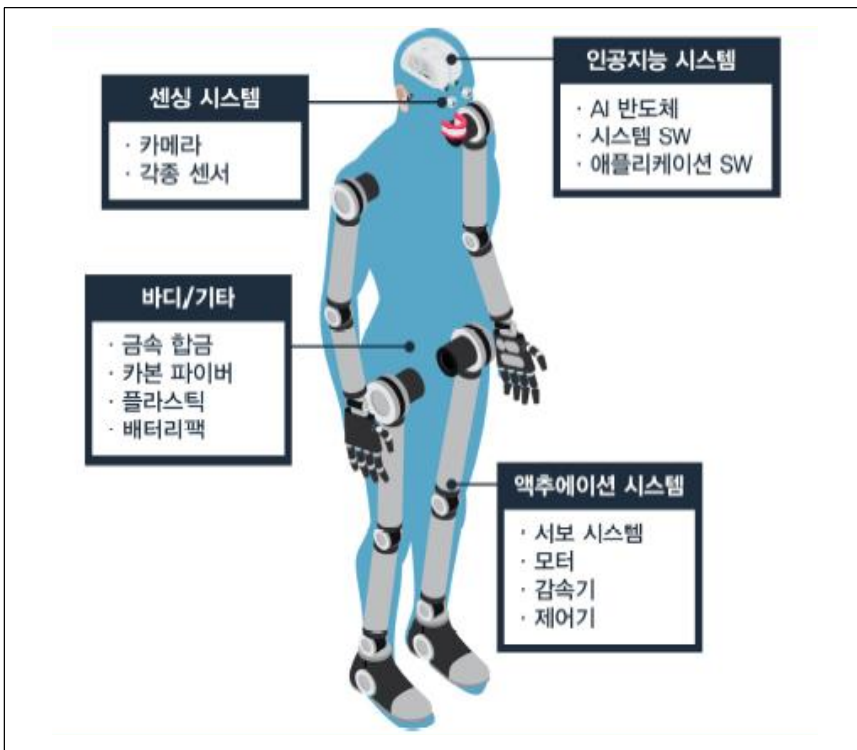
자료: 한국산업기술기획평가원(2025)

- 정보통신기획평가원(2024)은 휴머노이드의 요소기술은 크게 ‘액추에이션 시스템’, ‘센싱 시스템’, ‘인공지능 시스템’, ‘바디 및 기타 부품’ 등으로 구성된다고 설명(그림 3-5 참조)
- (인지) 휴머노이드의 주변 환경에 대한 정보를 센싱 시스템을 통해 수집·인지
- (추론 및 의사결정) AI 반도체와 관련 소프트웨어가 포함된 인공지능 시스템이 추론 및 의사결정을 수행. 미래 휴머노이드의 부가가치는 이 과정에

서 크게 증가할 것으로 전망됨

- (동작) 서보 모터, 감속기, 제어기, 토크 센서, 인코더 등으로 액추에이션 시스템이 구성됨. 또한, 동작 관련 기술이 휴머노이드 제조 비용 가운데 가장 큰 비중을 차지하게 될 것으로 분석

[그림 3-5] 휴머노이드 로봇 시스템 구성요소



자료: 정보통신기획평가원(2025)

- OMDIA(2025)는 휴머노이드 발전을 현실화한 현존 주요 기술을 크게 4가지로 분류하였음(표 3-3 참조)

〈표 3-3〉 휴머노이드 발전을 현실화한 현존 주요 기술

기술	설명
온디바이스 센싱·처리 기술	• 휴머노이드는 다종의 데이터를 실시간으로 처리하는 것이 중요 • 3D 카메라, 라이다, 센서, 마이크 등의 입력장치 이용 • GPU는 다양한 역할을 수행하나 전력 소모량이 크다는 문제
최적화 기술	• 휴머노이드는 사용자와의 상호작용을 위해 대규모 언어 모델(LLM)을 탑재 • LLM의 경량화를 위해 지식 증류, 가지치기, 양자화 등의 기술 활용
공간 컴퓨팅과 세계 모델	• 휴머노이드는 주변 환경을 실시간으로 표현하는 세계 모델의 지속적 업데이트가 필요 • 공간 컴퓨팅은 복잡한 환경에서도 로봇이 안전하게 작동하도록 지원하는 역할
시뮬레이션	• 고정밀 물리 기반 시뮬레이션을 통해 휴머노이드 로봇의 훈련 시행 • 훈련 빈도가 높을수록 로봇의 정확도는 향상(자율주행 기술 발전과 같은 원리)

자료: Omdia(2025)

□ 휴머노이드 생태계 분석

- OMDIA(2025)는 〈표 3-3〉에 제시된 4개 기술에 기반하여 현재 휴머노이드 시장의 주요 기술과 개발 업체들의 주 동향을 분석
 - (엣지 AI 칩셋) AI 칩셋은 온디바이스 기술의 핵심으로, AI 가속기 및 시스템온 칩(SoC)의 대중화로 탑재가 보편화. 엔비디아, 인텔, AMD 등이 기업을 선도하는 상황
 - (개발 도구·플랫폼) 엣지컴퓨팅(Edge Computing)을 위한 소프트웨어도 중요한 요소. 퀄컴, NXP 등 주요 반도체 제조업체들은 소프트웨어 개발사 인수를 통해 휴머노이드 개발 흐름에 대응
 - (파운데이션 모델) 범용 AI 기술인 파운데이션 모델은 로봇의 지능 수준을 담당. 엔비디아는 자체 파운데이션 모델인 GR00T N1을 공개했으며, 피규

어 AI, 피지컬 인텔리전스, 아기봇 등의 회사도 자체 파운데이션 모델을 출시하였음

- (세계 모델) 휴머노이드는 세계 모델을 통해 훈련이 가능. 실제 세계의 환경을 시뮬레이션 및 가상으로 렌더링할 수 있어서 정확하고 높은 성능을 현실에서도 발휘할 수 있음. 피지컬 인텔리전스, 스킨드 AI, 월드 랩스, X 스퀘어 로보틱스 등의 스타트업들이 연구·개발에 참여하고 있음
- (연결성) 휴머노이드는 클라우드와 연결되었을 때, 다양한 과업을 수행 가능(데이터 처리, 성능 모니터링 등). 특히 5G 이상의 높은 통신 성능을 갖춘 기기의 필요성이 대두되고 있음. 통신사들은 이를 기반으로 고객과 제조업체 대상의 서비스를 제공하고 있음
- (로봇 손) 휴머노이드 기술의 발전과 함께 정교한 로봇 손에 대한 수요도 증대하고 있음. 센서 융합, 머신비전, 물리·센서 시뮬레이션 등의 기술 발전이 핵심. 캐나다의 키노바, 중국의 인스파이어, 미국의 소프트로보틱스, 한국의 테슬로, 로브로스 등이 주요 업체로 꼽힘

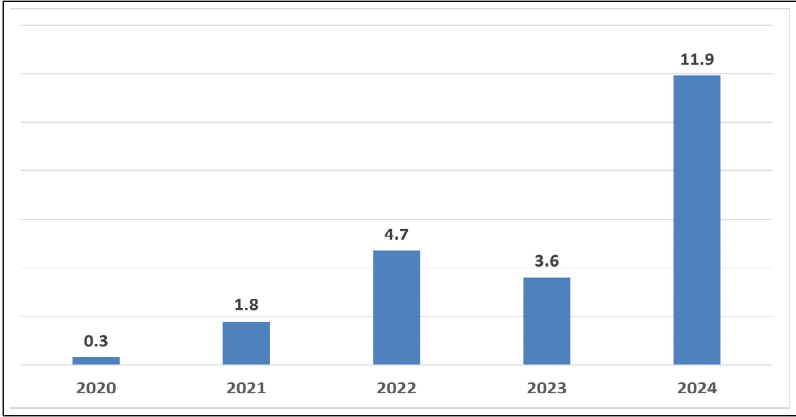
3. 휴머노이드 시장 분석 및 주요 기업

□ 휴머노이드 시장 규모 및 전망

- Markets and Markets(2025)는 세계 휴머노이드 로봇 시장이 2025년 29억 2,000만 달러 규모에서 2030년 152억 6,000만 달러 규모로 연평균 39.2%씩 성장할 것으로 예측
- Grand View Research(2024)는 세계 휴머노이드 로봇 시장이 2024년 15억 5,000만 달러 규모에 해당하지만, 2025년부터 2030년까지 연평균 17.5%씩 성장하여, 2030년 40억 4,000만 달러에 이를 것으로 전망
- 세계 휴머노이드 스타트업에 대한 전체 투자액은 2020년 3,000만 달러에서 2024년 11억 9,000만 달러로 증가(Statista, 2025)

- 투자액의 증가는 AI 기술의 발전과 높은 연관성을 가지며, 특히 2020년부터 2023년까지 4개년을 합친 투자액보다 2024년의 투자액이 더 크다는 점에서 빠른 투자 확대가 예측(그림 3-6 참조)

[그림 3-6] 세계 휴머노이드 스타트업에 대한 투자액 총계
(단위: 억 달러)

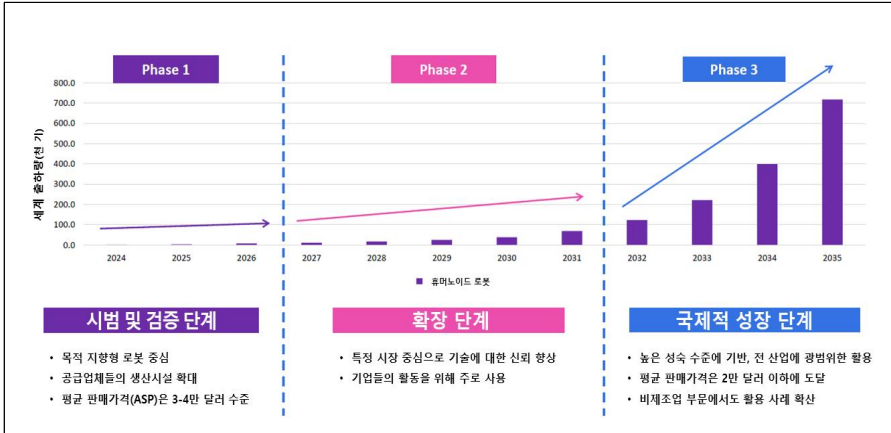


자료: Statista(2025)

- 아직 휴머노이드의 상용화 수준은 초기 단계에 해당하나 2020년대 후반 시장이 확장되기 시작되면서 2030년대부터 폭발적으로 성장할 것으로 전망(Omdia, 2025)
- 2027년 세계 휴머노이드 로봇의 출하량이 1만 기를 돌파하며 2035년에는 71만 7,000기까지 증대할 것으로 예상(그림 3-7 참조)
- 제조업 부문은 휴머노이드의 가장 큰 수요처로 공장 자동화를 목적으로 휴머노이드를 도입하는 사례가 늘어날 것으로 보임
- 비제조업 부문(유통·물류, 보건의료, 공공서비스, 소매 업종 등)에서도 서비스 품질 향상을 위해 휴머노이드를 도입할 것으로 보이며, 해당 업종의 수요 잠재력 또한 큰 것으로 간주

[그림 3-7] 세계 휴머노이드 출하량 흐름 전망

(단위: 천 기)



자료: Omdia(2025)의 자료를 번역

- 세계 휴머노이드 시장의 성장을 견인하는 주요 요인은 다음과 같음(한국전자통신연구원, 2025)
 - (정책 지원 및 투자 확대에 따른 기술 발전 가속화) 각국 정부와 민간 대기업이 휴머노이드 개발에 적극 참여하여 관련 기술 수준이 급격하게 향상됨
 - (AI 기술의 발전으로 로봇 개발·학습 능력 발전) 생성형 AI 등 AI 기술이 등장하며 복잡한 프로그래밍 기술 없이도 로봇의 행동 능력 향상, 범용성 확대 등으로 연결
 - (로봇 제작 비용의 감소) 기술 발전에 따라 로봇 제작 비용이 현저히 절감. 이는 경제성을 높여 상용화 추진에 강력한 동력이 됨
 - (실전 투입 사례 증가) BMW(독일), 아마존(미국), 항저우시(중국) 등 주요 국 대기업 및 공공에서 휴머노이드를 실전에 투입하는 사례가 늘어남에 따라 휴머노이드 활용에 필요한 경험치가 누적됨
 - (휴머노이드 수요의 증가) 휴머노이드에 대한 수용성이 높아지고, 산업적 효과성도 제고되면서 도입 수요도 증가하고 있음

□ 휴머노이드 시장을 주도하는 국가 및 주요 기업

- 세계 휴머노이드 산업의 얼라이언스 구성에서 가장 중추적인 역할을 하는 나라는 미국, 중국, 한국 등 3개국(Omdia, 2025)
 - (미국) 공공보다는 민간에서 협력체의 결성을 주도하며, 특히 엔비디아의 'Issac 플랫폼'을 중심으로 구성된 얼라이언스가 대표적. 이는 모듈형 구조로 'Issac lab'과 'Issac Sim'이 대표적인 구성
 - (중국) 정부가 주관하여 휴머노이드 협력체를 구성하였으며, 대표적인 사례가 '베이징 휴머노이드 로봇 산업 얼라이언스'임. 애플리케이션 기업, 휴머노이드 몸체 기업, 플랫폼 기업, 대학 및 연구기관 등이 얼라이언스의 구성 주체
 - (한국) 'K-휴머노이드 얼라이언스'는 40개 기업 및 기관으로 구성. 연관 기업 및 서울대, 고려대, 카이스트 등의 대학들이 참여. 예산 규모가 비교적 적은 편임에도 혁신 역량은 준수하다는 평가
 - Omdia는 이와 같은 분석을 통해 미국, 중국, 한국 3개국이 추후 세계 휴머노이드 시장을 선도하는 국가가 될 것으로 전망하였음
- 반면, 한국산업기술기획평가원(2025)은 한국의 휴머노이드는 완제품을 상용화한 사례가 드물어 미국이나 중국에 비해 낮은 상황이라고 진단하였음
 - 휴머노이드 관련 R&D가 자본력이 있는 대기업 중심으로만 진행되고, 중소기업 및 스타트업의 참여가 미진한 한국 휴머노이드 산업 생태계의 구조가 원인이라고 분석
 - 한국이 세계 휴머노이드 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해 핵심적인 요소기술을 국내 자체적으로 개발해야 한다고 제안
 - 또한, 정부 중심으로 R&D를 수행해야 하는 기술 분야와 민간에서 자발적으로 R&D를 수행해야 하는 분야를 구분하고 정부, 민간, 대학, 연구소 등 각 주체가 효율적인 산학연 협력 체계를 이룰 수 있도록 정부가 유도해야 한다고 주장

- 국제로봇협회(2025)는 세계의 주요 휴머노이드 공급업체를 이족보행형, 바퀴주행형, 상반신형 등 3개 기준에 따라 분류하여 제시하였음(2025년 4월 기준)
- 이족보행형은 45개사, 바퀴주행형은 24개사, 상반신형은 12개사로 총 81개사임(분류별 중복기업 제외 시 66개사)
- 국가별로 보면, 중국이 총 36개사(중복 제외 시 30개사)로 가장 많고, 미국이 9개사, 일본이 8개사(중복 제외 시 6개사) 순임
- 한국은 레인보우로보틱스(이족보행·바퀴주행), 로브로스(이족보행), 네이버 랩스(바퀴주행) 등의 기업이 포함

〈표 3-4〉 세계 주요 휴머노이드 공급업체 목록

회사명	국가	회사명	국가
이족보행형(legged): 45개사			
Sanctuary AI	캐나다	Unix AI	중국
Agility Robotics	미국	Vizum	중국
Apptronik	미국	Xiaomi	중국
Boston Dynamics	미국	XPeng	중국
Figure	미국	Zhejiang Humanoid Robot Innovation Center	중국
Laser Robotics	미국	Hanson Robotics	중국(홍콩)
Tesla	미국	Sirena Technologies	인도
Westwood Robotics	미국	Surena	이란
Agibot	중국	Fujisoft	일본
Beijing Humanoid Robot Innovation Center	중국	Kawada	일본
Booster Robotics	중국	Kawasaki	일본
Deep Robotics	중국	Toyota	일본
Dreame	중국	Rainbow Robotics	한국
Exrobots	중국	RobRos	한국
FDRobot	중국	Fourier Intelligence	싱가포르

회사명	국가	회사명	국가
iFLYTEK	중국	United Robotics Group	프랑스
Kepler Exploration Robot Co.	중국	Neura Robotics	독일
Leju(Shenzhen) Robotics	중국	Mentee Robotics	이스라엘
LimX	중국	1X	노르웨이
Robotera	중국	PAL Robotics	스페인
Ti5 Robot	중국	SKL Robotics Ltd	영국
UBTech	중국	Engineered Arts	영국
Unitree Robotics	중국		

바퀴주행형(Wheeled): 24개사

Agibot	중국	Pudu Robotics	중국
Alpha Robotics	중국	H-Bots Robotics	인도
Dataa Robotics	중국	Invento Robotics	인도
Elephant Robotics	중국	Tokyo Robotics	일본
Galaxea	중국	Naver Labs	한국
Galbot	중국	Rainbow Robotics	한국
PaXini Technology	중국	Enchanted Tools	프랑스
Realman Robotics	중국	United Robotics Group	프랑스
Robotera	중국	Unlimited Robotics	이스라엘
Stardust Intelligence	중국	Oversonic	이탈리아
Ti5 Robot	중국	1X	노르웨이
Unix AI	중국	PAL Robotics	스페인

상반신형(Upper-body only): 12개사

Richtech Robotics	미국	Kawasaki	일본
Boardwalk Robotics	미국	Yaskawa	일본
Elephant Robotics	중국	Macco Robotics	스페인
iFLYTEK	중국	PAL Robotics	스페인
Robotera	중국	ABB	스위스
Kawada	일본	Engineered Arts	영국

주: 2025년 4월 기준
자료: 국제로봇협회(2025)

- 한국의 휴머노이드 개발은 완제품의 상용화라는 측면에서는 다소 미진
 - 한국의 휴머노이드 개발은 대학과 연구소를 중심으로 시작. 2012년 삼성전자로보레이, 2013년 로보티즈의 톨망 등이 개발되었으나 레인보우로보틱스를 제외하고는 완제품 상용화 사례는 없음(정보통신기획평가원, 2024)
 - 정부는 국내 로봇산업의 글로벌 경쟁력 강화 및 로봇 도입 촉진을 위해 『제4차 지능형로봇 기본계획(2024~2028)』을 발표, 2030년까지 민관합동으로 3조 원 이상의 투자를 계획(관계부처합동, 2024)
 - <표 3-5>에는 한국의 주요 기업·기관의 휴머노이드 로봇 개발 동향이 제시되어 있음

〈표 3-5〉 한국 주요 휴머노이드 로봇 개발 동향

업체명	로봇명	설명
삼성전자	 로보레이	• 삼성종합기술원/삼성전자는 2002년부터 휴머노이드 로봇 개발 투자, 2012년 프로토타입 ‘로보레이’ 공개 • 2023년 레인보우로보틱스 지분 14.99% 인수, 최대 59.94%까지 확보할 수 있는 콜옵션 계약 체결 • 노르웨이 로봇 기업 1X Technologies의 1억 달러 규모 시리즈 B 자금조달에 삼성넥스트 참여
LG전자	 클로이	• CES 2024에서 LLM 접목한 가사 생활 도우미로봇 ‘스마트홈 AI 에이전트’ 공개 • 2024년 3월 미국 자율주행 서비스로봇 스타트업 ‘베어로보틱스’에 6,000만 달러(약 800억 원) 투자 • 기존 안내 로봇 ‘클로이’에 구글 제미니ai LLM을 탑재한 제품을 2024년 하반기 출시 예정
네이버	 앰비덱스	• 앰비덱스는 네이버랩스와 코리아텍 산학협력연구를 통해 개발한 5G 통신망 기반 브레인리스(brainless) 양팔 로봇

업체명	로봇명	설명
레인보우 로보틱스	 RB-Y1	• 2004년 KAIST 오준호 교수팀이 국내 최초 휴머노이드 로봇 ‘휴보’ 개발 • 2024년 5월 이동형 양팔로봇 ‘RB-Y1’ 예약판매 시작(가격 1억 3,000만 원) • 2024년 미국 MIT 생체모방로봇연구실과 휴머노이드 공동 개발 추진
로보티즈	 폴망	• 2013년 모듈방식 조립 가능한 휴머노이드 로봇 ‘폴망’ 개발 • 2017년 로보티즈 유상증자에 LG전자 참여, 지분 7.8% 확보하여 2대 주주 관계
한국과학 기술연구원	 키보	• 2011년, 로보월드 2011 개막식에서 쇼마스터 로봇 ‘키보’ 공개 • 얼굴 표정 변화와 실시간 립싱크로 로봇-인간 상호작용에 초점을 맞춰 개발

자료: 정보통신기획평가원(2024)

- (생태계 및 법제도 이슈) 휴머노이드 기술 발전이 가속화되고, 상용화 단계로 이어지면서 이와 관련한 생태계 및 법제도 이슈가 발생하는 중
- 휴머노이드 관련 법률적, 윤리적 제도 마련
 - 휴머노이드는 높은 자율성과 판단력을 가진 로봇으로, 단순한 도구 나 기계장치와 구분되는 특성을 보임. 휴머노이드로 인해 민·형사상의 피해가 발생할 경우 책임 소재를 어떻게 규정할 것인지에 대한 논의가 이뤄지고 있음(김진우, 2018; 이인곤·강철하, 2018)
 - 이는 현재 법률적 최고 규범인 헌법에도 영향을 미칠 수 있으며, 휴머노이드에 대한 규율 및 지원체계 마련을 복합적으로 검토할 필요성이 제기되고 있음(김영진, 2025)

- 이 밖에도, 휴머노이드의 도입으로 인해 사생활 침해나 개인정보 유출 등 다양한 문제가 발생할 가능성도 실재(정보통신기획평가원, 2024)
- 일련의 문제 제기는 휴머노이드의 법률적, 사회적 지위 규정에 대한 사회적 논의와도 결부되는 논의라고 볼 수 있음
- 휴머노이드 활성화로 인한 실업 문제 및 양극화 심화
 - 휴머노이드의 작업 역량이나 비용 효율성이 인간을 압도하게 될 경우 인간의 노동이 휴머노이드로 대체되며 대규모 실업 및 사회·경제적 혼란이 발생할 가능성이 있음(한국산업기술기획평가원, 2025)
 - 또한 자본력과 기술력을 바탕으로 휴머노이드를 성공적으로 도입한 대기업과 도입하지 못한 중소기업 간의 격차가 확대될 가능성이 있음. 이는 개인 단위의 불평등에도 적용되어 사회 전반의 양극화를 심화시킬 수 있다는 우려가 제기
 - Ruiz(2024)는 휴머노이드 기술의 도입으로 인한 대량 실업과 노동시장 구조 변화에 대응하기 위해, 기존 교육 시스템의 근본적인 개편이 필요하다고 주장. 인간의 창의성과 대인 교류 능력을 배양하는 방향으로 교육 과정을 설계해야 한다고 제안
- 휴머노이드 관련 센싱 및 제어시스템 고도화
 - 휴머노이드가 사람의 몸처럼 동작하여 기능하기 위해서는 고정밀 제어시스템이 필요. 그러나 복잡성이 높고 고도화된 기술이 요구된다는 문제가 있음(KDB 미래전략연구소, 2025)
 - 상용화를 위해 휴머노이드에 필요한 능력은 정확한 사물 인식 능력 및 높은 이동성, 정교한 작업을 수행할 수 있는 능력, 균형을 유지하는 능력 등이며 이를 위해서는 다종의 고성능 센서를 효율적으로 설계해야 할 필요가 있음. 이러한 필요성은 휴머노이드 생태계에 있는 기업들의 과제이자 기회가 될 것으로 전망(Global X ETFs, 2024)

- 현재 센서, 카메라, 로봇 손 등 하드웨어 기술이 지속적으로 발전하고 있으며, 이에 따라 시장 내의 경쟁도 가속화되는 상황(Omdia, 2025)
- 휴머노이드 가동을 위한 높은 에너지 소모 문제
 - 휴머노이드를 가동하려면 높은 에너지가 필요. 복잡한 움직임과 대량의 데이터를 처리하는 과정에서 높은 전력을 소모하기 때문(KDB 미래전략연구소, 2025)
 - 그러나 현재 휴머노이드는 배터리 용량에 한계가 있으며, 유압식 액추에이터가 장착된 로봇의 경우는 2시간 이내의 짧은 작업만 가능하다는 한계. 배터리 성능이 크게 개선되거나 충전 방식이 개선되어야 하는 과제가 있음(Global X ETFs, 2024)

4. 6G와 휴머노이드

- (6G 기술의 역할) 6G 기술이 휴머노이드 로봇에 접목될 때 높은 통신속도, 낮은 지연, 뛰어난 연결성 등으로 로봇의 정밀성, 효율성, 자율성 등을 크게 개선할 것으로 예측(one6G, 2025)
- 로봇에 6G 기반 통합 센싱 및 통신 기술(ISAC, Integrated Sensing and Communication)이 적용된다면, 인간과의 원활한 상호작용을 통해 스마트 헬스케어, 공공안전, 산업 IoT 등 다양한 분야에 활용될 수 있음
 - 그러나 통신 연결 과정에서 도청이나 사이버공격 등에 취약할 수 있다는 점에서 보안 요소의 강화는 중요한 화두가 될 가능성이 있음
- 통신 기술을 이용한 로봇의 연결성 강화는 로봇 간 실시간 데이터 교환 실현, 로봇 간 협업 능력 증대, 사람과의 의사소통 능력 개선, 환경 인식능력 향상, 복합 데이터의 효율적인 처리 기반 마련 등 로봇 분야의 기능적 진화를 유도함
- 6G 기술에서는 목표 지향적 의미 기반 통신(Goal-Oriented Semantic

Communication)이 가능

- 이는 단순한 원시 데이터(Raw data)의 전달을 넘어, 정보의 본질적 의미와 맥락까지 함께 교류하는 것을 의미. 로봇은 자신이 처한 환경과 수행하는 과업의 성격 등에 따라 능동적으로 데이터를 해석
- 6G 기술로 구현하는 목표 지향적 의미 기반 통신은 로봇 기술의 혁신과 로봇의 응용 범위를 대폭 확장하는 역할을 수행

- 6G 기술은 이 외에도 소프트 로보틱스(Soft Robotics), 인지 통신 연속체(CCC, Cognitive Communication Continuum), 네트워크 슬라이싱(Network Slicing), AI 활용 및 기계학습(Machine Learning) 등 다양한 기술 요소와 결합, 휴머노이드 로봇의 기능적, 구조적 혁신을 촉진할 수 있음

□ (사용 사례) 6G 기반 휴머노이드 로봇은 다음과 같은 목적으로 사용

- one6G(2023)는 <표 3-6>과 같이 6G 기반 휴머노이드, 로봇의 활용 주요 사례를 제시한 바 있음
- 각 사례에 사용되는 6G 통신 기술은 로봇 간의 통신뿐 아니라 인간과 로봇의 통신, 로봇 내부 구성요소 간의 통신, 제어기(클라우드, 엣지 등)와 로봇의 통신 등 복합적인 연결성을 높이는 방향에서 기능
- 이 사례는 잠재적 활용 사례도 포함됨

〈표 3-6〉 6G 기반 로봇의 주요 활용 사례 정리

사례	설명
협업 운반 작업	• 공장 등에서 다수의 로봇이 센싱을 통한 물체 식별과 통신 기능을 통한 로봇 간 상호작용으로 물체를 운반
교육용 로봇 (Edubots)	• 6G 로봇의 통신 기반의 상호작용 기능은 학생 개인에게 맞춤형 교육 서비스를 제공할 수 있음 • 증강현실(AR), 가상현실(VR) 등의 기술과도 함께 결합하면 몰입감 있는 교육 서비스 제공 가능
재고 관리	• 재고 관리 분야에서 로봇은 재고 추적, 재고 보충, 주문 픽업, 분류, 포장 등의 역할을 할 수 있으며 생산성 향상 및 비용 절감 등의 성과를 도모
산업 현장 활용	• 로봇을 활용하면 보다 유연한 공장의 운영·관리가 가능 • 공정 라인 구성의 최적화, 공간 활용도 제고 등에 기여 • 사람과 로봇의 협력으로 생산성 증대
헬스케어 서비스 활용	• 동반 로봇(Companion robot)은 환자나 노인을 대상으로 한 정서적 교감 및 생활 지원이 가능 • 병원 내에서도 로봇을 활용한 의료 서비스 지원(약 운반, 청결 관리 등)이 가능

주: 해당 백서에는 드론 활용과 관련한 사례 제시도 있으나, 드론의 경우 휴머노이드와 다소 별개의 개념이므로 제외하였음

자료: one6G(2023), “6G & Robotics”에 기재된 설명 내용을 재정리

5. AI와 휴머노이드

□ (AI가 탑재된 휴머노이드) 현재의 휴머노이드는 AI 기술의 접목과 함께 발전이 가속화되는 상황

- 오현정 외(2025)는 인공지능이 본격적으로 적용되기 전의 휴머노이드는 정형화된 환경에서 특정한 과업만을 반복적으로 수행하는 수준이었다면, 인공지능의 도입 이후로는 비정형적 환경에서도 학습하고 적응하여 자율적으로 과업을 수행할 수 있게 되었다고 분석
- MITSUI & Co(2025)는 휴머노이드의 AI가 가상환경에서 걷기, 넘어짐, 물체의 조작 등 다양한 행동을 효율적으로 학습할 수 있게 되어 AI기반의 모

선 제어 기술의 발전이 이뤄졌다고 평가

- 동작 및 과업 수행 이외에도, AI가 탑재된 휴머노이드가 인간-로봇 상호작용(HRI, Human-Robot Interaction)에서도 높은 수준의 역량을 발휘하는 방향으로 발전하고 있음(Cao, 2024; 한국전자통신연구원, 2025)
 - 특히 대규모 언어 모델(LLM)이 적용된 AI가 휴머노이드에 탑재되며 인간의 의사소통 및 상호작용 능력이 비약적으로 발전했다고 간주할 수 있음
 - ChatGPT, 딥시크 같은 생성형 AI 기술이 휴머노이드에 탑재되는 경우가 많음. 이는 휴머노이드의 범용성 확대 및 상용화 촉진으로 연결

□ (한국의 과제) 휴머노이드 기업과 AI 기업이 전략적 협력관계를 구축할 필요
(정보통신기획평가원, 2024)

- 현재 휴머노이드 시장에서 가장 선도적인 국가인 미국과 중국의 경우 휴머노이드의 AI 기술 전략이 다소 다름(한국전자통신연구원, 2025)
 - 미국은 휴머노이드 기업들과 IT 빅테크 기업이 협력관계를 통해 관련 기술 발전을 주도
 - 중국은 핵심 기술에 대한 대외 의존성 탈피를 위해 자체 기술 개발을 도모, 미국의 선도적 AI 기술에 대한 새로운 경쟁자로 부상
- 국내 기업 간 협력체제의 강화와 동시에 국산 AI 기술의 경쟁력 제고, R&D 투자 확대, 정부의 정책적 지원 등으로 대응해 나갈 필요가 있음

제 2 절 도심항공교통(UAM, Urban Air Mobility)

1. UAM의 정의, 등장 배경 및 이점, 분류, 유사 개념 구분

□ (정의) UAM의 개념 정의

- 국회입법조사처(2024)는 UAM을 “도심지역 내 저고도에서 운행하는 수직 이착륙(eVTOL, electric Vertical Take Off and Landing) 교통수단과 이를 지원하기 위한 이착륙 인프라를 포함한 미래형 모빌리티 체계 전반을 지칭”한다고 정의
- 특허청(2024)은 “UAM을 도심 상공에서 사람이나 화물을 수송하는 목적으로 운행하며, 수직이착륙(VTOL) 기능이 있는 항공기를 활용하는 교통 시스템 자체를 지칭”한다고 설명
- KDB 미래전략연구소(2023)는 “UAM이 도심 내 공중교통체계를 활용한 항공운송 체계 전반을 포괄”한다고 기술했으며 기체, 항행시스템, 인프라, 운영 등이 구성요소에 포함된다고 정리
- 미국 연방항공청(2023)은 “UAM을 도시 지역 내외에서 승객과 화물을 운송하기 위한 고도로 자동화되고 협력적인 공중 운송 서비스”라고 규정. 또한, UAM은 AAM(Advanced Air Mobility, 미래항공교통)의 하위 개념으로 분류
- Cohen et al.(2021)은 “UAM을 도시 지역에서 승객 이동, 화물 운송, 긴급 서비스 등을 수행하는 항공 교통 시스템”이라고 분석. 또한 UAM의 주요 요소로 안전성, 지속가능성, 경제적 합리성, 접근성 등을 제시
- 종합하자면, UAM은 도시 지역에서 사람과 물자를 운송하는 항공 교통수단을 의미하며, 이에 필요한 인프라나 운영 시스템까지 포괄하는 개념으로 정리할 수 있음

- 기체는 수직이착륙(VTOL) 기술이 핵심 요소가 되는데, 이는 고밀도 도심에서 운행하는 UAM의 성격과 밀접하게 연관. 해당 기술이 탑재된 기체 자체를 VTOL(전기를 동력으로 하는 경우는 eVTOL)이라고 칭하기도 함
- UAM은 미래항공교통(AAM)의 하위 개념으로 분류됨. UAM 이외에도 무인항공기(UAV), 지역항공교통(RAM) 등이 AAM의 구성요소
- [그림 3-8]은 UAM 운용 개념을 그림으로 나타냄

[그림 3-8] 도심항공교통(UAM) 운용 개념도



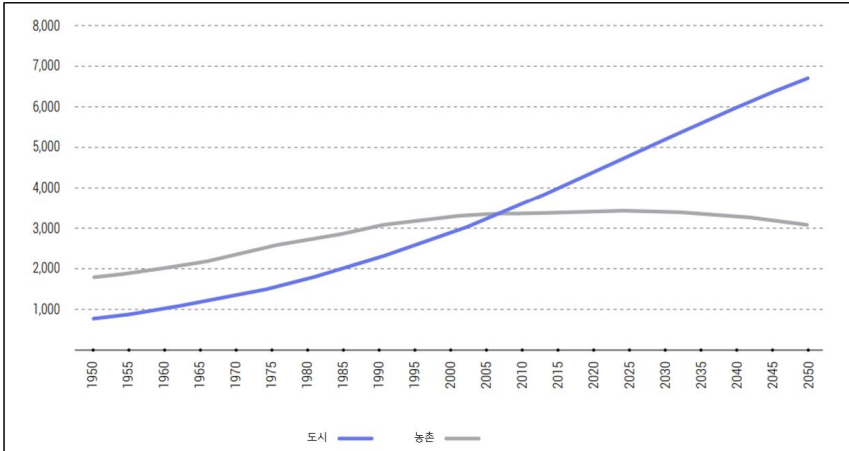
자료: Thipphavong et al.(2018)

□ (배경 및 이점) UAM의 등장 배경과 이점

- 세계 주요 도시들(뉴욕, 런던 등)이 인구 증가로 인한 과밀화가 지속되면서 교통 혼잡, 통근 시간 증가, 주차난 등 다양한 교통문제가 발생. 이는 도시의 주택문제, 환경문제 등도 함께 유발함(국토교통과학기술진흥원, 2021)
- UN DESA(2019)는 1950년 세계 인구 중 30%만이 도시에 거주하였으나, 도시인구가 증가하며 2018년에는 인구의 55%가 도시에 거주한다고 발표. 추세가 지속되어 2050년에는 68%가 도시에 거주할 것으로 전망(그림 3-

9 참조).

[그림 3-9] 세계 도시 및 농촌 인구 전망(1950~2050년)
(단위: 백만 명)



자료: UN DESA(2019), UN habitat(2022)의 자료를 재인용

- 한국 역시 도시 지역의 과밀화에 따라 각종 교통 및 사회문제가 함께 발생하고 있음
- 특히 2025년 10월 기준 수도권 지역(서울·인천·경기)의 인구가 전국 인구의 과반(51.0%)을 차지. 수도권을 중심으로 도시 지역 과밀화가 심각한 상황임
- 도시 과밀화에 따른 교통문제를 해소하고, 환경에 대한 부담이 적은 대안적 교통수단으로서 UAM이 등장
- UAM이 사회에 도입될 시 <표 3-7>과 같은 긍정적인 효과를 기대할 수 있음

〈표 3-7〉 UAM 도입 시 기대되는 사회적 이점

주요 기능	설명
이동 편의 향상	• UAM은 도시 거주자의 신속한 이동을 돕는 도시 교통 수단 • 특히, 통근 시간의 획기적인 절감을 기대할 수 있음
교통 혼잡의 완화	• UAM은 기존의 도로 교통 수요를 분산시켜 도심지의 교통 혼잡을 완화하는 데 기여함
공공서비스 활용	• UAM은 재난 및 응급 상황에 신속히 대응하는 역량을 제고 • 응급 의료 및 소방, 치안 등의 용도로 활용
친환경성	• UAM은 전기 및 하이브리드 기반 연료를 사용, 기존 교통수단 대비 온실가스 배출을 절감할 수 있음
경제성장 기여	• UAM 신산업이 고용 창출 및 경제 활성화 등에 기여 가능

자료: Li et al.(2024), “Urban Air Mobility: Review and Challenges”에 설명된 내용을 표로 재정리

□ (분류) UAM의 주요 활용 범위, 발전 수준, eVTOL 기체 형태별, 버티포트의 규모별 분류

- (활용 형태별 분류) UAM은 승객 및 화물을 대상으로 〈표 3-8〉과 같이 물류배송(라스트 마일), 에어셔틀, 에어택시 등의 운송 서비스를 제공할 수 있음(한국전자기술연구원, 2022)

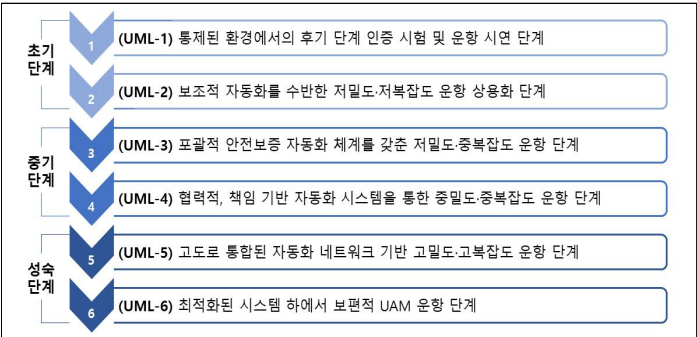
〈표 3-8〉 UAM의 서비스 형태 전망

구분		대상	개념 및 특징
물류 배송		화물	• 주문에 따라 지역 물류센터에서 수취인에게 물품 배송
에어셔틀	도시 내	승객	• 도심 내 정해진 노선 운항, 버스/지하철과 유사(예: 항공↔도심) • 초기 운용에 적합, 정기/부정기편 운영 가능
	도시 간		• 도시 간 정해진 노선 운항 • 초기 운용에 적합하나 운항거리 향상 기술 필요(배터리 등)
에어 택시			

자료: 한국전자기술연구원(2022), “국내 UAM 산업육성을 위한 정책 제언”

- (발전 수준별 분류) UAM은 [그림 3-10]과 같은 발전 단계를 거쳐 상용화 및 보편화가 이뤄짐(NASA, 2020)
 - UAM의 발전 수준은 UML(UAM Maturity Level) 1단계부터 6단계까지 총 6단계로 분류되며, 이는 밀도(운항의 빈도), 복잡도(운항 구조, 조건의 다양성), 시스템 자동화 정도 등에 따라 구분 가능
 - (UML-1) 상용화가 본격 진행되기 전의 단계로, 항공기 인증시험 및 운항의 시연을 통한 데이터 수집 등을 진행
 - (UML-2) 기상조건, 규정 등이 적합한 시장에서 제한적으로 보조적 자동화 기반의 저밀도 및 저복잡도 형태의 운항 상용화가 이뤄짐
 - (UML-3) 도심지역 운항이 포함되며, 지역별 여건에 맞는 소음 및 규정 체계가 마련. 무인항공관리(UTM) 기반의 운영·관제가 이뤄짐
 - (UML-4) 수백 대의 UAM이 동시 운항. 항공 네트워크가 확장되며 다중 운항 관리 체계가 갖춰짐. 저시정 상황에서도 안정적인 운항이 가능
 - (UML-5) 수천 대의 UAM이 동시 운항. 대규모 분산 네트워크로 구성. 자율항공기, 악천후 운항, 대량 UAM 생산 체제 정착 등의 특징
 - (UML-6) 수만 대의 UAM 동시 운항. 운항 범위가 전 지역으로 확산되며 UAM이 사회의 보편적 교통수단으로 정착하는 단계

[그림 3-10] UAM 발전 단계(성숙도)별 분류



자료: NASA(2020)의 자료를 번역

- 한국형 UAM(K-UAM)은 UAM 발전 시기별(초기, 성장기, 성숙기로 구분)로 다르게 운영 전략을 설계하였고, 이에 따른 상용화를 계획하고 있음(표 3-9 참조)

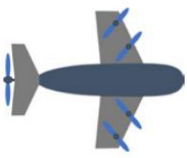
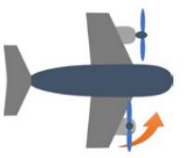
〈표 3-9〉 K-UAM 단계별 발전에 따른 주요 지표

항목	초기(2025~2029)	성장기(2030~2034)	성숙기(2035~)
기장 운용	기내 탑승·조종 (On Board)	원격조정 도입 (Remote)	자율비행 도입 (Autonomous)
교통관리 체계	‘UAM 교통관리서비스 제공자’의 역할 단계적 확대 및 ‘항공교통관제사’ 참여 단계적 축소		
교통관리 자동화 수준	자동화 도입	자동화 주도 및 인적 감시	완전자동화 주도
회랑 운영방식	고정형 회랑 (Fixed Corridor)	고정형 회랑망 (Fixed Corridor Network)	동적 회랑망 (Dynamic Corridor Network)
항공통신망	상용이동통신(4G, 5G), 항공음성통신	상용이동통신(5G, 6G), 저궤도위성통신, 무인항공기용 데이터통신링크(C2 LINK) 등	
항법시스템	정밀위성항법	정밀위성항법 + 영상기반 상대항법	복합상대항법
버티포트 입지·형태	수도권 중심 버티포트	수도권 및 광역권 중심 버티포트	전국 확대

주: 성장기에도 비상시 승객 안전을 고려하여 기내에 기장 등 안전관리자가 동반 탑승할 수 있음
자료: 국토교통부 보도자료(2021. 9. 28.)

- (기체 형태별 분류) UAM의 기체인 eVTOL은 멀티로터, 리프트 & 크루즈, 틸트형으로 구분할 수 있음(한국전자기술연구원, 2022)
- 〈표 3-10〉에 eVTOL의 유형이 정리되어 있음

〈표 3-10〉 eVTOL의 유형 분류

구분	멀티로터	리프트 & 크루즈	틸트형
형태			
개념	다수의 고정된 수직로터로 구성	이착륙(수직)/비행(수평) 시 각각 작동하는 독립된 고정식 추진부로 구성	동일한 추진부가 회전하며 이착륙(수직)·비행(수평) * 회전부에 따라 틸트로터, 틸트제트, 틸트윙으로 구분
비행 모드	회전익	고정익, 회전익, 천이비행	고정익, 회전익, 천이비행
특징	전진비행 저효율 제자리비행 고효율	전진비행 고효율 틸트형 대비 수직이착륙 용이	전진비행 고효율 제자리비행 저효율
기술 수준	낮음	중간	높음
운항 거리	도시 내 운항	도시 간 운항 가능	도시 간 운항 가능

자료: 한국전자기술연구원(2022), “국내 UAM 산업육성을 위한 정책 제언”

- (버티포트 규모별 분류) UAM 운영에서 가장 핵심적인 시설이 바로 버티포트(Vertiport)이며, 버티포트는 UAM의 거점으로 이착륙, 탑승, 충전, 지원 등의 기능을 수행(김진식 외, 2023)
- 버티포트는 규모에 따라 버티허브, 버티포트, 버티스톱 등으로 구분되며, 규모별 특성은 〈표 3-11〉에 정리

〈표 3-11〉 버티포트의 규모별 분류(버티허브, 버티포트, 버티스톱)

구분	버티허브 (Vertihub)	버티포트 (Vertiport)	버티스톱 (Vertistop)
형태 (그림)			
개념	허브공항 개념	지역 터미널 개념	버스정류장 개념
규모	다수의 이착륙장	2개 이상의 이착륙장	2개 이하의 이착륙장 (보통은 1개)
시설	정비·충전·소방·의료 등 필요 서비스 시설	정비·충전시설 등	최소 시설만 보유
위치	대규모 공터가 있는 도시 외곽/경계 지역, 주요 공항	도심 및 주변부, 중소 도시(RAM)	건물 옥상, 도심 외곽 등
연계 교통	다양한 연계 교통	다양한 연계 교통	연계 교통 제한
비정상 상황	대체 버티포트로 활용 가능	대체 버티포트로 활용 가능	비상시 임시 착륙장

주: 1) 버티스톱의 경우 버스정류장 대신 철도역에 비유하여 버티스테이션(Vertistation)이라는 표현도 혼용되고 있으나 지칭하는 개념이 실질적으로는 차이가 없음
2) 외래어 규범표기에 따라 ‘Vertistop’은 원문 표기 ‘버티스탑’에서 ‘버티스톱’으로 수정
자료: 한국전자기술연구원(2022), Deloitte(2019) 등 참고해서 재정리

□ (개념 구분) UAM과 유사·관련 개념과의 구분

- UAM은 전통적인 항공기 및 헬리콥터와 지상 시설, 운항 고도, 서비스 성격, 소음 수준 등에서 차이를 보임
- (지상 시설) UAM의 거점인 버티포트는 항공기의 거점인 공항에 비해 소규모 공간을 사용(김진식 외, 2023). 헬리콥터는 헬리포트(Heliport)를 이착륙 장소로 사용하는데 버티포트와 유사한 특성을 가짐. UAM 활성화에 따

라 헬리포트를 버티포트로 활용하는 사례가 늘어날 것으로 전망(Schweiger & Preis, 2022; 박초롱 외, 2024)

- (운항 고도) UAM은 고도 300~600m 사이에서 회랑(Corridor)을 따라 운항하는데, 이는 기존 항공기의 운항고도(최소 1,500m 이상)보다 훨씬 낮음. 한편, 헬리콥터는 UAM과 운항 경로가 겹치므로 고도 300m 이하에서 비행(정보통신기획평가원, 2021; 국토교통부 보도자료, 2021)
- (서비스 성격) UAM은 중장거리 노선 중심인 여객기 대비 단거리(50km 내외) 여객 및 화물 운송에 특화. 기존 헬리콥터 대비 낮은 운영 비용으로 상용화에 용이(관계부처합동, 2020; 고양연구원, 2024)
- (소음 및 배기가스) UAM에 사용하는 eVTOL 기체는 헬리콥터 대비 소음 발생과 가스 배출이 적음. 상대적으로 도심 운행에 유리(윤주열·황호연, 2020)
- UAM과 관련된 유사, 관련 개념은 <표 3-12>에 정리되어 있음

<표 3-12> UAM과 유사 및 관련 용어 목록

명칭	설명
미래항공교통 (AAM, Advanced Air Mobility)	• UAM 및 지역항공교통(RAM), 무인항공기(UAV), 개인항공기(PAV) 등 다양한 형태의 미래 비행체 및 서비스를 포함하는 광의적인 개념
지역항공교통 (RAM, Regional Air Mobility)	• 도시 내에서의 운송을 지칭하는 UAM과 달리, 도시와 도시, 도시와 교외 등을 연결하는 중거리 항공운송체계를 의미
농촌항공교통 (Rural Air Mobility)	• 승객 운송, 물품 배송, 긴급 서비스 등의 용도로 농촌 및 교외지역을 이동하는 항공운송체계를 의미 • 운항 지역에 따라 UAM과 영역이 중복될 수 있음
무인항공기 (UAV, Unmanned Aerial Vehicle)	• 조종사가 탑승하지 않는 다용도 비행체를 지칭하며, 통칭 ‘드론(Drone)’이라고 불리기도 함 • 원격조종 및 자율주행으로 이동하는 비행체로 물품 배송 등의 목적으로 쓰이며, 대형 UAV는 승객 운송도 가능
무인항공시스템 (UAS, Unmanned Aircraft System)	• UAV의 운항, 관제, 관리 등을 포함하는 일련의 체계를 UAS라고 지칭

명칭	설명
VTOL (Vertical Take-Off and Landing)	• 수직으로 이착륙 및 호버링 등이 가능한 비행체(수직이착륙형 항공기)를 의미 • 전기 연료를 기반으로 하는 VTOL은 ‘eVTOL’(Electronic Vertical Take-Off and Landing)이라고 별개로 칭함
개인용 항공기 (PAV, Personal Air Vehicle)	• 자가용 자동차에 상응하는 단어, 일반 개인에 의한 운용이 강조된 용어
드론 택시 (Drone Taxi)	• PAV의 UAM에서의 운송 서비스 측면이 강조된 용어 • 에어 택시(Air Taxi) 역시 같은 의미로 쓰일 수 있음
플라잉 카 (Flying Car)	• 자동차와 항공기 양용으로 사용되는 개념의 PAV에서 시작된 명칭이나, 현재는 일반적인 PAV 지칭에도 사용

자료: 한국과학기술기획평가원(2021), 전광기(2023), KDI 경제정보센터(2023), Cohen et al. (2021) 등에 설명된 내용을 표에 재정리

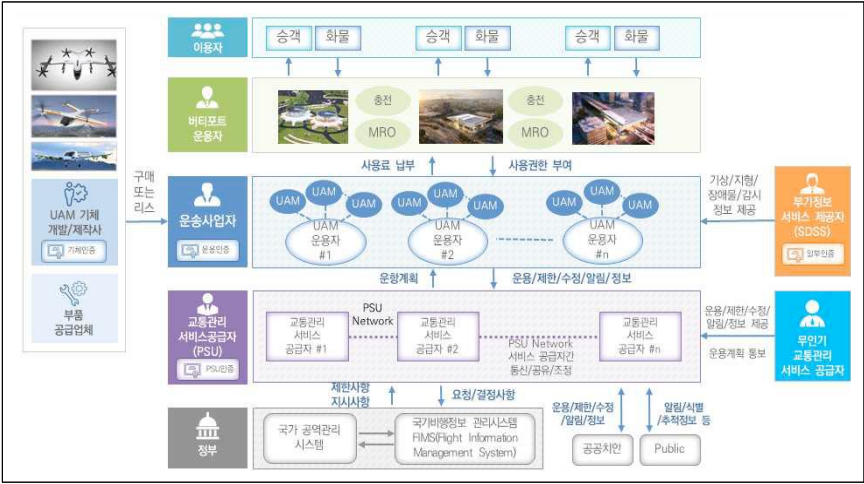
2. UAM 시장 생태계 분석

□ (구조) 산업 생태계의 구성요소 및 이해관계자

- (산업의 구성요소) UAM의 산업 분야는 기체 제조 분야, 운항 분야, 교통관리 분야, 버티포트 분야 등으로 분류(PwC컨설팅, 2024)
 - 기체 제조 사업: 기체 및 부품을 제작하는 산업 분야로 배터리, 전기모터, 인포테인먼트, 자율비행 시스템 등이 주요 요소
 - 운항 사업: 승객과 화물을 운송하는 산업 분야로, 티켓 예약·판매, 승객서비스, 기체운항, 기체정비 등이 주요 요소
 - 교통관리 사업: 기체의 비행 흐름을 관리하는 분야로 UATM(UAM Traffic Management)라고 함. 상공망 통신, 상공망 통신 장비, UATM 솔루션, 관제 서비스 등이 주요 요소
 - 버티포트 사업: 기체의 운항 거점인 버티포트(Vertiport)의 건설·운영 분야. 체크인 기기, 보안 검색대, Airside 관제 솔루션, 충전 시설 등이 주요 요소

- (구성 주체) UAM 산업시장 생태계 내의 주요 구성 주체는 정부 당국을 포함해 기체개발·제작사, 운송사업자, 버티포트 운용자 등이 해당(국토교통과학기술진흥원, 2021)
 - 정부 당국: 각종 UAM 관련 인증 절차 마련, 법률 제정 및 집행, 관리체계 구축, UAM 공역 관리 등의 역할 수행. 항공교통센터(ATC) 운영으로 항공 시스템 전반의 관제를 담당하기도 함
 - 기체개발·제작사(부품공급업체): UAM용 기체프레임, 엔진 등 개발·생산, 소요되는 부품 등을 생산하여 제공
 - 운송사업자: UAM 기체를 운항하여 여객 및 화물에 대한 운송 서비스를 제공. 다른 교통수단과의 환승을 위한 연계 시스템도 구축하는 역할 수행
 - 버티포트 운용자: 이착륙장 운영·관리, 운송사업자의 지상조업 지원, 승객 대상 탑승·하차 및 편의 서비스 제공, 하역 서비스 운영 등의 업무 수행. 버티포트에는 기체의 계류시설, 충전시설 등이 포함될 수 있으며 이를 통해 기체 유지보수를 지원
 - 교통관리서비스 공급자: UAM의 안전하고 효율적인 운항을 위해 교통관리·관제 서비스를 제공하며 관련 인프라의 운영·관리도 담당함
 - 부가정보서비스 제공자: 운송사업자 등을 대상으로 운항에 필요한 공역의 기상 상황, 장애물 등의 정보·분석 제공. 엔터테인먼트 등 이용자의 편의성 증대를 위한 부가서비스를 제공하는 것도 포함
 - [그림 3-11]은 UAM 생태계의 구성 주체 간 상호 관계 개념을 도식화한 개념도

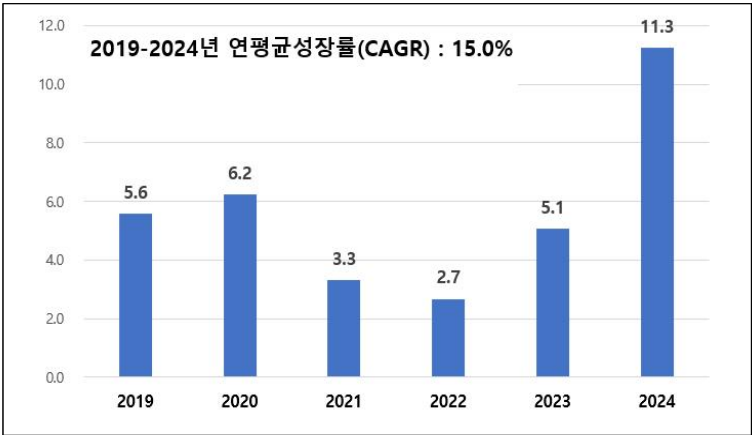
[그림 3-11] UAM 생태계 개념도



자료: 국토교통과학기술진흥원(2021)

- (글로벌 시장 현황 및 전망) IMARC Group(2024)은 2024년의 글로벌 UAM 시장이 11억 3,000만 달러 규모라고 계산하였고, 2025년의 30억 1,000만 달러 규모에서 2033년 586억 3,000만 달러까지 연평균 45.0%씩 성장할 것으로 전망
- 글로벌 UAM 시장은 2019년에는 5억 6,000만 달러 규모였으나 2024년에는 11억 3,000만 달러 규모까지 성장, 6년간 연평균 15.0%씩의 성장률을 보임(그림 3-12 참조)
 - 급속한 도시 인구 증가 및 도시 교통 인프라의 과부하 문제가 전 세계적으로 발생하면서, 각국 정부와 도시 계획자들이 UAM을 대안적 교통수단으로 인식함. 이러한 흐름이 UAM에 대한 시장의 수요를 강하게 견인하고 있는 것으로 해석
 - 2021년과 2022년은 코로나19 팬데믹 등의 영향으로 UAM 시장도 다소 위축되는 흐름을 보였으나 2023년부터 성장세를 회복

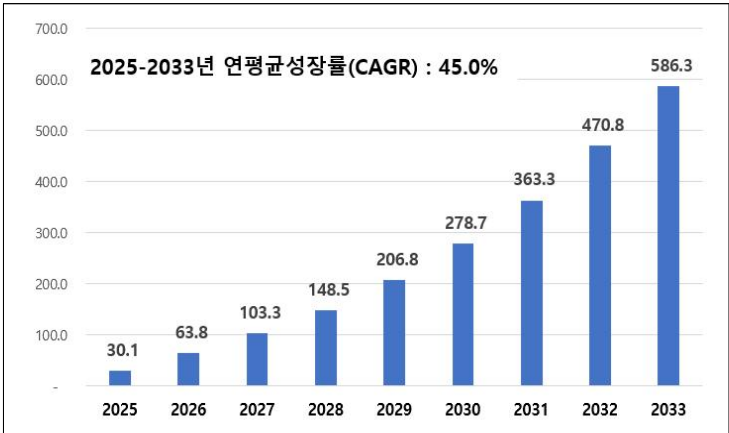
[그림 3-12] 2019~2024년 글로벌 UAM 시장 규모(판매액 기준)
(단위: 억 달러)



자료: IMARC Group(2024)

- 세계 UAM 시장은 2025년 30억 1,000만 달러에서 2033년 586억 3,000만 달러까지 연평균 45.0%씩 성장할 것으로 전망(그림 3-13 참조)
- 항공우주 기업, 자동차 기업, 기술 기업, 벤처투자자, 정부 등이 UAM 각 분야(기체 개발, 운용, 인증, 인프라 구축 등)에 대규모 투자를 하고 있는 상황
- 시장 내의 이해관계자들(각 기업 및 정부)이 전략적 제휴를 통해 시장의 생태계가 지속적으로 성숙되고 있으며, 이는 상용화 속도를 높이는 요인이 됨
- UAM의 높은 지속가능성은 UAM 시장 성장을 견인하는 중요한 핵심 동력임. UAM의 기체인 eVTOL 배출가스가 없고, 헬리콥터에 비해 소음도 적다는 특징이 있음. UAM은 각국의 탄소저감 목표에 부합하는 교통수단으로 기능

[그림 3-13] 2025~2033년 글로벌 UAM 시장 규모 전망(판매액 기준)
(단위: 억 달러)

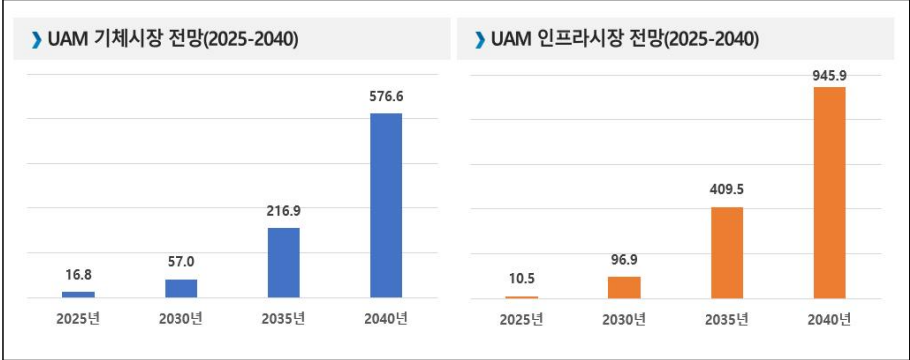


자료: IMARC Group(2024)

- 한편, Markets and Markets(2025)는 2024년의 글로벌 UAM 시장이 45억 9,000만 달러 규모라고 계산하였고 2030년에는 234억 7,000만 달러 규모까지 연평균 31.2%씩 성장할 것으로 전망
 - 이와 비슷하게, Grand View Research(2024)는 2024년의 글로벌 UAM 시장은 49억 9,000만 달러 규모라고 계산하였고 2030년에는 291억 9,000만 달러 규모까지 연평균 34.2%씩 성장할 것으로 전망
- 항공정보포털시스템(2025)에 따르면, UAM의 부문 사업인 기체 및 인프라 시장도 2040년까지 꾸준히 고도성장할 전망(그림 3-14 참조)
 - (기체 시장) 기체(제작) 시장은 UAM 시장의 9.5%를 차지하며, 2040년 576억 6,000만 달러 규모까지 성장할 것으로 전망
 - (인프라 시장) 인프라 시장은 UAM 시장의 16%를 차지하며, 2040년 945억 9,000만 달러 규모까지 성장할 것으로 전망

[그림 3-14] UAM 기체, 인프라 분야 시장 전망(2025~2040)

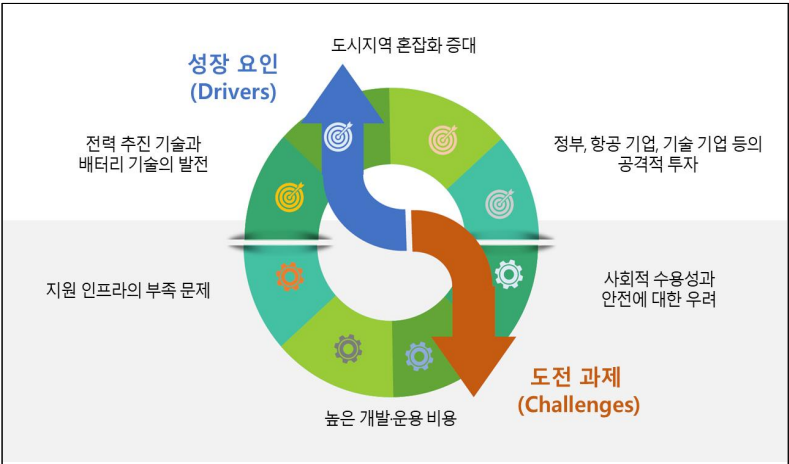
(단위: 억 달러)



자료: 항공안전기술원(2020), 항공정보포털시스템(2025)의 내용을 재인용

- IMARC Group(2024)에 따르면, 세계 UAM 시장의 성장을 견인하는 요인(Drivers)과 UAM 시장이 장기적으로 극복해야 할 도전 과제(Challenges)는 각각 3가지씩으로 정리됨(그림 3-15 참조)

[그림 3-15] 글로벌 UAM 시장의 주요 성장 요인과 도전 과제



자료: IMARC Group(2024)의 자료를 번역

- 세계 UAM 시장의 급속한 성장에 따라, UAM 시장의 주요 주체들은 다음과 같은 경쟁 전략을 채택하여 시장 선도를 위한 경쟁에 나서고 있음 (IMARC Group, 2024)
 - (전략적 제휴 및 생태계 협력) 항공기 제조사, 배터리 제조사, 공항, 통신사, 정부 등 관계 기업·기관과의 다자간 제휴 및 협력 관계를 맺고 상용화를 추진
 - (기체 개발, 시험 및 인증 가속화) 주요 주체들은 기체 개발 및 운항에 필요한 시험과정, 인증에 적극적으로 투자하며 상용화를 준비
 - (서비스 포트폴리오의 다각화) 선도 기업들은 단순 승객 운송뿐 아니라 화물 운송, 응급의료 서비스, 공항 셔틀, 라스트마일 물류, 관광용 기체 등 UAM 서비스 영역 다각화를 시도
 - (가치사슬 전반의 수직적 통합) 주요 기업들은 디자인, 개발, 배터리, 운항 서비스, 버티포트 등 UAM 관련 주요 요소를 하나의 생태계로 통합하고 있음
 - (글로벌 노선 및 시장 확장) 아태지역, 중동, 중남미 등 세계 각 지역의 혼잡도 높은 대도시를 대상으로 시장을 확장, 신규 노선을 발굴하고 있음
 - (브랜드 가치 제고) 주요 기업들은 안전성, 높은 지속가능성, 혁신 역량을 강조하며 자사의 브랜드 가치와 UAM에 대한 사회적 수용성을 향상시키고 있음
 - (자율 운항, 배터리 혁신, 교통 관리에 대한 투자) 투자를 통한 기술 혁신은 운용 범위의 확장 및 비용 절감 등에 기여 가능

□ (주요 사업자) UAM 시장의 주요 기업 목록

- (세계의 주요 기업 목록) AAM 실현 지수(ARI, AAM · Reality Index) 랭킹의 상위권 기업들이 UAM, AAM 시장을 선도하는 것으로 해석
 - 미국의 시장 컨설팅 기업 SMG Consulting은 세계 주요 AAM 기업들의 투자 자금 규모, 팀의 역량 수준, 기체의 기술 준비 수준, 기체의 인증 진

행 상황, 양산화 준비 수준 등을 평가해서 랭킹을 산정

- AAM의 경쟁력을 산정하는 지표이지만, UAM 기술력 및 경쟁력이 지표의 핵심이 되고 있으므로 UAM 기술력과도 높은 상관관계를 가진다고 볼 수 있음
- <표 3-13>은 AAM 실현 지수 상위 25개 기업을 정리한 목록표. 미국 기업은 11개사, 중국 기업은 8개사이며, 독일과 일본이 각각 2개사, 브라질과 프랑스는 각각 1개사가 등재되어 있음
- 다만 공개된 정보 및 SMG Consulting의 자체 기준에 따라 산정한 랭킹이므로, 각 기업의 모든 역량 및 경쟁력을 반영한다고 볼 수는 없음. 이에 따른 해석상의 주의가 필요

<표 3-13> AAM 실현 지수 상위 25개 기업 목록(2025년 10월 기준)

기업	ARI	주요 활용 분야	국가
EHang	8.5	관광, 응급의료, 소방, 에어택시	중국
Beta Technologies	8	화물, 지역 간 수송, 에어택시	미국
Joby Aviation	8	에어택시	미국
Volocopter (Wafeng Diamond)	7.9	에어택시, 관광, 응급의료, 화물	독일 / 중국
Archer	7.8	에어택시	미국
Eve Air Mobility	7.6	에어택시	브라질
AutoFlight	7.5	화물, 에어택시	중국
Robinson	7.5	응급의료, 화물	미국
Aerofugia	7.4	에어택시, 화물, 관광	중국
Wisk(Boeing)	7.4	에어택시	미국
Volant Aerotech	7.2	에어택시, 응급의료, 관광	중국
Vertical Aerospace	7.2	에어택시, 화물, 응급의료	영국
SkyDrive	7	에어택시, 관광, 응급의료	일본
ZEROG	6.8	관광, 응급의료, 수색구조, 에어택시	중국
Ascendance	6.2	지역 간 수송, 화물	프랑스
TCab Tech	6.2	에어택시, 관광	중국

기업	ARI	주요 활용 분야	국가
REGENT	6.1	지역 간 수송	미국
Heart Aerospace	5.9	지역 간 수송	미국
Electra	5.9	지역 간 수송, 화물	미국
Honda Motor Company	5.5	에어택시	일본
Supernal	5.5	에어택시, 화물	미국
Vertaxi	5.5	관광, 에어택시, 응급의료, 화물	중국
eAviation (Textron)	5.4	응급의료, 에어택시, 화물	미국
Vaeridion	5.3	지역 간 수송	독일
Jaunt Air Mobility	4.4	에어택시, 화물	미국

자료: SMG Consulting(2025), AAM Reality Index(2025년 10월 기준)

- SMG Consulting은 기체뿐 아니라 버티포트 등 AAM을 위한 인프라 준비 정도를 AAM 인프라 준비 지수(AIR Index, AAM Infrastructure Readiness)로 산정하여 평가하고 있음
- 투자 자금 규모, 팀의 역량 수준, 생태계 구축을 위한 파트너십, 규제 대응에 대한 진척도, 버티포트 네트워크 구축 수준 등을 평가해서 랭킹을 산정
- <표 3-14>는 AAM 인프라 준비 지수 상위 13개 기업을 정리한 표. 미국 4개사, 영국과 아랍에미리트가 각각 2개사, 이탈리아, 프랑스, 스페인, 독일, 스웨덴 등이 각각 1개사가 등재되어 있음

〈표 3-14〉 AAM 인프라 준비 지수 상위 13개 기업 목록(2025년 10월 기준)

기업	주요 파트너사	시범·상용화 지역	국가
Skyports	Archer, Beta Technologies, Eve Air Mobility, Joby Aviation, Vertical Aerospace, Volocopter, Wisk	두바이, 아부다비, 뉴욕	영국
UrbanV	Ascendance, Eve Air Mobility, Volocopter	로마, 코트다쥐르, 베네치아, 볼로냐	이탈리아
Groupe ADP	Eve Air Mobility, Volocopter	파리, 뉴욕	프랑스
VertiPorts by Atlantic	Archer, Beta Technologies, Eve Air Mobility, Joby Aviation, Vertical Aerospace	미국 북동부, LA, 샌프란시스코, 마이애미	미국
Bluenest	Crisalion, Ehang, Eve Air Mobility, Supernal	안달루시아, 코스타리카, 카나리아 제도	스페인
Urban-Air Port	Nalwa Aero, Supernal	새크라멘토, LA, 스티븐빌	영국
Air Chateau	Archer	아랍에미리트, 몰디브	UAE
Clay Lacy Aviation	Archer, Joby Aviation, Supernal	오렌지 카운티, 밴나이즈	미국
Munich Airport International	-	바이에른 지역	독일
Jetex	Archer, Eve Air Mobility, Joby Aviation, Volocopter	두바이, 아부다비, 마이애미, 싱가포르, 파리	UAE
Signature Aviation	Archer, Beta Technologies, Eve Air Mobility, Wisk	뉴욕, 시카고 오헤어, 오클랜드	미국
Skyway	Eve Air Mobility, Traverse Aero	텍사스, 캘리포니아	미국
Kookiejar	Crisalion, Eve Air Mobility, LYTE Aviation	뉘셰핑, 두바이, 모나코	스웨덴

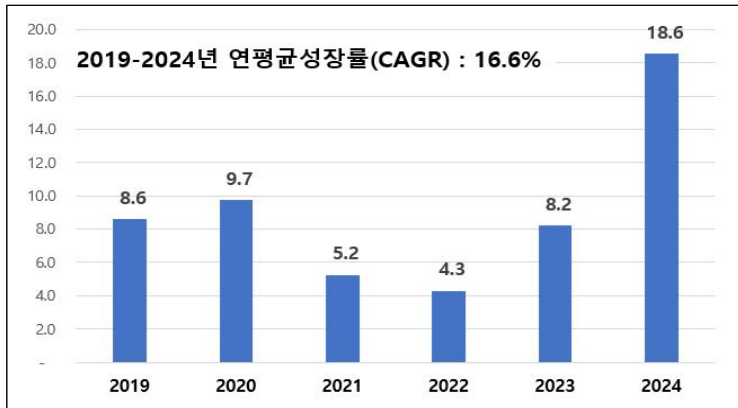
자료: SMG Consulting(2025), “AAM Infrastructure Readiness Index”(2025년 10월 기준)

- (국내 시장 현황 및 전망) IMARC Group(2024)은 2024년의 국내 UAM 시장이 1,860만 달러 규모라고 계산하였고, 2033년 10억 8,640만 달러

규모까지 성장할 것으로 전망

- 2019년의 국내 UAM 시장은 860만 달러 규모에 해당하나, 2024년에는 1,860만 달러 규모까지 6년간 연평균 16.6%씩 성장하였음(그림 3-16 참조)

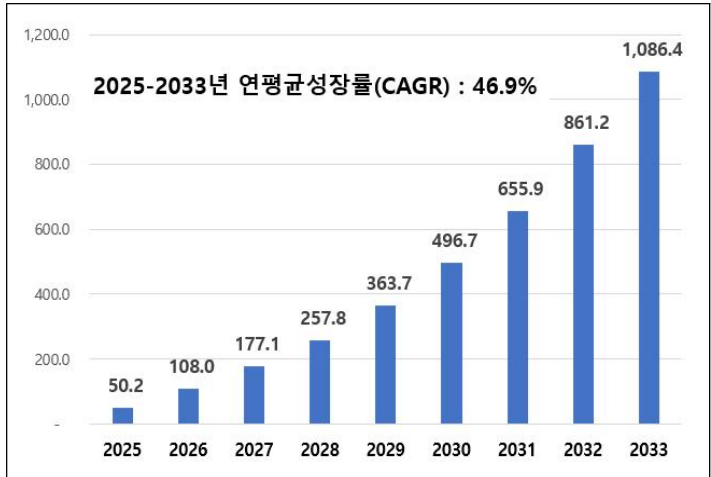
[그림 3-16] 2019~2024년 국내 UAM 시장 규모(판매액 기준)
(단위: 백만 달러)



자료: IMARC Group(2024)

- 국내 UAM 시장은 2025년 5,020만 달러 규모에서 2033년 10억 8,640만 달러 규모까지 연평균 46.9%씩 성장할 것으로 전망(그림 3-17 참조)
- 정부 주도의 UAM 시장 육성 정책과 높은 도시화율로 인한 교통혼잡 문제 등이 한국의 UAM 시장 도입을 앞당기는 배경
- 한국의 주요 재벌들도 eVTOL 자율 운항 기술, 배터리 시스템, 플랫폼 등에 대규모 투자를 하고 있음
- 선도적인 5G 네트워크, 디지털 인프라, 스마트시티 프로젝트 등은 UAM 운용 상용화를 지원하는 주요 요소임. 따라서 2030년대 초반경에는 서울에서 UAM 운항 상용화가 시연될 것으로 전망

[그림 3-17] 2025~2033년 국내 UAM 시장 규모 전망(판매액 기준)
(단위: 백만 달러)



자료: IMARC Group(2024)

- (국내 주요 기업·기관 목록) 국토교통부의 ‘K-UAM Grand Challenge’ 실증 사업에 참여하는 5개 컨소시엄에 소속된 기업·기관이 국내의 UAM 사업을 선도하고 있음
 - <표 3-15>에 K-UAM Grand Challenge에 참여하는 기업 및 기관들을 소개. 각 컨소시엄에서 현대차, SK텔레콤, LG유플러스, 롯데, 대우건설 등이 각 컨소시엄의 대표기업 역할을 수행
 - 각 컨소시엄에 참여하는 기업은 기체 개발사, 건설사, 통신사 등 다양한 분야의 기업들이 포함되어 있는데, 이는 UAM 시장 생태계의 범위가 넓다는 특성과 결부됨
 - 국내 통신 3사(KT, SK텔레콤, LG유플러스)가 모두 컨소시엄에 참여한다는 점에서 UAM 분야에서 통신 기술이 핵심적 요소라는 점을 시사

〈표 3-15〉 K-UAM 그랜드 챌린지 참여 컨소시엄 및 기관 목록

참여기업·기관	기체 개발	추진 방식	강점
현대차 KT, 대한항공, 현대건설, 인천국제공항공사	현대 (美 Supernal)	수소 연료 전지	차량 개발 수소동력 개발 노하우
SK텔레콤 한화시스템, 한국공항공사, 한국기상산업기술원, 한국국토정보공사	한화시스템 (美 Overair)	전기	통신망 활용 운항·교통관리시스템 구축
LG유플러스 카카오모빌리티, 파블로항공, 제주항공, GS칼텍스, GS건설, 버티컬 에어로스페이스	英 버티컬 에어로스페이스	전기	드론 전문기업 협업 주유소 부지활용 버티포트
롯데 롯데렌탈, 롯데건설, 롯데정보통신, 모비우스에너지, 민트에어	美 스카이웍스 에어로노틱스	전기	유통·관광 인프라 연계
대우건설 한국교통안전공단, 휴맥스, 켄코아에어로스페이스, 아스트로엑스	켄코아에어로 스페이스	전기	안전관리 및 산업지원 전문 공공기관 협업

주: 컨소시엄의 대표기업은 볼드체

자료: 항공정보포털시스템(2025), “도심항공교통” <http://www.airportal.go.kr/airplane/uamKo.do>(2025. 10. 27. 검색)

- 〈표 3-15〉에 제시된 기업·기관 이외에도 국토교통부 등의 정부 부처, 한국항공우주연구원(KARI), 한국과학기술원(KAIST) 등 공공기관 및 서울, 부산, 광주 등 지자체들도 국내 UAM 생태계의 주요 주체라고 볼 수 있음

□ (관련 이슈) UAM 시장 및 관련 기술에 대한 주요 이슈는 아래와 같음

○ 사회적 수용성 문제

- UAM은 새로운 종류의 교통수단으로서, 도시에 안착하여 상용화되기 위해서는 일정한 사회적 수용성을 갖춰야 할 필요

- EASA(2021)는 UAM의 유럽연합의 주민들 대상으로 UAM에 대한 설문조사를 수행하였으며, 이들은 UAM이 안전 문제, 환경 및 소음 문제, 보안 문제 등을 우려한다고 응답함
- 위의 문제에 대해 기성 항공교통수단의 안전 수준을 벤치마킹할 것(안전), 야생동식물 보호를 우선할 것(환경), 기존 도시 소음 수준 이하를 유지할 것(소음), 보안 문제에 대한 시민들의 신뢰를 구축할 것(보안) 등의 해결 방안이 제안됨
- 이 밖에도 버티포트가 기피 시설로 간주되어 님비현상이 발생할 가능성, 비싼 운임으로 인해 수요 창출이 제약될 가능성 등 제시(장세원 외, 2021; 이관중·김채린, 2023; Lotz et al., 2023)
- 일련의 수용성 저해 요인에 대한 대책을 마련하고, 이용자들의 신뢰성을 구축하는 것이 UAM 수용성 제고를 위해 필수적
- 고용 부문에 대한 영향
 - UAM 상용화가 고용시장에 일정한 충격을 줄 가능성 제시. UAM이 신규 일자리를 창출할 가능성이 제시되는 반면, 기존 교통·운송 시스템을 대체하면서 관련 업종의 고용 수요가 축소될 것이라는 우려도 함께 지적됨(EASA, 2021; 한국노동연구원, 2023)
 - 한국노동연구원(2023)은 UAM 상용화에 따른 시나리오별 고용 창출 및 감소 효과를 분석하였으며, UAM 필요 인력에 대한 육성 전략(전문인력 양성 계획, NCS 개발·훈련 체계 마련, 자격체계 구축 등)과 일자리 감소 업종에 대한 노동 전환 로드맵이 필요하다고 제안
- 표준화 선점 경쟁
 - UAM 시장이 새롭게 대두되면서 글로벌 표준을 선점하기 위한 각 국가 및 기업들의 경쟁 구도도 격화되고 있음. R&D를 통해 UAM 구성요소들에 대한 표준을 선점하면 기술료 수익을 창출하는 등 시장의 지배력을 강화할 수 있기 때문(문우춘, 2024)

- 김상호(2021)는 한국 UAM 산업의 표준 개발에 대해 3가지의 전략을 제시하였음. ① 국제 표준과의 부합화, ② 분야별 단계적 개발의 추진, ③기술 성숙도별 단계적 개발 등임. 또한 국내외 표준화 활동에 참여할 수 있도록 정부의 지원책 마련이 필수라고 강조

○ 버티포트 등 관련 인프라의 구축

- UAM 운영을 위해서는 운영에 수반되는 인프라의 구축이 필요한데, 특히 가장 핵심적인 시설이 바로 버티포트(Vertiport)임
- 버티포트 이외에도 항행·통신·전력(충전) 설비, 관제시스템, 보안·관련 설비, 3D 정밀지도 등을 관련 인프라로 간주할 수 있음(한국전자기술연구원, 2022)
- 이러한 인프라를 효율적으로 확충·배치하여 운영하는 것이 UAM 상용화를 위한 선결 조건
- 국토교통부 등 정부 관계 부처는 지난 2020년, UAM 인프라에 대해 “버티포트 구축 및 운용 시스템 분야”, “버티포트 보조설비 시스템 분야”, “특화도시 분야” 등으로 나누어 발전을 지원하는 기술 로드맵을 발표한 바 있음(국토교통과학기술진흥원, 2020)

○ UAM 운항 관련 법률·규제 체계의 개선 및 정비 필요

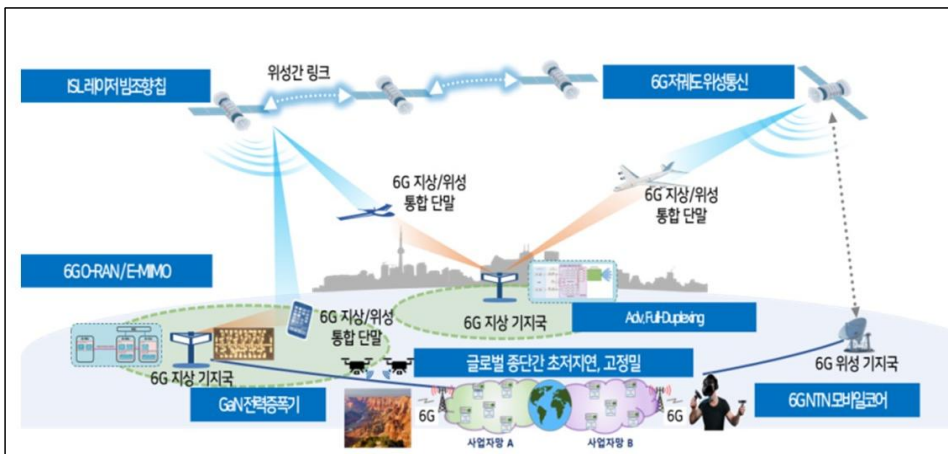
- UAM의 회랑은 서울의 P-73 등 비행금지구역을 우회하여 설정해야 하며(이영재 외, 2023), UAM의 실증 및 상용화 과정에서 기존의 군사 및 보안 규제 등과 충돌할 가능성이 있음
- 한국법제연구원(2024)은 2023년 지정된 「도심항공교통법」이 UAM 산업 육성을 위한 법률적 근거가 된다고 평가하면서도, 법안의 성격이 상용화가 아니라 실증사업 및 시범운용에 초점이 맞춰져 있다고 지적
- 또 한국법제연구원은 관련 법률인 「항공안전법」, 「항공사업법」, 「공항시설법」, 「항공보안법」 등의 규제를 대체할 수 있도록 안전장치를 마련할 것, UAM을 넘어 AAM 전체를 규율 대상으로 확장할 것 등을 제언

3. 6G와 UAM

□ (역할) UAM에서 6G 통신 기술의 역할

- UAM 운용에서 기체의 관제·제어 및 승객 대상 인포테인먼트 제공을 위해 6G 등 차세대 통신 기술이 필요(6G 포럼, 2023)
- 현재 상용화된 5G 통신기술도 UAM 운항에 사용될 수 있으나, 향후 본격적인 상용화 단계에서는 이보다 고도화된 6G 통신 기술의 도입이 필수적일 것으로 전망됨(Ansari et al., 2021)
- [그림 3-18]은 6G 입체통신 기술이 UAM과 상호작용하는 구조를 보여줌

[그림 3-18] 6G 입체통신 구조 개념도



자료: 한국전자통신연구원 보도자료(2023)

□ 6G 통신 기술이 가진 각 특성은 UAM의 운용 및 상용화에도 중요한 역할

- 각 특성은 크게 기술 관점, 보안 및 신뢰성 관점, 응용 및 운용 사례 관점 등으로 분류가 가능(표 3-16 참조)

〈표 3-16〉 6G 통신 기술이 UAM 운용에 기여하는 특성 요약

관점	특성	설명
기술 관점	초고속성	• 기체, 관제소, 관련 시설 간의 실시간 통신을 지원 • 비행경로, 영공관리, 기상조건 등을 지속적으로 업데이트하여 운항의 안전성과 효율성 제고
	고안전성	• 안전성 높은 통신은 실시간 의사결정 및 제어에 활용 • 도심 밀집지역 상공에서 기체 간 충돌방지, 안전항법 등을 실현
	고처리량	• 대용량 정보 처리 가능 • 날씨, 항공 교통상황, 내비게이션 자료 등을 원활하게 공유
	고효율 전파	• 더 많은 자료를 동일 주파수 스펙트럼에서 전송하는 것이 가능 • 간섭 없이 신뢰할 수 있는 통신이 보장되어 안전성과 운영 효율성이 향상
	초저지연	• 0.1ms(무선 구간) 이하의 초저지연 연결이 가능 • 실시간 의사결정과 제어를 지원하며 또한 도시의 동적인 공간에서의 안전성, 신뢰성 등을 향상
	네트워크 슬라이싱	• 네트워크 슬라이싱은 UAM 작업을 위한 우선순위를 설정하며 추후 AI와 통합을 가능케 함
	엣지 컴퓨팅	• 엣지컴퓨팅(Edge Computing)은 기체에 탑재된 센서 자료의 실시간 처리를 지원
보안· 신뢰성 관점	고보안성	• 6G 통신 네트워크는 강화된 보안 프로토콜을 가짐 • UAM 간 통신 링크를 보호하고 비행 시스템에 대한 무단 접근을 방지
	고신뢰성	• 6G 통신 네트워크는 가용성이 99.9%에 근접하는 등 높은 신뢰성을 요구 • 높은 신뢰성은 UAM이 도심 영공에서 안전하고 중단 없는 운영을 할 수 있도록 보장
	고복원력	• UAM 운항에서는 다양한 전자기파 노출, 기상 조건과 같은 간섭에 직면 • 빔포밍, MIMO 및 간섭 관리와 같은 첨단 기술을 가진 6G 통신의 복원력으로 운영 안정성을 보장
응용· 운용사례 관점	스마트시티 통합	• 6G 통신을 사용하는 UAM은 지상 혼잡을 줄이고 더 빠른 기체간 교통을 제공 • 도시 교통 네트워크의 원활한 운영을 지원
	IoE 통합	• 기체에 탑재된 IoE 센서는 대기의 질, 기상 조건, 교통 패턴 등에 대한 자료를 수집 및 전송 • 내비게이션에 조정사항을 실시간으로 전달 • UAM 운항의 안전 및 효율성 제고

자료: 정보통신기획평가원(2024), “6G 이동통신과 UAM의 융합” 내용 재정리

□ (과제) 6G 기술이 UAM 운용에 적용되기 위한 과제들

- UAM을 위한 통신 네트워크를 설계할 때 직접통신, 지상통신, 위성통신 등이 하나로 통합된 구조로 구성해야 함. 지역·상황에 따라 각 통신시스템은 보완적인 기능을 수행(Al-Rubaye et al., 2024)
 - (지상 통신) 도시 지역에서 일반적인 운용을 할 때 사용. 도시 내에는 촘촘한 통신 커버리지가 구축되어 있으므로 이를 토대로 UAM에 필요한 통신 서비스를 제공
 - (위성 통신) 교외 및 농촌 지역, 고고도에서의 운용 등에는 지상망 커버리지가 한계가 있으므로 위성통신 시스템을 활용
 - (직접 통신) 특수 임무 및 다른 통신이 불가능한 경우에 직접통신(VHF, UHF)을 사용
 - 고성능 UAM 기체는 지상·위성통신을 모두 지원할 필요가 있음
- Ansari et al.(2021)은 6G 통신 기술을 활용한 UAM 운용을 위해 공중 무선 네트워크(Airborne Wireless Network)를 구축하는 과정에서 해결해야 할 주요 과제들을 다음과 같이 제시
 - (공역 통제 시스템의 확장) 기존 항공 교통 시스템은 대형 항공기 중심의 설계구조. UAM 등을 포괄할 수 있도록 확장 및 통합이 필수
 - (사이버 보안 강화) 공중에서의 통신을 사이버공격으로부터 보호할 수 있도록 설계할 필요. GPS 스푸핑, 데이터 조작 등은 안전성을 심각하게 위협할 수 있음
 - (간섭 및 에너지 효율 문제) 공중 단말장치(Aerial User Equipment)는 주파수 간섭에 취약하며, 배터리 제약도 큼. 3차원 공간에서의 주파수 설계 및 스펙트럼 최적화가 필수

4. AI와 UAM

- (AI의 역할) AI 기술은 UAM에서 자율비행, 교통관리, 보안 서비스 등의 목적으로 활용 가능(정보통신기획평가원, 2021)
 - (자율 비행) UAM 상용화 및 기술 발전에 따라 조종사 없이 자율비행하는 시스템이 정착될 전망
 - 상용화 초기 10여 년간은 기술 개발 진행 및 이용자의 수용성 등을 고려하여 조종사가 탑승할 것으로 예상되나, 이후에는 자율비행 정착 예정
 - UAM 운임에는 조종사의 인건비가 큰 비중을 차지. 자율비행으로 전환 시 운임 비용이 크게 절감될 것으로 예상(초기 3,000원/1km → 자율비행 시 500원/1km 수준)
 - AI 기반 상황인식, 안전한 운항 경로 설정, 충돌회피 시스템 등 자율적으로 가능
 - (항공교통관리) 기존 항공교통관리 시스템 기반으로 AI를 이용한 UAM 항공교통관리 기술이 개발되어 도입
 - 초반에는 유인 교통·공역 관리 시스템으로 운영되나 장기적으로는 데이터와 인공지능에 기반한 자동화·자율화 체제로 이행
 - 중장기적으로, 비행·운항·기상·재난 등 관련 정보를 총괄 모니터링 및 관리할 수 있는 통합 플랫폼 운영
 - 기체정비·버티포트 운용 등 인력배치, 부품재고 관리, 빅데이터·실시간 모니터링 기반 MRO 주기 예측 등의 자율화가 이뤄짐
 - (보안 검색) AI 기반으로 간소하고 신속한 보안 검색 기술이 적용될 전망
 - 항공 교통의 특성상 보안 검색은 필수적이거나 UAM은 특성상 이동시간이 20분 내외로 짧음. 따라서 이용객 신원확인, 휴대품 확인, 위험물품 검색 등의 기본적인 절차만 수행
 - 신원이 확실한 이용자나 공항 셔틀 이용자 대상은 검색 면제 등의 병행도

논의될 수 있음

- 이 외에 승객 대상 서비스, UAM 기체 제조 및 관리, 버티포트 운영 등에도 AI 기술이 적용될 수 있으며, AI는 기술 발전과 함께 UAM 생태계의 핵심적 역할을 할 것으로 예상됨
- (과제) AI 기술을 UAM에 도입하려면 자율비행에 대한 수용성 개선, 법률·제도의 개선 등이 필요
 - (수용성) 조종사가 기체에 함께 탑승하지 않는 경우, 승객들의 이용 의향이 현저하게 낮아지는 문제(박선욱·김명현, 2020)
 - 자율주행이 아닌 외부에서의 원격조정일 때도 거부감이 높게 나타나는데, 이를 볼 때 조종사가 탑승하지 않는 ‘무인화’에 대한 승객들이 거부감이 큰 것으로 분석
 - (법률 및 제도 측면) 현행 항공법 체계는 전통적인 유인 항공기를 기준으로 설계가 되어 있음. UAM과 같은 자율운항 기체의 사용과 맞지 않아 개선 및 재정비가 요구됨(김은빈, 2025)
 - 감항성(Airworthiness) 기준의 개정, 등록 및 인증 절차 정립, 법적 책임 체계의 명확한 구축, 국제규범과의 정합성 확보 등이 주요 과제가 될 수 있음
 - (기술적 측면) 자율비행·교통관리의 자동화를 위해서는 AI 등 첨단 기술의 접목이 필수적. 그러나 국내의 관계기술 역량은 저조한 상황(한국전자기술연구원, 2022)
 - 자율비행, 고밀도 운항, 이착륙 및 지상 이동 자동화 등 UAM 운용 전 주기에 걸친 자율화·자동화 추진을 위한 R&D 추진이 필요

제 3 절 디지털 트윈

1. 디지털 트윈의 정의 및 분류, 유사개념과의 차이

□ (정의) 디지털 트윈(Digital Twin)에 대한 정의

- 관계부처합동(2021. 9. 6.)은 디지털 트윈을 “현실 세계의 사물을 가상 3D 모델로 쌍둥이(Twin)처럼 구현, 실시간으로 동기화하여 시뮬레이션을 통해 얻은 관제·분석·예측 등의 결과를 실제 의사결정에 활용하는 기술”로 설명
- 한국산업기술기획평가원(2025)은 디지털 트윈을 “현실의 물리적 객체, 프로세스, 시스템 등을 디지털 공간에 가상으로 동일하게 구현한 모델이며, 실제 시스템과 같은 환경을 구현하여 시뮬레이션이나 분석 등이 가능하게 하는 디지털 기술”로 정의
- 정보통신기획평가원(2024)은 디지털 트윈을 “물리적 객체, 시스템 등을 디지털 공간에 복제하는 기술로, 제조공정 최적화, 건물 및 도시 관리 등으로 이용이 가능한 기술”이라고 해설하였으며, 6G의 센싱이나 통신 통합 기능과 결합해 디지털 트윈 기술의 발전이 가속될 것으로 전망
- Next G Alliance(2025)는 디지털 트윈을 “물리적 실체가 있는 사물, 인물, 체계, 과정 등을 디지털 세계에 복사한 것을 의미하며, 시뮬레이션 등을 통해 더 나은 의사결정을 돕는 기술”로 규정
- McKinsey & Company(2024)는 “실제 사물, 시스템, 환경 등의 디지털 복제본을 형성하는 기술로, 분석·최적화 등을 수행하는 목적으로 활용됨”이라고 분석. “특히 6G 시대에 돌입하면서 디지털 트윈 관련 역량은 이전보다 크게 높아질 것”으로 예측
- 위의 정의들을 정리하면, 디지털 트윈 개념을 다음과 같이 종합할 수 있음
- 현실의 사물, 시스템 등의 특성을 반영하여 디지털 세계에 정교하게 복제

하는 기술로 실시간 동기화를 통해 지속적인 복제본을 구현

- 복제품으로 분석·예측·관제 등을 시행하여 사용자의 정교한 의사결정을 지원
- 6G 통신기술과 결합되며 장기적 발전 가능성이 높은 것으로 전망됨

- (분류) 디지털 트윈(Digital Twin)의 규모, 발전단계, 구현 수준별 분류
- 디지털 트윈은 규모에 따라서는 다음 구성요소 트윈, 자산 트윈, 시스템 트윈, 프로세스 트윈 등 4가지 형태로 분류 가능(표 3-17 참조)

〈표 3-17〉 디지털 트윈의 규모별 분류 기준

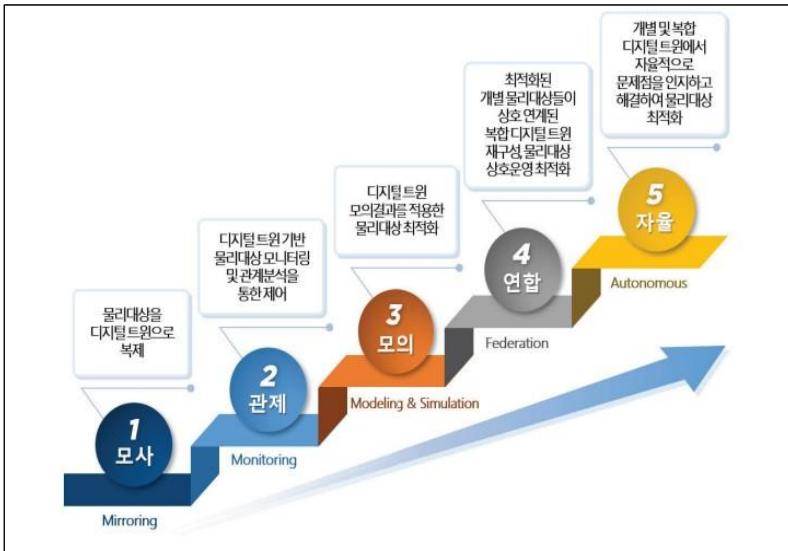
규모 수준	설명
 구성요소 트윈 (또는 부품 트윈)	디지털 트윈의 기본단위이자 가장 작은 규모의 예시. 구성요소의 가상화를 통해 모니터링, 시뮬레이션 등 실시 가능
 자산 트윈	복수의 구성요소가 함께 작동하는 것을 자산이라고 함. 자산 트윈을 사용하는 경우 구성요소 간의 상호작용을 연구·처리할 수 있음
 시스템 트윈 (또는 유닛 트윈)	서로 다른 자산의 결합을 통해 전체 기능을 수행하는 시스템을 어떻게 형성하는지 나타냄. 시스템 트윈은 자산의 상호작용에 대한 가시성을 제공함은 물론, 성능 향상을 제안할 수 있음
 프로세스 트윈	가장 거시적인 확대 수준이 프로세스 트윈. 시스템 간 상호작용을 조명하여 프로세스 전체의 구성을 보여줌. 전체 생산 구조의 효율성을 연구·분석하여 사용자의 의사결정을 지원. 전체 프로세스의 효율성 향상 및 오류 개선 등을 지원함

자료: IBM(2025), “디지털 트윈이란?”

- 디지털 트윈 기술의 발전 단계별로는 [그림 3-19]와 같이 분류 가능(정보통신기획평가원, 2021)
- 모사(1단계): 실제 세계의 사물, 인물 등을 디지털로 모사하여 시각화된 현실을 구현

- 관제(2단계): 실시간 관제 및 인간의 개입하에 부분적인 자동제어로 동작을 수행
- 모의(3단계): 디지털 트윈 모의 결과를 적용하여 물리 대상을 최적화, 현실에서 발생하는 데이터를 통해 문제를 재현하고 원인을 분석
- 연합(4단계): 복합 디지털 트윈의 연계·동기화 및 상호작용, 이종의 도메인이 상호 연계되는 디지털 트윈 간 연합 동작 모델
- 자율(5단계): 디지털 트윈 간 실시간, 통합적 자율/자동 동기화 동작이 가능(사람의 개입이 불필요)

[그림 3-19] 디지털 트윈 기술발전 5단계(LEVEL)



자료: 정보통신기획평가원(2021)

- 디지털 트윈은 구현 정도에 따라서도 3단계로 구분할 수 있음(장윤섭·장인성, 2020)
- 1단계: 현실에 있는 객체의 기본적 특성을 반영한 디지털 객체를 만들어 시각화하고, 이를 통해 사전 시뮬레이션을 할 수 있는 수준

- 2단계: 실제 세계와 연결, 실시간으로 데이터를 공유하며 모니터링 및 제어가 가능한 수준
- 3단계: 인공지능 등으로 고급 분석이나 예측이 가능하고 실제 사물의 제어까지 할 수 있는 수준

□ (구분) 디지털 트윈과 유사·관련 개념과의 구분

- 디지털 트윈은 CPS, 시뮬레이션, 3D 모델링, AR/VR 등 유사·관련 개념과도 특성적으로 구분할 수 있음
- CPS(Cyber-Physical System, 사이버 물리 시스템)는 가상의 디지털 객체를 만든 뒤 시뮬레이션, 예측, 제어 등을 수행하여 운영 최적화에 활용하는 특징으로 인해 디지털 트윈과 본질적으로 같은 개념으로 간주되기도 함(김용운, 2021)
- 그러나 두 개념의 기원이 다르다는 점, CPS는 과학적 개념에 가깝지만 디지털 트윈은 공학적 개념에 가깝다는 점, CPS는 통신·연산·제어 등 3C에 초점을 맞추지만 디지털 트윈은 가상 모델에 초점이 맞춰진 점 등에서 차이점을 구분할 수도 있음(Tao et al., 2019)
- 전재호 외(2018)는 CPS 기술을 실용적으로 구현한 기술이 디지털 트윈이라고 설명
- 김원태 외(2020)는 디지털 트윈이 디지털 기술에 기반하여 CPS를 지원하는 객체에 해당한다고 평가
- 디지털 트윈은 기존의 시뮬레이션과도 구분됨. 디지털 트윈은 시뮬레이션처럼 물리 시스템을 가상환경에서 모형화 및 시뮬레이션하는 수준을 넘어 지속적인 양방향 상호작용과 예측 결과의 실시간 정보 공유 등으로 사용자의 의사결정을 지원하는 개념(Wooley et al., 2023)
- 변승현(2018)은 디지털 트윈은 IoT, 인공지능, 머신러닝 등의 기술과 연계한 고급 시뮬레이션 기술로, 기존의 시뮬레이터가 디지털 트윈과 같은 역

할을 하기 위해서는 기술의 업그레이드가 필요하다고 정의

- 디지털 트윈은 3D 모델링(혹은 3D 데이터)과도 차이가 있음(국토연구원, 2021; ABAB, 2021)
 - 실제 객체를 디지털상에 모사하는 것이 3D 모델링. 3D 데이터는 디지털 트윈을 구성하는 요소이며 3D 데이터와 실제 객체 간의 양방향 데이터 교환 및 상호작용이 있어야 디지털 트윈에 해당
- 증강현실(AR) 및 가상현실(VR) 역시도 디지털 트윈과 구분되는 개념(한국 전자통신연구원, 2022)
 - 증강현실(AR)은 디지털 트윈이 실제와 가상의 두 공간에서 동시에 작동하도록 두 공간을 겹치게 만들 수 있으며, 디지털 트윈 실현을 위한 보완적 요소로서 기능하는 것이 가능
 - 가상현실(VR)은 물리적 개체를 정밀하게 재현하는 디지털 트윈과 달리 인간 사용자의 몰입을 목표로 한다는 점에서 목표와 사용 목적이 상이. 하지만, 디지털 트윈의 시뮬레이션 가시화 차원에서 보완적 기술로 활용할 수 있음
- 디지털 트윈은 관련 기술들과 구분되나 동시에 다른 기술들과 상호작용을 하거나 보완적 역할을 하기도 함

2. 디지털 트윈 시장의 구조, 현황 및 전망

- (생태계) 디지털 트윈의 생태계는 각종 요소기술로 구성되며, 자동화 공급업체, 하이퍼스케일업체, 시스템 통합업체 등의 주체가 참여
 - 디지털 트윈 생태계를 구성하는 요소기술은 <표 3-18>에 정리

〈표 3-18〉 디지털 트윈의 요소기술 목록

기술	내용
사물인터넷	• 물리적 객체의 실시간 데이터 수집과 물리/가상 객체 간 데이터의 원활하고 정확한 양방향 전송 촉진
인공지능	• 새로운 데이터로부터 학습을 촉진하고, 예측 모델을 지속적으로 향상
빅데이터	• 패턴 유추 및 유용한 정보 발굴을 위한 양적 데이터 제공
클라우드	• 센서·다양한 플랫폼으로부터 온 엄청난 양의 데이터를 담아 유연성 및 확장성 지원
5G	• 실시간 정보 전송 능력으로 디지털 트윈의 반응성 향상
증강현실, 혼합현실	• 실제 물리적 환경과 동시에 가상세계의 디지털 트윈 인식 지원
모델링	• 제품, 공정, 시스템 등의 형상을 가상공간에 구현

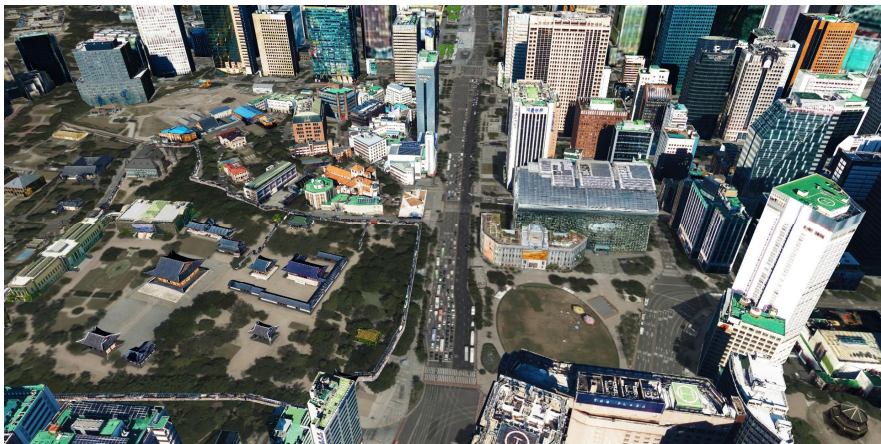
자료: 정보통신기획평가원(2019), “디지털 전환의 핵심 디지털 트윈”

- 디지털 트윈 시장에 참여하는 주요 공급업체(vendor)들은 아래와 같이 분류 가능(Omdia, 2025)
 - 산업용 OEM, 소프트웨어 및 자동화 공급업체: 사물인터넷(IoT) 플랫폼, 3D 모델링 등 디지털 트윈 관련 경험과 역량을 바탕으로 고객사의 디지털 트윈 실현을 지원
 - 하이퍼스케일 업체(Hyperscaler): 대규모 클라우드 인프라 운영을 통해 디지털 트윈에 필요한 인프라를 제공하고, 클라우드 솔루션과의 통합을 지원
 - 메타버스·게임엔진 공급업체: 디지털 트윈 구현에 필요한 그래픽 및 시각화 도구를 제공하며, 디지털 트윈 형성의 접근성을 제고하는 역할을 수행
 - 시스템 통합 업체: 정보기술(IT)과 운영기술(OT) 시스템을 효율적으로 통합하는 것을 지원하며, 디지털 트윈 프로젝트의 복잡성을 줄이는 역할을 수행
 - 클라우드 및 분석 지원업체: 다양한 출처의 데이터를 통합하고 분석함으로써 디지털 트윈 구현을 지원. 지능형 디지털 트윈으로 발전시키는 데 기여
 - 이밖에 정책 당국(기술 표준화, 법·제도 마련 등의 역할), 학계(관련 기술 연구, 지원 정책 제시 등의 역할) 등도 디지털 트윈 생태계의 또 다른 참여

자로 간주할 수 있음

- 디지털 트윈의 대표적인 사용 분야는 다음과 같음(ORBRO, 2025)
 - 제조시설 디지털 트윈: 설비 모니터링 및 최적화, 제품 개발과 시뮬레이션 등에 활용
 - 건설 및 부동산 디지털 트윈: 건축물 모니터링, 도시 계획·시뮬레이션 등에 활용
 - 에너지 관리 솔루션: 스마트 그리드 운영으로 에너지 사용·관리 최적화
 - 헬스케어 디지털 트윈: 환자 모니터링 및 진단, 의료 기기 개발 등에 활용
 - 자동차 및 운송 디지털 트윈: 자동차 디자인 및 테스트, 물류 및 운송 최적화 등에 활용
 - 스마트 빌딩 디지털 트윈: 스마트 미터링 시스템, 환경 모니터링 등에 활용
- [그림 3-20], [그림 3-21]은 각각 서울시와 현대자동차그룹에서 디지털 트윈 기술을 활용한 사례를 보여주고 있음
 - 서울시는 S-Map이라는 공간정보 통합 플랫폼을 통해 서울시 도시 구조를 디지털 트윈으로 재현, 이용자에게 공개
 - 현대자동차그룹은 싱가포르에 HMGICS(Hyundai Motor Group Innovation Center Singapore)라는 디지털 트윈 기반 스마트 공장을 운영

[그림 3-20] 디지털 트윈 사용 예시(서울 S-Map)



자료: 서울특별시 SMAP(smap.seoul.go.kr)

[그림 3-21] 디지털 트윈 사용 예시(현대차그룹 HMGICS)



자료: 현대자동차그룹(www.hyundai.co.kr)

- Markets and Markets(2025)는 글로벌 디지털 트윈 시장 성장에 영향을 주는 동학(Dynamics)을 분석하면서, 시장의 성장요인, 제약 요인, 기회, 도전 과제 등을 제시(표 3 - 19 참조)
 - 일련의 요소들은 시장의 이해관계자들이 전략을 수립하고 실행하여 성과를

거두기 위해 반드시 파악할 필요가 있음

- 또한, 각 요소들이 시장에 미치는 영향의 크기는 단기(2년 이내)와 중기(5년 이내)에 다르게 나타나기도 함. 특히 시장 성장을 저해하는 제약 요인(Restraints)은 중기적 관점에서 영향이 작아질 것으로 전망됨

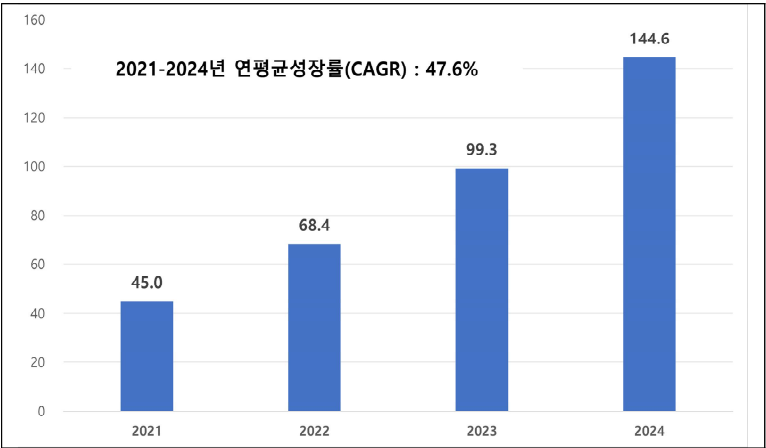
〈표 3-19〉 디지털 트윈 시장의 성장 요인, 제약 요인, 기회, 도전 과제

구분	설명
 성장 요인 (Drivers)	• 신속 디자인과 맞춤형 제조 분야의 혁신 • 실시간 지능을 통한 운영 역량 강화에 관한 관심 증가 • 예측 유지관리 모형의 도입으로 전 산업의 비가동시간 감소
 제약 요인 (Restrains)	• 높은 초기 투자 비용 대비 비용 회수 기간의 장기화 • 데이터 보안 및 개인정보 보호에 대한 우려
 기회 (Opportunity)	• 실시간 시뮬레이션 및 자동화 운영 기반의 스마트 공장 확산 • 스마트 도시 계획에서 새로운 기회를 창출하는 도시 규모 디지털 트윈의 부상 • 사람 중심 디지털 트윈의 발전
 도전 과제 (Challenges)	• 데이터 수집 및 수리적 모형의 복잡성 • 불안정한 네트워크로 인한 실시간 분석 역량 저하

자료: Markets and Markets(2025)의 내용을 번역

- (글로벌 시장 현황) Markets and Markets(2025)는 2024년의 글로벌 디지털 트윈 시장을 144억 6,000만 달러 규모로 계산하였으며, 2030년에는 1,498억 1,000만 달러까지 성장할 것으로 전망
- 2021년 당시 세계 디지털 트윈 시장의 규모는 45억 달러 규모였으나, 2024년에는 144억 6,000만 달러 규모까지 연평균 47.6% 성장하였음(그림 3-22 참조)

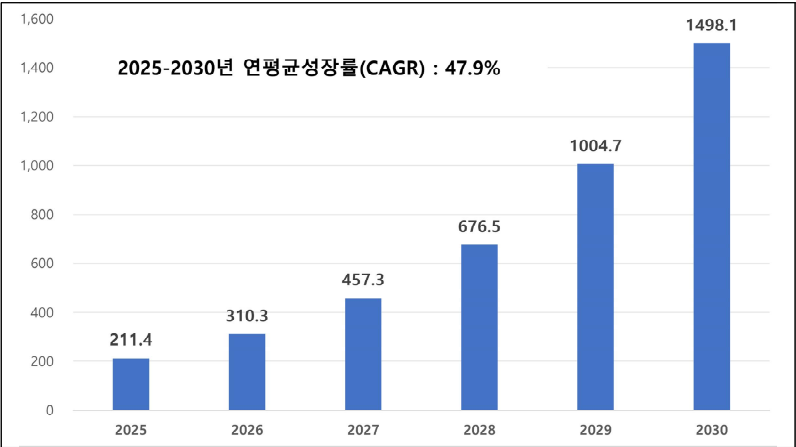
[그림 3-22] 2021~2024년 글로벌 디지털 트윈 시장 규모
(단위: 억 달러)



자료: Markets and Markets(2025)

- 2025년의 글로벌 디지털 트윈 시장의 규모는 211억 4,000만 달러로 예상 되고, 2030년 1,498억 1,000만 달러 규모까지 연평균 47.9% 성장할 것으로 전망됨(그림 3-23 참조)

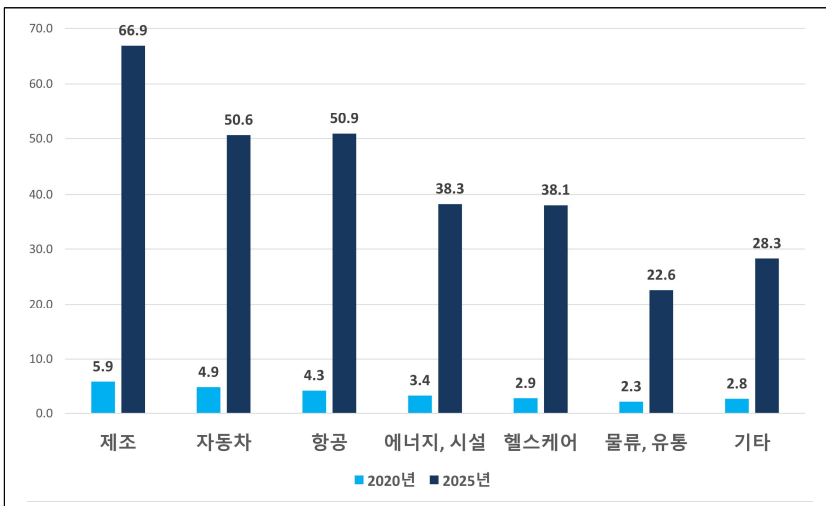
[그림 3-23] 2025~2030년 글로벌 디지털 트윈 시장 규모 전망
(단위: 억 달러)



자료: Markets and Markets(2025)

- BIS Research(2024)는 앞으로 글로벌 디지털 트윈 시장의 규모가 2023년 103억 달러에서 2033년 1조 364억 달러까지 연평균 58.5% 성장할 것으로 전망하기도 함
- Precedence Research(2025)는 2024년 글로벌 디지털 트윈 시장은 198억 달러 규모로 추산했으며, 2025년(275억 3,000만 달러 규모)부터 2034년(4,711억 1,000만 달러 규모)까지 연평균 37.3% 성장할 것으로 예측
- 기관별 시장 분류 기준 및 전망 방법 등에 따라 시장 규모 및 성장률은 차이가 있으나, 많은 기관에서 전 세계 디지털 트윈 시장이 향후에도 높은 성장세를 지속할 것으로 전망
- 산업별 시장 규모를 보면 제조의 규모액(66억 9,000만 달러)이 가장 높고, 항공(50억 9,000만 달러), 자동차(50억 6,000만 달러) 순으로 나타남 (2025년 기준, 그림 3-24 참조)

[그림 3-24] 2020년 및 2025년 세계 디지털 트윈 시장 규모(산업별)
(단위: 억 달러)



주: 2025년은 전망치임

자료: BIS Research(2020), Statista(2024)에서 재인용

- 글로벌 디지털 트윈 시장 구조는 크고 복잡한데, 주요 공급업체(vendor)들의 역할과 주력 분야 등이 차이가 있음(Omdia, 2025)
- 업체 목록 및 특징, 주요 상품 등은 <표 3-20> 참조

<표 3-20> 세계 디지털 트윈 관련 주요 공급업체

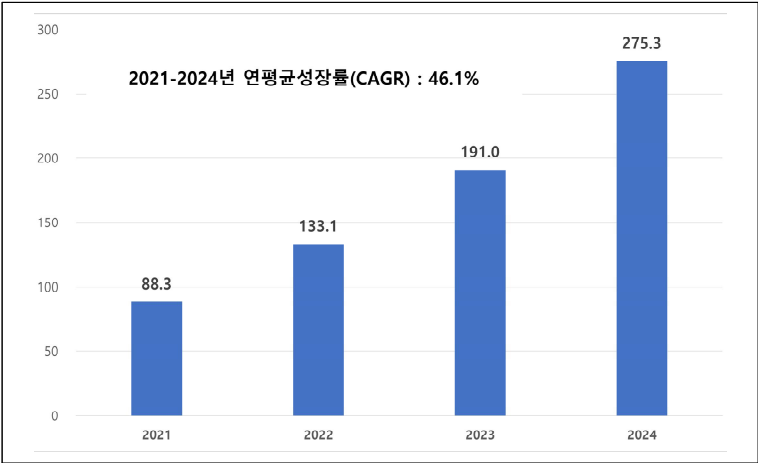
업체	업체별 특징 및 주요 상품
GE Digital	• 선도적 업체 중 하나로, 디지털 트윈 실현에 필요한 각종 소프트웨어 및 플랫폼을 제공 • 주요 상품: Predix, Predix APM, SmartSignal Analytics, Proficiency CSense, Digital Smelter 등
Siemens	• 선도적 업체 중 하나로, 산업용 및 자동화 소프트웨어를 제공하며 세계에서 270개 이상의 공장을 운영하는 제조업체 역할 수행 • 주요 상품: Siemens Xcelerator, Simcenter, Teamcenter, Siemens NX, Siemens Insights Hub 등
Microsoft	• 디지털 트윈 실현을 지원하는 다양한 기술 및 솔루션 포트폴리오를 보유 • 주요 상품: Azure Digital Twins, Azure Synapse Analytics, Azure Digital Twins 3D Scenes Studio 등
AWS	• 비교적 신규 진입자로서 AWS의 다른 클라우드 서비스 및 서드파티 플랫폼과의 통합 등에 경쟁력이 있음 • 주요 상품: AWS IoT TwinMaker, AWS Ground Station 등
NVIDIA	• 디지털 트윈 프로젝트를 위한 다양한 기존 제품 포트폴리오를 가진 업체 • 주요 상품: NVIDIA Omniverse™ Enterprise, NVIDIA® OVX 등
Unity	• 게임개발, 3D 콘텐츠 구현, 제품 시각화 등에 특화된 소프트웨어 제조업체 • 주요 상품: Unity Pro 등
ANSYS	• 시뮬레이션 소프트웨어 제공업체로, 다양한 분야에서 디지털 트윈 기능을 통합하는 역량을 갖고 있음 • 주요 상품: Ansys Twin Builder 등
Dassault Systèmes	• 시각화, 모델링, 시뮬레이션에 적합한 제품을 다양한 산업 분야에 걸쳐 제공 • 주요 상품: 3DEXPERIENCE platform 등
Rockwell Automation	• 디지털 트윈 개발을 지원하는 다양한 시뮬레이션 소프트웨어 솔루션을 제공 • 주요 상품: Emulate3D, Studio 5000® Simulation Interface 등
Atos	• IoT 플랫폼, AI 기능, PLM 등의 다양한 기술 솔루션을 보유한 시스템 통합업체 • 주요 상품: DevOps Digital Twin, Atos Digital Service Twin Configurator 등

업체	업체별 특징 및 주요 상품
Oracle	• 데이터 관리 및 분석에 특화된 다양한 클라우드 기반의 사전 구축 솔루션 포트폴리오를 보유 • 주요 상품: Oracle IoT Intelligent Applications 등
SAS	• 데이터, 분석 도구 분야의 소프트웨어 공급업체로 디지털 트윈과 관련한 다양한 솔루션 제공 • 주요 상품: SAS Analytics for IoT, SAS Event Stream Processing 등
ABB	• 로봇틱스, 자동화, 스마트모션, 전기화 등의 분야에서 솔루션 제공 • 주요 상품: ABB Ability™ Stockyard Management System, RobotStudio® - ABB Robotics Digital Twin 등
IBM	• 기술 산업 분야의 경험이 많고 및 대형 프로젝트 역량 등이 우수 • 주요 상품: MS Maximo Digital Twin, IBM Digital Twin Platform 등
Honeywell	• 자동화 분야에서 많은 경험을 가진 업체 • 주요 상품: Honeywell Digital Prime, Process Digital Twin 등
PTC	• CAD 모델링 기반의 소프트웨어를 보유하고 있으며, 디지털 트윈 구축에 필요한 기술을 통합적으로 제공 • 주요 상품: Creo CAD Software, Windchill, ThingWorx 등

자료: Omdia(2025)의 자료를 재정리

- (국내 시장 현황) Markets and Markets(2025)는 2024년의 한국 디지털 트윈 시장을 2억 7,530만 달러 규모로 계산하였으며, 2030년에는 26억 3,870만 달러 규모까지 성장할 것으로 전망
- 2021년 당시 국내 디지털 트윈 시장의 규모는 약 8,830만 달러 규모였으나, 2024년에는 2억 7,530만 달러 규모까지 연평균 46.1% 성장(그림 3-25 참조)

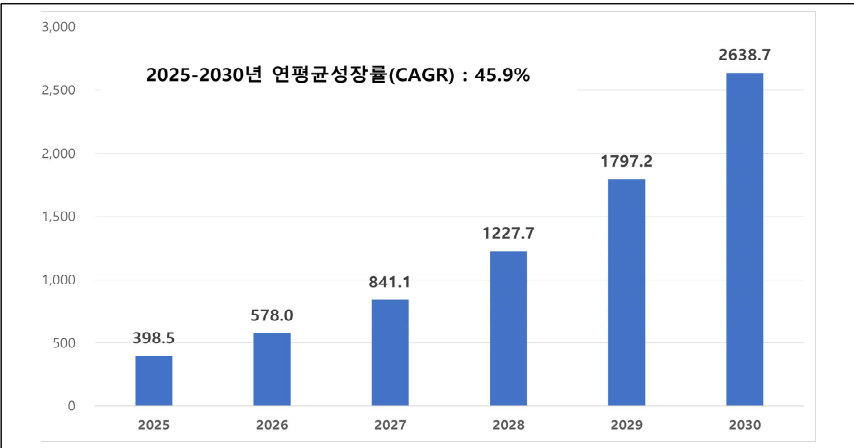
[그림 3-25] 2021~2024년 한국 디지털 트윈 시장 규모
(단위: 백만 달러)



자료: Markets and Markets(2025)

- 2025년의 국내 디지털 트윈 시장의 규모는 3억 9,850만 달러로 예상되고, 2030년 2억 6,387만 달러 규모까지 연평균 45.9% 성장할 것으로 전망됨 (그림 3-26 참조)

[그림 3-26] 2025~2030년 한국 디지털 트윈 시장 규모 전망
(단위: 백만 달러)



자료: Markets and Markets(2025)

- 산업별로 봤을 때, 2024년 기준 디지털 트윈 시장 규모가 가장 큰 분야는 자동차·운송 업종(6,130만 달러)이지만, 보건의료 업종의 디지털 트윈 시장이 연평균 성장률 56.2%로 가장 높은 시장 성장세를 보이고 있음(표 3-21 참조)

〈표 3-21〉 2021~2024년 한국 디지털 트윈 시장의 산업별 규모 (단위: 백만 달러)

산업	2021년	2022년	2023년	2024년	연평균 성장률
자동차·운송	18.6	28.6	41.6	61.3	48.9%
에너지·공공서비스	16.0	24.0	34.0	48.8	45.0%
인프라	10.9	16.7	24.3	35.7	48.8%
보건의료	10.1	16.0	25.5	38.5	56.2%
항공	11.8	17.3	24.0	33.8	42.1%
석유·가스	9.2	13.7	19.2	27.4	43.7%
통신	0.7	1.1	1.5	2.2	46.9%
농업	0.9	1.3	1.8	2.5	41.5%
소매	0.3	0.4	0.5	0.8	44.3%
기타 산업	9.9	13.9	18.4	24.4	35.0%
총계	88.3	133.1	191.0	275.3	46.1%

자료: Markets and Markets(2025)

- Markets and Markets(2025)는 한국에서 복잡한 도시문제 해결을 위해 공공부문 중심으로 디지털 트윈 수요가 확대되는 추세라고 분석
 - 또한 한국 제조업 분야의 디지털 트윈 도입이 늘어나면서, 관련 시장 규모는 지속적으로 확대될 것으로 전망
- 한편 IMARC Group(2024)은 국내 디지털 트윈 시장 규모를 2024년 4억 5,000만 달러로 계산하였으나 2033년에는 36억 9,000만 달러가 될 것으로 전망. 2025년부터 2033년까지 연평균 23.6% 성장할 것으로 예측
- 국내에서 디지털 트윈 관련 서비스를 공급하는 주체는 통신사, 대기업 등이

중심(표 3-22 참조)

〈표 3-22〉 국내 디지털 트윈 서비스 공급 사례

분류	업체	디지털 트윈 서비스 공급 사례
통신사	KT	• 건설사 DL이앤씨와 디지털 트윈 솔루션 적용 관련 MOU 체결(2022) • 백남준아트센터 특별전을 디지털 트윈으로 구현하여 서비스(2024)
	SK 텔레콤	• 서울시 서초구 교통영향평가 사업에 디지털 트윈 플랫폼 ‘리트머스’ 적용·상용화(2023) • 울산 AI 데이터센터로 지역 기업의 디지털 트윈 구축 지원(2025)
	LG U+	• ‘2022 조선·해운·항만 디지털전환 국제 컨퍼런스’에서 항만 디지털 트윈 솔루션 시연(2022) • 데이터센터 냉방 효율화 기술 실증 사업 추진(2025)
대기업	삼성 SDS	• 아파트 래미안 거주민 대상으로 디지털 트윈 기반 어플 ‘헤스티아’ 서비스 제공(2024) • ‘디지털 트윈 솔루션’ 등을 개발하는 이노엑스랩(InnoX Lab) 신설(2025)
	LG CNS	• 디지털 트윈 기반 ‘시티허브 빌딩’ 플랫폼으로 정부세종청사 관제 사업 수행(2022) • 디지털 트윈·로봇 기반 인천공항 관제시스템 구축 사업 수행(2024)
	SK AX	• 제조업 맞춤형 ‘AX 기반 배기 유틸리티 설비 디지털 트윈 플랫폼’ 구현(2025)
	네이버 랩스	• 디지털 트윈 기술을 기반으로 국토지리정보원과 국가 공간정보 활용 및 공간정보산업 활성화를 위한 MOU 체결(2025)

자료: 각 사 보도자료 및 언론보도 검색하여 연구진 정리

- (관련 생태계 이슈) 디지털 트윈 기술이 발전하고 시장이 확장되면서 기술 및 관련 생태계 이슈가 발생하고 있음. 아래에는 관련한 주요 이슈를 검토
- 정확성 확보 및 실시간 동기화 능력
 - 디지털 트윈이 성공하기 위해서는 정확하고 신속하게 실제와 모델을 동기화하는 것이 중요하며, 이런 동기화의 정확도를 잘 유지하는 것이 디지털 트윈의 성능 지표가 됨(최수빈 외, 2025)
 - 대용량 데이터 전송 과정에서 네트워크 지연 발생, 센서의 오류로 인한 데

이더 품질 저하 등의 문제를 해소해야 하는 도전 과제 발생

○ 데이터 보안 및 프라이버시, 윤리 문제

- 김법연(2021)은 디지털 트윈에서 기기와 네트워크의 연결성이 증가함으로 인해 정보보안 및 데이터보호에 대한 위험이 발생한다고 분석. 특히 사회 기반시설 등에 사이버공격이 감행될 경우 국가시스템에 대한 위협 가능성이 있음을 시사
- 이승직·김자미(2021)는 대규모 데이터 수집 과정에서 개인정보 침해 및 사회적 감시 문제가 발생할 수 있다는 점, 의료 부문 디지털 트윈이 사회 양극화나 차별 등으로 이어질 가능성이 있는 점 등을 지적
- 디지털 트윈 기술을 보안 위협 방어용으로 활용하는 방안, 보안/프라이버시 내재설계, 보안기술 지원 정책, 디지털 보안 인력의 육성, 유기적인 법률 및 정책 대안 마련 등이 있음(김법연, 2021)
- 이승직·김자미(2021)는 기술의 발전과 윤리적 문제 해결을 위한 법제화가 병행되어야 한다고 주장. 특히, 기술 사용의 관점으로 윤리적·법적 논의가 필요하다고 제안

○ 산업별 특화 디지털 트윈 플랫폼 개발 경쟁

- 산업 특화 디지털 트윈 플랫폼은 산업 수요에 맞는 트윈의 운영이 가능함. 산업별, 업종별로 고유한 과제나 절차 등을 갖는데, 산업 특화 디지털 트윈은 업종에 적합하게 트윈이 구현될 수 있음(Tang et al., 2025)
- 정보통신기획평가원(2022)은 의료·헬스케어, 웰니스, 스마트시티, 제조 등 디지털 트윈의 13개 핵심 활용 분야 및 분야별 기술 발전을 위한 로드맵을 제시

○ 복합 데이터 통합 및 표준화 추진

- 이환수·황인석(2025)은 디지털 트윈을 위해서는 다양한 기기와 시스템에서 데이터를 수집하여 통합할 필요가 있으나, 산업 현장에서는 브랜드나

연식 등이 달라 호환성이 낮아 통합이나 연계가 어려운 경우가 많은 점을 지적

- 또한 다양한 산업에서 디지털 트윈이 도입되고 있는 상황에서, 기술 표준화가 일관되게 이뤄지지 않았다는 문제도 디지털 트윈 운영의 난점이 될 수 있음

3. 6G와 디지털 트윈

□ 디지털 트윈에서 6G의 역할

- (속도와 용량) 6G는 초고속, 저지연이라는 특성이 있으며, 실제 세계와 가상세계 간에 발생하는 막대한 데이터를 실시간으로 교환하는 것을 가능케 함. 따라서 6G 기술은 디지털 트윈의 실현 및 도입을 견인할 수 있음 (Ahmadi et al., 2022)
- (센싱) 6G의 고정밀 센싱 데이터는 디지털 트윈 모델에 정확한 정보를 제공하여 실제 세계와의 실시간 동기화를 실현. 실시간 모니터링, 시뮬레이션 등을 통해 의사결정 작업을 지원(정보통신기획평가원, 2024)
- 반대로 디지털 트윈 기술 역시 6G 기술 발전에 기여할 수 있음. 전체 6G 시스템과 환경 일체(네트워크 구조, 전송망, 기지국 등)를 시각화하여 관리·분석 등에 활용하는 것도 가능(Kuruvatti et al., 2022)
- 따라서 6G와 디지털 트윈 기술은 상호작용하며 서로의 발전에 영향을 주는 관계라고 해석할 수 있음

□ 기타 기술

- (엣지컴퓨팅) 엣지컴퓨팅(Edge Computing)은 데이터 생성 지점에서 실시간 분석·처리를 하는 기술로 클라우드로 데이터를 전송하기 전에 실시간으로 데이터를 분산 처리할 수 있어 데이터 전송 과정의 지연·부하 등을 줄일 수 있음(이환수·황인석, 2025)

- 특히 6G의 초고속 데이터 전송 능력과 연계하면 대규모 데이터를 다루는 디지털 트윈의 성능도 크게 높아질 것으로 전망
- (AI) 디지털 트윈 시스템에서, 인공지능(AI)은 데이터 수집 효율화, 모델링 진단 및 예측 활용, 성능 최적화 달성, 자율시스템 구현 등의 방법으로 기능할 수 있음(김영선 외, 2024)
- 6G 기술은 디지털 트윈 시스템 내에서 AI 기술 활용의 범위를 넓히고, AI 기능의 신속성, 정확성, 효율성 등을 제고할 것으로 기대
- (메타버스) 메타버스를 통한 가상환경 내에서 디지털 트윈 모델을 시뮬레이션하거나 테스트할 수 있는 환경 조성, 시뮬레이션과 의사결정을 지원하는 방향으로 발전할 것으로 전망되고 있음(이환수·황인석, 2025)
- 6G 환경에서는 더 정밀하고 신속한 디지털 트윈 모델의 구축 및 활용이 가능해질 것으로 예상

4. AI와 디지털 트윈

□ 디지털 트윈에서 AI의 역할

- AI는 디지털 트윈의 적절한 구현을 지원하며, 자율적인 트윈 운영을 담당하는 기술로 기능하게 됨(Markets and Markets, 2025)
- 트윈의 생성 및 업데이트, 생성 모델링, 데이터 분석, 예측 분석, 의사결정 지원 등으로 AI 기술을 디지털 트윈에 활용(Emmert-Streib, 2023)
- 디지털 트윈을 위해 데이터과학, 머신러닝, 통계학 등에 기반한 AI 기술이 결합되지 않는다면, 디지털 트윈의 활용성은 크게 제약됨

□ 생성형 AI와의 접목

- 디지털 트윈에 생성형 AI(Generative AI)가 접목되면, 복잡한 모델과 디지털 트윈에 적용할 시나리오를 자율적으로 생성 가능. 디지털 트윈의 결과

예측 역량과 대응능력을 비약적으로 개선할 수 있음(Korada, 2024)

- 산업별로 볼 때, 생성형 AI는 제조업, 자동차 산업, 의료 분야, 에너지 산업 등 각 산업·기업의 특성과 맞는 디지털 트윈이 적용되도록 지원

□ 디지털 트윈·AI의 사용 과정에서 발생하는 윤리적 이슈

- AI와 디지털 트윈이 접목되는 과정에서 데이터의 개인정보 보호 문제, 윤리적인 AI의 활용 등은 미래의 과제로 이어지게 됨(Korada, 2024).
 - 관련한 기술 표준 및 규제 시스템을 체계적으로 정비하여 윤리적 문제에 대응할 필요가 있음
- CDBB(2018)는 “Gemini 원칙(The Gemini principles)”이라는 보고서에서 국가의 디지털 트윈을 구현하고 운영할 때 지켜야 할 9가지 사항을 제시함
 - Gemini 원칙은 ‘공공선 실현’, ‘보안 준수’, ‘개방성’, ‘관리상의 거버넌스 확립’ 등의 윤리적 원칙을 명시하고 있음

5. 디지털 트윈과 홀로그래픽, 햅틱 기술

□ 홀로그래픽과 디지털 트윈

- 홀로그래픽(Holographic)은 디지털 트윈의 시각화 과정에서 더욱 사실적인 그래픽 정보를 제공하며 상호작용하는 역할. 홀로그래픽 기술이 접목된 디지털 트윈을 홀로그래픽 디지털 트윈(HDT, Holographic Digital Twin)이라고 말하기도 함(Zhang et al., 2022)
 - 홀로그래픽 디지털 트윈을 구현하기 위해서는 많은 연산 및 통신 자원이 소비되나, 6G 이상의 첨단 통신 환경에서는 실현할 수 있게 됨
 - 6G 환경에서 디지털 트윈, 홀로그래픽, AI 기술 등이 복합적으로 결합되면서, 사용자는 물리적 상호작용에 근접한 몰입형 경험까지 할 수 있을 것으로 전망(China Mobile Research Institute, 2022)
 - [그림 3-27]과 같이 홀로그램을 통해 도시를 구현, 입체감 있게 디지털

트윈을 관측하는 것이 가능

[그림 3-27] 홀로그램 테이블 위에 구현된 도시

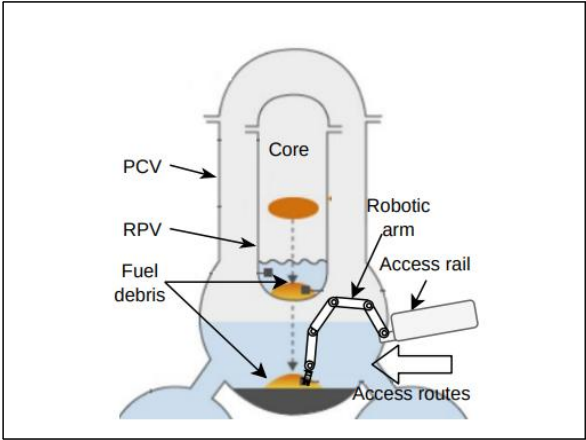


자료: Axiom Holographics(<http://axiomholographics.com>)

□ 햅틱 기술과 디지털 트윈

- 햅틱(Haptic) 기술은 인간의 촉감을 디지털 기기와 연동하여 사실적으로 재현하는 기술을 의미. 디지털 트윈의 구현 과정에서는 햅틱 기술을 통해 트윈과 촉각적 차원의 상호작용이 가능
- 의료 및 헬스케어 산업에서 햅틱 기술이 접목된 디지털 트윈은 진료, 수술, 의료 훈련 등의 목적으로 활용될 것으로 전망되며 장기적으로 원격의료의 실현까지 연결될 전망(Asciak et al., 2025)
- 원자력 산업과 같은 위험성 높은 산업군에서도 햅틱 기술이 적용된 디지털 트윈이 유용하게 사용될 수 있으며 이는 석유, 가스 등 다양한 산업으로까지 확장되어 적용될 수 있음(Tugal et al., 2023)
- [그림 3-28]은 손상된 원자로 속의 용융된 연료(Melted Fuel) 잔해를 로봇 팔을 활용해 회수하는 방법을 설명. 위험성이 높고, 시야가 제한되어 있으므로 햅틱에 기반한 디지털 트윈이 해당 작업 수행에 핵심적인 기술이 됨

[그림 3-28] 원자력 반응로 연료 회수 그림



자료: Tugal et al.(2023)

제 4 장 6G 이동통신 및 6G 기반 미래서비스 현황 및 전망에 대한 전문가 인식 조사

제 1 절 조사 개요

□ 배경 및 목적

- 6G 이동통신과 6G 기반 미래서비스는 기술 불확실성, 글로벌 기술패권 경쟁의 양상, 투자 여력, 정부 지원 등 복합적 요인에 의해서 영향을 받으므로 해당 분야에 대한 이해도가 높은 산학연 전문가의 통찰이 매우 중요
 - 현재 6G 관련 논의는 기술 중심으로 진행되고 있으나, 실제 서비스로 구현되기 위해서는 기술개발 로드맵, 규제 환경 정비, 비즈니스 모델 검증, 사회적 수용성 확보 등 다차원적 검토가 필요함
 - 기술개발 우선순위 설정, 투자 효율성 제고, 정책 방향 수립을 위해서는 전문가의 경험과 예측을 체계적으로 수집·분석하는 과학적 접근이 필수적
- 본 조사는 6G 이동통신 기술과 이를 기반으로 한 디지털 트윈, 휴머노이드, UAM 등 주요 미래서비스에 대한 전문가 의견을 종합적으로 수렴하여 관련 정책 개발에 필요한 기초 자료를 제공하는 데 그 목적이 있음

□ 주요 내용

- 6G 기술 및 표준화 평가
 - 6G 기술 특성 중 중요 특징
 - 6G 표준화 및 상용화 진행 현황 인식
 - 6G 표준화 및 상용화 주도 국가 조사

- 6G 기술과 관련 미래서비스 평가
 - 6G 이동통신과 AI 관계
 - 6G가 중요한 미래서비스
 - 6G 시대에 성공 가능성이 높은 미래서비스
- 우리나라 현황 및 정부 건의 사항
 - 6G 생태계에서 우리나라가 가장 취약한 분야 및 개선 대책
 - 정부 정책 건의 사항

□ 조사 수행

- 조사 수행업체: (주)컨슈머인사이트
- 조사 수행기간: 2025. 10. 23.~2025. 11. 28.
- 조사 방법: 온라인 설문조사
- 조사 표본 설계: <표 4-1>에 설명

〈표 4-1〉 표본 설계

구분	세 부 내 용																
조사 대상	▶	■ 산업계, 학계와 공공기관의 전문가															
조사 지역	▶	■ 전국															
표본 수	▶	■ 총 51명															
표본추출 방법	▶	■ 조사 대상 리스트 내 전수 조사															
자료수집 방법	▶	■ 온라인 조사															
표본 구성	▶	<table><tr><th>구분</th><th>사례 수(명)</th><th>비율(%)</th></tr><tr><td>전체</td><td>51</td><td>100.0</td></tr><tr><td>산업계</td><td>14</td><td>27.5</td></tr><tr><td>학계</td><td>24</td><td>47.1</td></tr><tr><td>공공기관</td><td>13</td><td>25.5</td></tr></table>	구분	사례 수(명)	비율(%)	전체	51	100.0	산업계	14	27.5	학계	24	47.1	공공기관	13	25.5
구분	사례 수(명)	비율(%)															
전체	51	100.0															
산업계	14	27.5															
학계	24	47.1															
공공기관	13	25.5															

□ 표본 설계 설명

- 조사 리스트는 6G 포럼⁷⁾의 협조를 받아 메인 전문가 풀을 구성하고 그 외 통신 및 IoT 등 연관 분야 전문가, 통신 분야와 관계가 있는 법률 및 경제·경영 전문가를 추가하여 구성
- 조사대상에 6G를 주도하는 전문가들이 다수 포진한 것은 일장일단이 있음
- 6G와 관련 서비스에 대해 가장 잘 아는 국내 전문가일 가능성이 커서 사실

7) 6G 포럼은 민관합동포럼으로 2013년 설립된 5G 포럼이 6G 시대를 맞아 2023년에 새롭게 개편되면서 설립. 집행위원회 아래 6G 기술위원회 등 9개 위원회를 두고 있으며 6G 글로벌 협력과 6G 표준화를 선도하고 관련 국내 생태계를 활성화하는 것을 목적으로 함

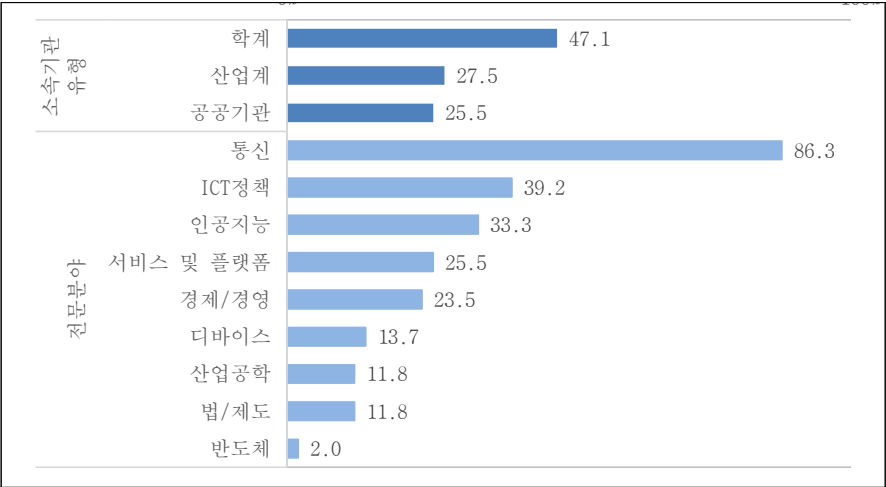
- 확인 측면에서 응답의 신뢰도가 높다는 장점이 있음. 반면 6G에 대한 낙관적 시각을 보이거나, 6G의 중요성을 과대평가하는 편향성이 있을 수도 있음
- 비전문가 조사는 조사 목적에 전혀 부합하지 않는다고 판단. 6G 포럼의 고위 전문가를 중심으로 조사를 하되, 그 외 통신 및 IoT 전문가와 법제도, 경제·경영 전문가를 포함해서 이를 보완하기로 결정하고 조사 표본을 구성
 - 조사 과정에서 익명성을 철저히 보장하고 통계적 목적으로만 사용함을 명시하였고 전문조사기관을 활용하여 연구진이 개별 응답자별 응답을 확인할 수 없도록 함. 개별 응답이 노출될 것을 우려하는 시각을 최대한 차단하려 노력하였음

○ 응답자 특성

- 50명 응답자를 목표로 하였고 우선순위를 배정하여 약 3차에 걸쳐 조사대상을 확대하여 응답자를 확보. 최종 응답자는 51명임
- 응답자의 소속기관 및 분야별 특성은 [그림 4-1]에 정리

[그림 4-1] 응답자 특성

(N = 51, 단위: %)



- 소속기관별로 응답자 특성을 살펴보면 학계가 50%에 근접하며 산업계⁸⁾와 공공기관이 비슷한 비중으로 나머지를 차지함
- 각 분야별로 특성을 보면,⁹⁾ 86%가 넘는 응답자가 통신 전문가였음. 그다음으로 ICT 정책과 인공지능 정책 전문가 순으로 구성되었으며, 원래 목표대로 경제·경영 분야 전문가 및 법제도 전문가를 일정 부분 포함

8) 일부 법무법인 소속 전문가는 산업계로 분류

9) 전문 분야의 경우, 중복응답이 포함됨

제 2 절 주 요 결 과

□ 6G 특성 설명문

- 본 조사에서 사용한 6G 특성 설명문은 <표 4-2>와 같으며 국제적으로 공신력이 높은 ITU의 설명을 주로 반영하여 작성되었음
- ITU에서는 2030년 이후 6G의 발전 방향과 기술적 트렌드를 제시하고, 핵심 기술로 아래 6개 특성을 제시
 - 6개 특성은 서로 독립적이지 않고 상호 보완적으로 작용하여, 2030년 이후 6G의 전체적인 생태계를 구성함

<표 4-2> 6G 특성 설명문(6G의 6개 특성)

6G 특성	정의	활용 예
1. 몰입형 통신 (Immersive Communication)	IMT-2020의 초고속(eMBB)을 확장하여 사용자에게 몰입형 통신 경험을 제공하는 서비스 시나리오	가상현실(XR), 홀로그래픽 통신, 원격 다중감각 텔레프레즌스, 비디오/오디오 혼합 트래픽 등
2. 초저지연 진화 통신 (Hyper Reliable and Low-Latency Communication)	IMT-2020의 초저지연(URLLC)을 확장하여 더 엄격한 요구 사항(안정성, 지연시간 등)을 요구하며, 요구사항을 충족하지 못할 경우 치명적인 결과를 초래할 수 있는 서비스 시나리오	스마트 산업, 자동화 공정, 에너지서비스, 원격 치료 등
3. 초연결 진화 통신 (Massive Communication)	IMT-2020의 초연결(mMTC)을 확장하며, 광범위한 환경에서 다양한 유형의 장치와 센서의 유비쿼터스 연결을 제공하는 서비스 시나리오	스마트시티, 이동수단, 물류센터, 헬스, 에너지, 농업 등
4. 인공지능 결합 통신 (Integrated AI and Communication)	분산 컴퓨팅과 AI 기반 애플리케이션을 지원하는 신규 서비스 IMT 시스템의 다양한 지능형 노드에서 데이터 수집, 로컬 또는 분산 컴퓨팅 오프로드, AI 모델의 분산학습 및 추론을 활용하여 통신 서비스 이상의 놀라운/전문적인 사용 예를 제공	자율주행, 디지털 트윈, 의학 지원, 로봇 등

6G 특성	정의	활용 예
5. 센싱 결합 통신 (Integrated Sensing and Communication)	감지 기능이 필요한 새로운 애플리케이션 및 서비스 IMT 시스템을 활용하여 광역 다차원 감지를 제공함으로써 연결되지 않은 물체와 연결된 장치 및 그 움직임, 환경에 대한 공간 정보를 제공하는 통신	6G 기반 내비게이션, 동작 및 모션 감지, 환경 감시, AI/XR/디지털 트윈 애플리케이션을 위한 센싱 정보 제공
6. 유비쿼터스 연결 (Ubiquitous Connectivity)	디지털 격차 해소를 위한 연결성 확대를 목적으로 하는 서비스 시나리오로, 현재 서비스 지원이 어려운 교외지역, 저인구밀도 지역 등을 대상으로 함	IoT부터 기본 광대역 서비스까지 포함

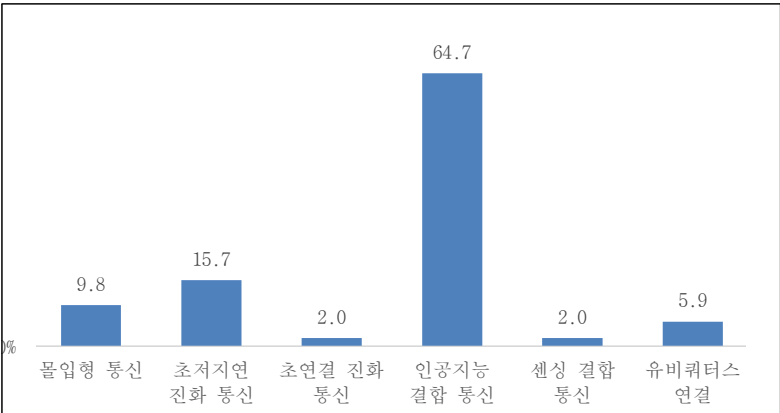
자료: 과학기술정보통신부 보도자료(2023. 6. 23.)

□ 6G의 중요 특성

- 6G의 특성 중 가장 중요한 특성으로 ‘인공지능 결합 통신’을 든 경우가 64.7%로 타 특성에 비해서 압도적으로 많았는데, 지금은 어디에서나 인공지능이 키워드인 시대임을 실감할 수 있음

[그림 4-2] 6G의 중요 특성

(N = 51, 단위: %)



주: 전체 응답자 BASE임

Q. 귀하께서는 6G의 특성 중, 가장 중요한 특성은 무엇이라고 생각하십니까?

- 응답 이유를 서술형으로 조사한 결과는 <표 4-3>과 같은데, 인공지능 결합 통신이 중요하다고 응답한 경우 AI 서비스를 위한 인프라 관점, Physical AI 구현 등을 들었음
- 또한, 자율주행, 로봇, 디지털 트윈 등이 여러 6G 특성에 대한 응답내용의 여러 곳에서 언급됨

<표 4-3> 6G의 중요 특성 응답 이유

6G 특성	주요 응답 이유
몰입형 통신	• 시공간을 초월한 서비스의 대중화 실현 • 6G의 광대역성을 가장 효과적으로 활용하는 서비스 • B2C 시장 성장을 위한 차별화된 사용자 경험 제공 • 초저지연, 초정밀 등 6G 특성이 종합적으로 반영되는 분야
초저지연 진화 통신	• 실시간 데이터 처리가 필수적인 신규 서비스 지원 • 자율주행 등 Physical AI 서비스의 기반 기술 • 5G 대비 차별화된 서비스 구현의 핵심 요소 • 재난 대응 등 안정적 통신이 필요한 분야에 필수적
초연결 진화 통신	• 지상 및 비지상 네트워크(NTN) 통합으로 전 지구적 커버리지 달성 • 스마트시티, 자율주행, 디지털 트윈 등 대규모 IoT 서비스 지원 • 통신 음영 지역, 해상, 재난 환경 등에서 안정적 연결 제공
인공지능 결합 통신	• AI 서비스 활성화를 위한 필수 인프라 • 자율주행, 원격의료, 로봇, 디지털 트윈 등 Physical AI 구현 • 네트워크 자율화 및 최적화를 통한 효율성 향상 • 5G 대비 차별화된 서비스 창출의 핵심 기술
센싱 결합 통신	• 네트워크가 스스로 환경을 인지하고 가용성 극대화
유비쿼터스 연결	• 지상과 비지상(위성) 통합 통신으로 초공간 커버리지 실현 • 저궤도 위성을 활용한 통신 영역 확대 • UAM 등 공중 이동체 통신 지원

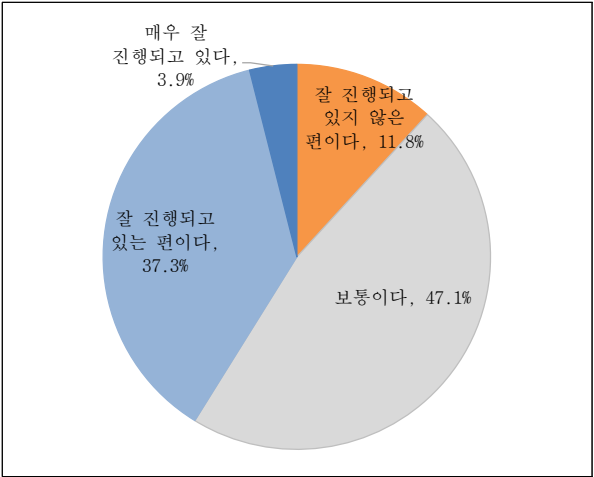
주: 전체 응답자 BASE임

Q. 귀하께서는(AA)을 6G의 가장 중요한 특성으로 응답하였습니다. 그럼, 귀하께서(AA)을 6G의 가장 중요한 특성으로 응답한 이유를 구체적으로 기술해 주십시오.

□ 6G 표준화 평가

- (진척도) 6G 표준화 진행 수준에 대해 설문한 결과, 잘 진행되고 있다(잘 진행되고 있는 편이다+매우 잘 진행되고 있다)가 41.2%, 잘 진행되고 있지 않다(11.8%, 잘 진행되고 있지 않은 편이다)보다 29.4%p 높음
- 전체적으로 무난하게 잘 진행되고 있는 것으로 평가하는 것으로 판단

[그림 4-3] 6G 표준화 진행 수준
(N=51, 단위: %)



주: 전체 응답자 BASE임

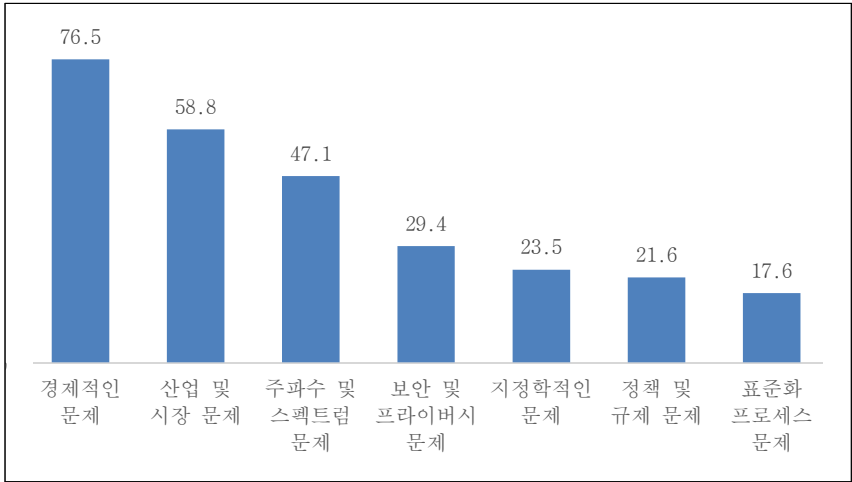
Q. 귀하께서는 현재 6G 표준화가 얼마나 잘 진행되고 있다고 생각하십니까?

- (방해요인) 6G 표준화를 진행하는 데 방해가 되는 요인으로서는 경제적인 문제가 76.5%로 가장 높고 산업 및 시장 문제와 주파수 및 스펙트럼 문제 등의 순으로 높음

- 경제적인 문제는 개별 기업의 수익성 문제로 통신사의 수익성 이슈가 6G에서 가장 큰 문제가 될 것으로 보는 시각이 지배적
- 한편 관련 산업 및 시장 등 주변 생태계의 취약성도 문제가 된다는 시각도 절반을 상회하며 주파수 문제를 우려하는 시각도 50%에 근접

[그림 4-4] 6G 표준화 방해 요인

(N=51, 단위: %)



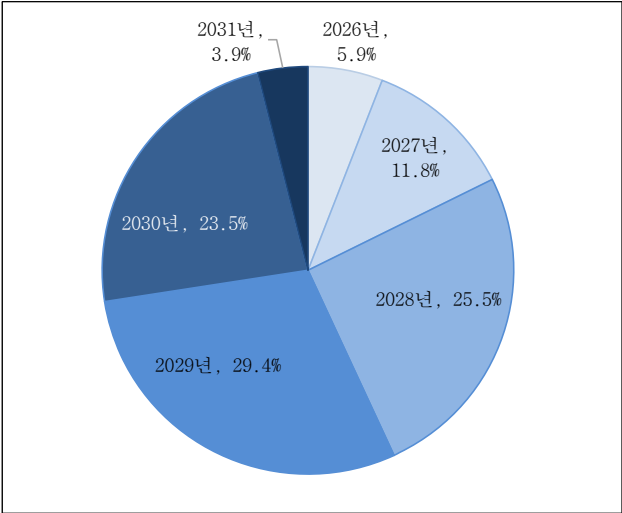
주: 전체 응답자 BASE임

Q. 6G 표준화를 진행하는 데 방해가 되는 요인(걸림돌)은 무엇이라고 생각하십니까?
다음 보기에 모두 응답해 주십시오.

- (표준화 정립 시기) 6G 표준화 로드맵에 따르면 표준화 정립 시기를 2030년으로 보고 있는데, 향후 3년 이내(2026~2028년)가 43.1%를 차지했고 2030년은 23.5%로 예정보다 빨리 진행될 것으로 보는 시각이 우세함

[그림 4-5] 6G 표준정립 예상 시점

(N=51, 단위: %)



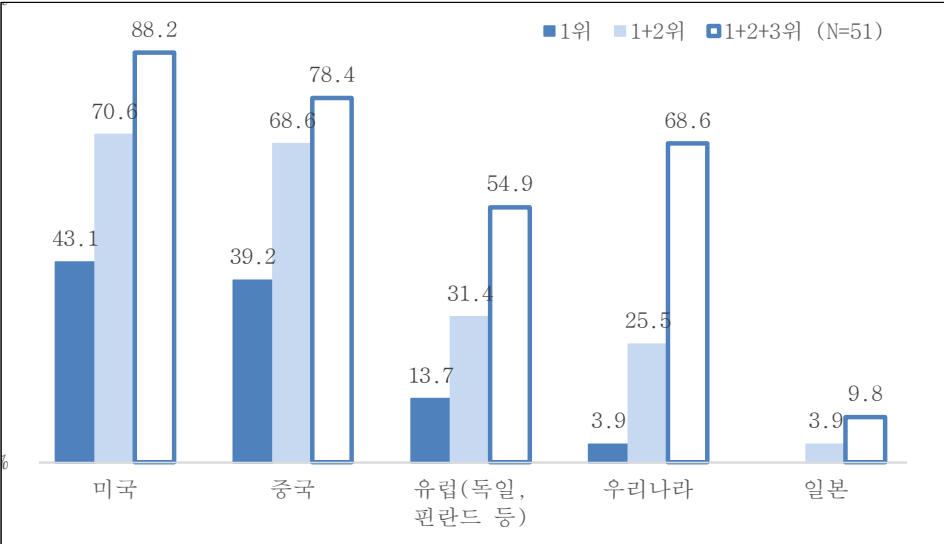
주: 전체 응답자 BASE임

Q. 귀하께서는 6G 표준이 최초로 정립될 것으로 예상되는 시점은 언제쯤일 것으로 생각하십니까?

- (표준화 선도 국가) 6G 표준화를 선도하는 국가로, 미국이 가장 높은 응답을 보였고, 중국이 이에 근접한 수치를 보이는 양강 체제를 보임
- 유럽(독일, 핀란드 등)과 우리나라가 그 뒤를 이었는데 우리나라는 1위 응답은 유럽에 비해 크게 낮았으나 1+2+3위 응답은 유럽을 상회하고 있다는 점이 특징적임

[그림 4-6] 6G 표준화 선도 국가

(N=51, 단위: %)

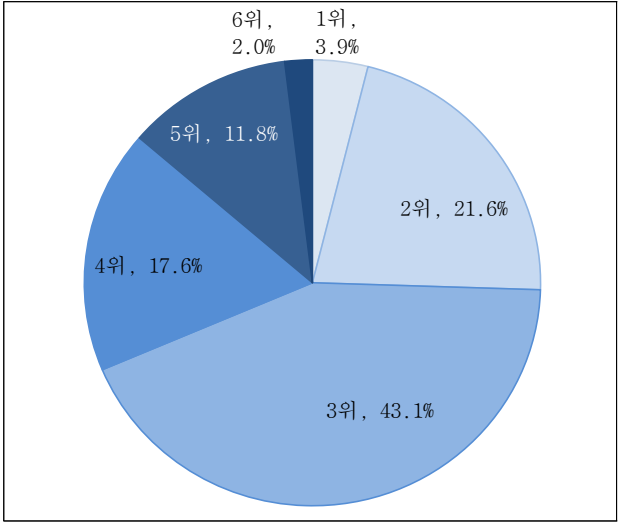


주: 1) 전체 응답자 BASE임
2 1+2위와 1+2+3위는 복수응답임

Q. 국가별 6G 분야 경쟁력을 전반적으로 고려해 보았을 때, 귀하께서는 6G 표준화를 선도하는 국가는 어디라고 생각하십니까? 선도한다고 생각하는 국가 순으로 3위까지 응답해 주십시오.
※ 국가명은 가나다 순으로 제시하였습니다.

○ (한국의 순위) 한국이 표준화 선도 순위가 3위 이내라는 평가가 68.6%이며, 특히 3위라는 평가가 총 43.1%로 가장 많았음

[그림 4-7] 6G 표준화 선도에서 우리나라의 순위
(N=51, 단위: %)



주: 전체 응답자 BASE임

Q. 귀하께서는 한국(우리나라)을 6G 표준화를 선도하는 국가로 응답하지 않았습니다. 그럼, 한국(우리나라)은 전 세계 국가 중 6G 표준화 선도에 있어서 몇 위 정도 될 것으로 생각하십니까?

- 응답 이유를 서술형으로 조사한 결과는 <표 4-4>와 같으며 미국과 중국이 양강 구도를 보임
 - 미국은 AI 기술 주도권, 글로벌 연합 구축, 정부의 강력한 의지 등이 핵심 요소로 꼽힘
 - 중국은 특허 우위, 국가 통합 전략, 막대한 인력 투입 등을 요소로 언급
 - 우리나라는 일정 수준의 영향력 보유가 이유라고 응답

〈표 4-4〉 6G 표준화 선도 국가 응답 이유

표준화 선도 국가	주요 응답 이유
한국(우리나라)	• 주요 국제 표준화기구 의장 선발 • 6G 기술 역량 보유 및 관련 산업 리더십 • 반도체, 방산, AI 등 연계 기술 경쟁력
미국	• 퀄컴, 인텔, NVIDIA 등 핵심 칩셋 및 AI 기술 선도 기업 보유 • Next G Alliance 등 체계적인 산업 연합체 및 로드맵 추진 • AI 기술 분야 글로벌 주도권 및 막대한 투자 • 스타링크 등 LEO 위성통신 시스템 기술 선도 • 5G 실패 만회를 위한 정부의 전폭적 지원 및 강력한 정책 의지
중국	• 화웨이 등 글로벌 리딩 기업 및 막강한 기술력 • 5G부터 선제적 준비 및 특허 우위(6G 특허 출원 최대) • 국가 차원의 막대한 투자 및 통일된 전략(IMT-2030 추진) • 공산국가 특성상 규제가 적고 정책적 자유도 높음

주: 전체 응답자 BASE임

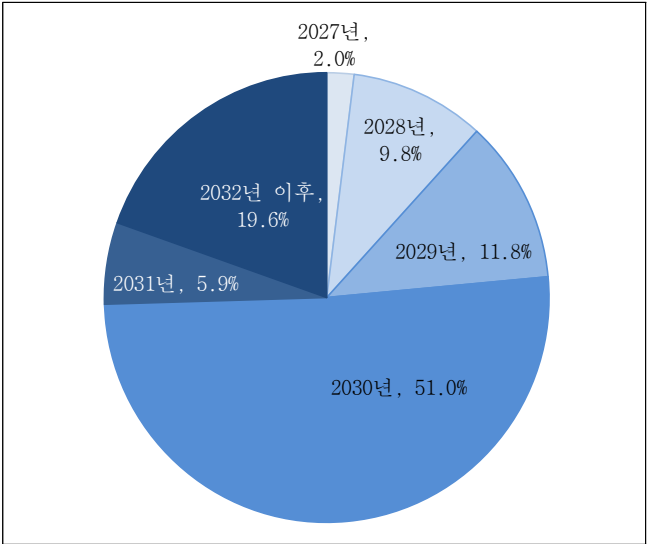
Q. 귀하께서는(BB)을(를) 6G 표준화를 선도하는 국가로 응답하였습니다. 귀하께서 그렇게 응답한 이유를 구체적으로 기술해 주십시오.

□ 6G 상용화 평가

- (6G 상용화 시점) 6G 서비스가 처음으로 상용화될 것으로 예상되는 시점으로 가장 많이 꼽은 해는 2030년(51.0%)으로 현재 표준화 로드맵과 일치하는 것으로 보는 시각이 절반을 차지
 - 표준화 시기 응답과 비교해 볼 때 표준화 이후 상용화가 이루어질 것으로 보는 시각이 더 강하다고 볼 수 있음
 - 이러한 응답은 표준화 정립 이전에 기습적으로 6G 상용화를 선언하는 전략을 취하는 국가가 있더라도 그것을 인정받기는 어려울 것이라는 시각을 반영하는 것으로 보임

[그림 4-8] 6G 상용화 예상 시점

(N=51, 단위: %)



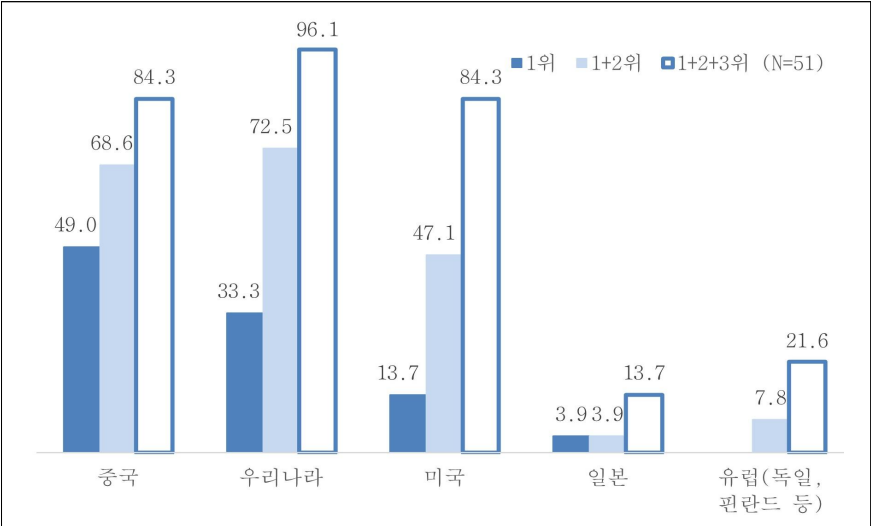
주: 전체 응답자 BASE임

Q. 귀하께서는 6G 서비스가 처음으로 상용화될 것으로 예상되는 시점은 언제쯤일 것으로 생각하십니까?

- (6G 최초 상용화 국가) 6G 서비스를 먼저 상용화할 국가로, 중국과 우리나라가 높은 선택을 받았으며 미국이 상대적으로 뒤처질 것으로 보는 응답자가 많음

[그림 4-9] 6G 우선 상용화 예상 국가

(N=51, 단위: %)



주: 1) 전체 응답자 BASE임
2) 1+2위와 1+2+3위는 복수응답임

Q. 국가별 6G 서비스 분야 경쟁력을 전반적으로 고려해 보았을 때, 귀하께서는 6G 서비스를 먼저 상용화할 국가는 어디라고 생각하십니까? 먼저 상용화할 것으로 생각하는 국가 순으로 3위까지 응답해 주십시오.
※ 국가명은 가나다 순으로 제시하였습니다.

- 서술식으로 조사한 우선 상용화 예상 국가 응답의 이유를 살펴보면, <표 4-5>와 같음
 - 우리나라는 5G 최초 상용화 경험 등 세계 최초 타이틀에 대한 의지와 경험, 중국은 정부 주도의 투자·낮은 법제도적 장벽·거대한 내수시장의 존재, 미국은 2028 LA 올림픽을 계기로 상용화 가속 전망 의견이 있음

〈표 4-5〉 6G 우선 상용화 국가 응답 이유

우선 상용화 국가	주요 응답 이유
한국(우리나라)	• 5G(2019), 4G LTE(2011) 세계 최초 상용화 경험 • 좁은 국토로 빠른 전국망 구축 가능 • 정부-기업(삼성, SKT, KT) 긴밀한 협력 체계 • 2030년 세계 최초 상용화 목표 공식 선언 • 정부 주도의 강력한 상용화 의지
중국	• 정부 주도 막대한 투자 및 2030년 명확한 상용화 목표 • 법제도적 장벽이 낮고 규제로부터 자유로움 • 화웨이, ZTE 등 기술 선도 기업 및 생태계 우수 • 세계 최초 6G 실험위성 발사 등 실증 선행 • 거대한 내수 시장 기반 규모의 경제 실현 가능
미국	• LA 올림픽(2028) 연계 상용화 가속화 예상 • AI 주도국으로서 서비스 강국 위상 • 5G 실패 만회를 위한 전략적 집중 • AI 적용 및 응용 역량 최고 수준 • 정부의 최초 상용화 관여 의지

주: 전체 응답자 BASE임

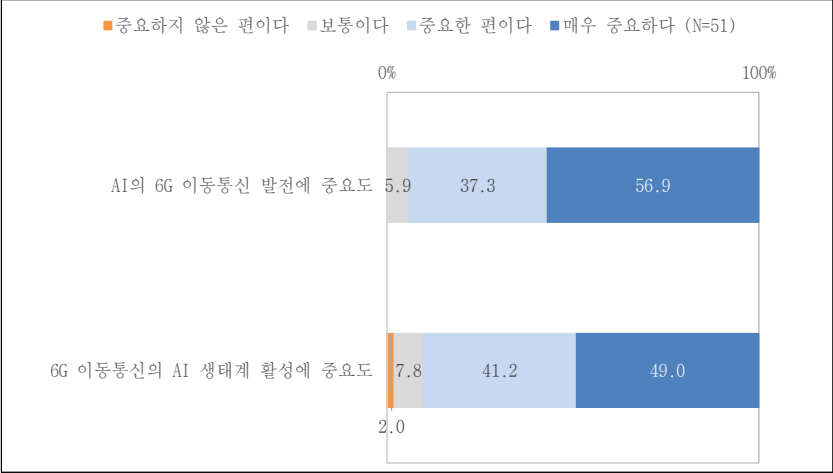
Q. 귀하께서는(CO)을(를) 6G 서비스를 먼저 상용화할 국가로 응답하였습니다. 귀하께서 그렇게 응답한 이유를 구체적으로 기술해 주십시오.

□ 6G 이동통신과 AI

- (AI for Network) AI가 6G 이동통신의 발전에 매우 중요하다고 보는 응답자가 56.9%, 중요한 편이라는 응답자가 37.3%로 도합 94.2%로 매우 높게 조사되었음
- (Network for AI) 반대로, 6G 이동통신이 AI의 발전에서 중요한지를 묻는 응답에서 중요하다는 응답의 합계는 89.2%로 높은 편이나 AI가 6G 이동통신의 발전에 대한 중요도 보다는 다소 낮게 조사됨

[그림 4-10] 6G 이동통신과 AI의 관계

(N=51, 단위: %)



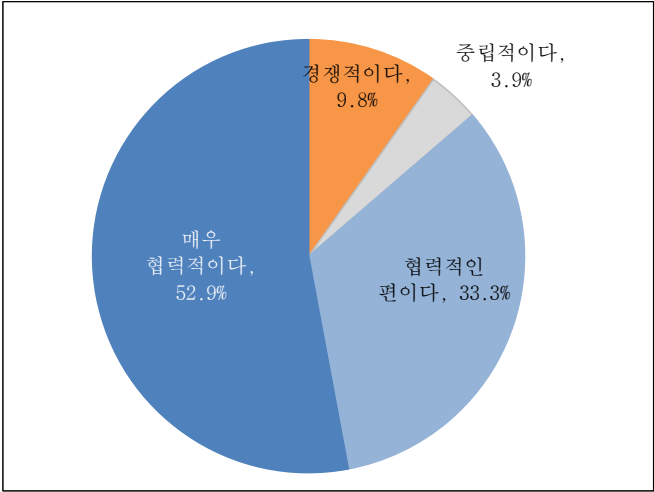
주: 전체 응답자 BASE임

Q. 다음은 AI for Network에 대한 질문입니다. 귀하께서는 AI가 6G 이동통신 발전에 얼마나 중요하다고 생각하십니까?
Q. 다음은 Network for AI에 대한 질문입니다. 그럼, 6G 이동통신이 AI 생태계를 활성화하는 데 얼마나 중요하다고 생각하십니까?

- (6G 이동통신과 AI의 협력/경쟁 관계) 6G 이동통신과 AI의 관계 유형이 협력적인지, 경쟁적인지를 묻는 문항에 대해서는 6G 이동통신과 AI 간의 관계에 대해 협력적이다(매우 협력적이다+협력적인 편이다)가 86.3%로 매우 높게 조사되었으나 일부 경쟁적으로 보는 시각(9.8%)도 존재

[그림 4-11] 6G 이동통신과 AI의 관계 유형

(N=51, 단위: %)



주: 전체 응답자 BASE임

Q. 귀하께서는 6G 이동통신과 AI 간의 관계가 얼마나 협력적이거나 경쟁적이라고 생각하십니까?,

- 서술식으로 경쟁적 관계라고 응답한 이유와 협력적 관계라고 응답한 이유를 조사한 결과는 <표 4-6>과 같음
- (경쟁적 관계로 응답) 6G와 AI의 관계에 대해 경쟁적 관계로 인식하는 경우, 동일 시장 내 대체적인 경쟁 관계를 지적하기보다는 생태계 간 주도권 경쟁의 문제와 동시 투자의 어려움 등 투자에서의 경합성을 지적하고 있는 것으로 보임
- (협력적 관계로 응답) 협력적 관계에 방점을 둔 경우의 서술형 응답에서, AI가 6G 운영의 두뇌 역할을 하며 6G 네트워크가 AI 서비스의 활성화나 Edge AI 구현 등에 큰 기여를 할 것으로 본다는 AI for Network, Network for AI의 관점을 확인할 수 있음

〈표 4-6〉 6G 이동통신과 AI 관계 유형 응답 이유

6G와 AI의 관계	주요 응답 이유
협력적 관계	• AI는 6G 네트워크 자율 운영의 필수 두뇌 역할 • 6G는 AI 서비스를 위한 초고속·초저지연 인프라 제공 • AI for Network: 네트워크 최적화, 자원 관리 효율성 향상 • Network for AI: AI 서비스 활성화, Edge AI 구현, 데이터 전송 • Physical AI(자율주행, 로봇) 구현에 6G 필수적 • 복잡한 6G 네트워크 관리에 AI 자율화 기술 필수 • 위성-지상-드론 통합 네트워크의 복잡성 관리에 AI 필수
경쟁적 관계	• AI가 지배적이 될수록 6G의 역할 축소 가능성 • AI 자체 생태계가 매우 강해져 독자적 영역 구축 • 인프라와 애플리케이션 동시 투자의 현실적 어려움 • 서비스 관점에서는 AI가 주도, 6G는 지원 수단

주: 전체 응답자 BASE임

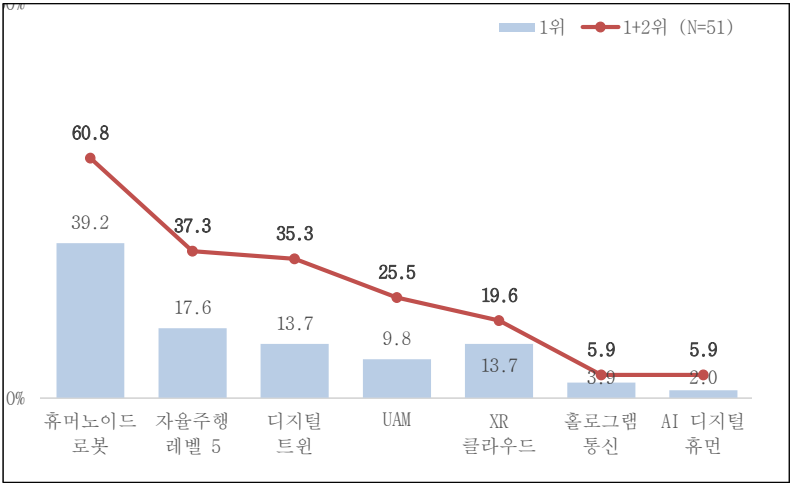
Q. 귀하께서는 6G 이동통신과 AI 간의 관계에 대해(DD)로 응답하셨습니다. 그럼, 귀하께서 그렇게 응답한 이유를 구체적으로 기술해 주십시오.

□ 6G 기술과 미래서비스

- (6G 기술 활용 미래서비스) 6G 기술 활용도가 높을 것으로 예상하는 미래 서비스로, 휴머노이드 로봇이 60.8%(1+2위)로 가장 높고, 자율주행 레벨 5가 37.3%로 그 다음으로 높음
- 본 연구에서 집중하고 있는 휴머노이드, UAM, 디지털 트윈으로 좁혀 비교 결과를 살펴보면 휴머노이드, 디지털 트윈, UAM으로 6G 기술의 활용도가 높을 것으로 전문가들은 전망
- 휴머노이드는 1위 응답 비율이 39.2%로 디지털 트윈(13.7%), UAM(9.8%)을 압도하였음
- 한편 그 외 미래서비스 중 XR 클라우드는 6G의 기술이 매우 중요하다는 응답 비율이 13.7%로 디지털 트윈과 같았으나, 2순위까지 함께 나타난 응

- 답에서는 순위가 크게 하락하였음. 이 분야를 잘 아는 전문가들이 1위 응답으로 선택한 데 반해, 잘 모르는 전문가들은 2순위로도 선택하지 않은 것으로 해석
- 본 연구에서 다루지 않은 자율주행 레벨 5의 경우 2위 응답을 보였으나 휴머노이드와는 큰 격차를 나타냄
 - 홀로그램 통신은 낮은 선택을 보였는데 그 기술의 실체나 구현 방식이 아직 잘 드러나지 않은 것이 이유로 보임

[그림 4-12] 6G 기술 활용도가 높을 것으로 예상하는 미래 서비스 (N=51, 단위: %)



주: 1) 전체 응답자 BASE임
2) 1+2위는 복수응답임

Q. 다음은 기술적인 측면에서 6G 기술과 미래 서비스와의 관계에 대한 질문입니다. 귀하께서는 6G 기술의 활용도가 높을 것으로 예상하는 미래 서비스는 무엇이라고 생각하십니까? 활용도가 높은 순으로 2위까지 응답해 주십시오.

1. 휴머노이드 로봇(인간의 외형과 행동을 모방한 로봇)
2. UAM(드론/전기 비행체를 이용한 도심 항공 교통)
3. 디지털 트윈(현실의 물리적 객체/시스템을 가상으로 완벽하게 복제)
4. 홀로그램 통신(3D 홀로그램 형태로 실시간 대화)
5. 자율주행 레벨 5(완전 무인 자율주행으로, 인간 개입 불필요)
6. 메타버스 2.0(실사급 그래픽의 몰입형 가상세계)
7. XR 클라우드(AR/VR/MR 컴퓨팅을 클라우드에서 처리)
8. AI 디지털 휴먼(AI 기반 가상 인간)
9. 양자 보안 통신(양자 암호로 해킹 불가능한 통신)

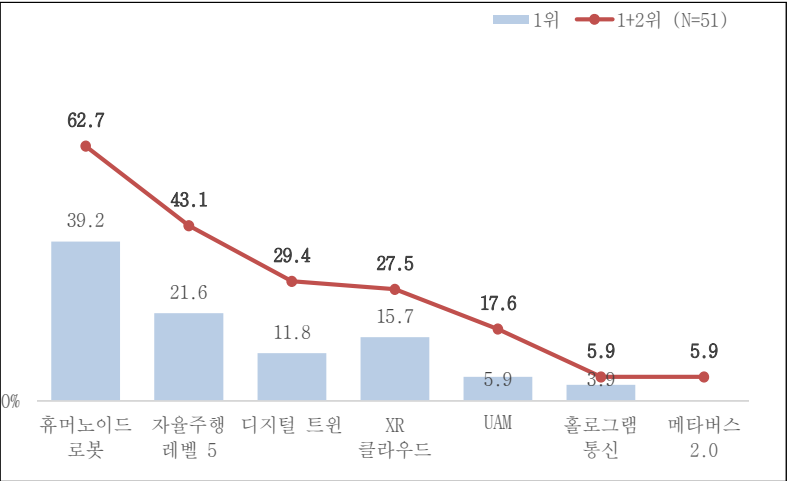
○ (성공 가능성 높은 미래서비스) 6G 시대, 즉 꼭 6G 기술을 전제하지 않더라도 그 무렵에 성공 가능성이 높을 것으로 예상하는 미래서비스로 휴머노이드 로봇이 62.7%(1+2위)로 가장 높은 응답을 보이고, 자율주행 레벨 5가 43.1%로 그 뒤를 이음

- 본 연구에서 중점적으로 살피는 3가지 미래서비스를 비교하면 1위 응답 기준 휴머노이드(39.2%), 디지털 트윈(11.8%), UAM(5.9%)의 순이었으며, 1+2위 기준으로도 상당한 격차를 보이며 휴머노이드가 가장 높은 응답을 얻음

- 자율주행 레벨 5는 이 문항에서도 2위를 차지함

- XR 클라우드의 1위 응답은 디지털 트윈과 UAM을 상회했다는 점이 특징적

[그림 4-13] 6G 시대에 성공 가능성 높을 것으로 예상하는 미래 서비스
(N=51, 단위: %)



주: 1) 전체 응답자 BASE임
2) 1+2위는 복수응답임

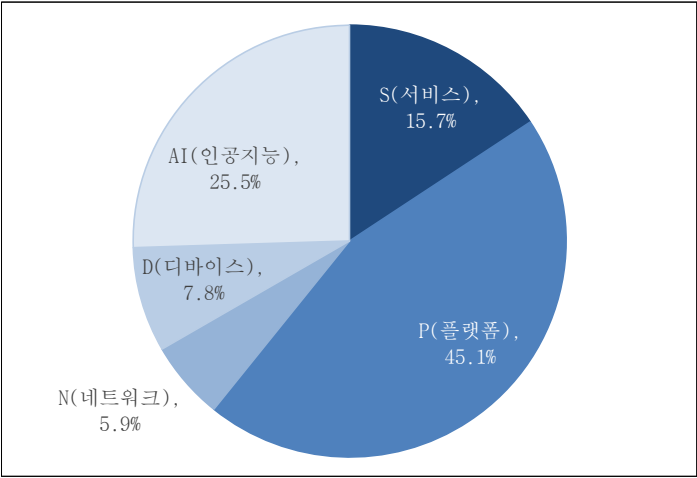
Q. 다음은 비즈니스 측면에서 6G 기술을 활용할 것으로 예상되는 미래 서비스에 대한 질문입니다. 귀하께서는 6G 시대에 성공 가능성이 높을 것으로 예상하는 미래 서비스는 무엇이라고 생각하십니까? 성공 가능성이 높은 순으로 2위까지 응답해 주십시오.

1. 휴머노이드 로봇(인간의 외형과 행동을 모방한 로봇)
2. UAM(드론/전기 비행체를 이용한 도심 항공 교통)
3. 디지털 트윈(현실의 물리적 객체/시스템을 가상으로 완벽하게 복제)
4. 홀로그램 통신(3D 홀로그램 형태로 실시간 대화)
5. 자율주행 레벨 5(완전 무인 자율주행으로, 인간 개입 불필요)
6. 메타버스 2.0(실사급 그래픽의 몰입형 가상세계)
7. XR 클라우드(AR/VR/MR 컴퓨팅을 클라우드에서 처리)
8. AI 디지털 휴먼(AI 기반 가상 인간)
9. 양자 보안 통신(양자 암호로 해킹 불가능한 통신)

□ 우리나라의 6G 기술력 평가

- (6G 생태계 취약 분야) 6G 생태계 구성요소(서비스-네트워크-플랫폼-디바이스, 보안) 중에서 우리나라가 가장 약한 분야로 플랫폼이 45.1%, AI(인공지능)가 25.5%로 그다음 취약한 것으로 평가됨

[그림 4-14] 6G 분야에서 우리나라가 가장 약한 분야
(N=51, 단위: %)



주: 1) 전체 응답자 BASE임

Q. 귀하께서는 현재 6G 분야에서 한국이 가장 약한 분야는 무엇이라고 생각하십니까? 다음에 제시한 S-P-N-D(서비스-플랫폼-네트워크-디바이스)와 Security(보안) 중 가장 약한 분야를 응답해 주십시오.

- (취약 원인) 플랫폼의 경우 전반적으로 글로벌 빅테크 대비 기술력이 부재하고 규모의 경제에서의 열위를 지적하는 시각이 많았음
- 취약 원인을 해소하기 위한 정책방안은 세제 지원 등 예산 지원, 규제 완화, 해외 진출 지원 등을 언급하였음

〈표 4-7〉 6G 분야에서 우리나라가 약한 이유 및 개선을 위한 정부 정책

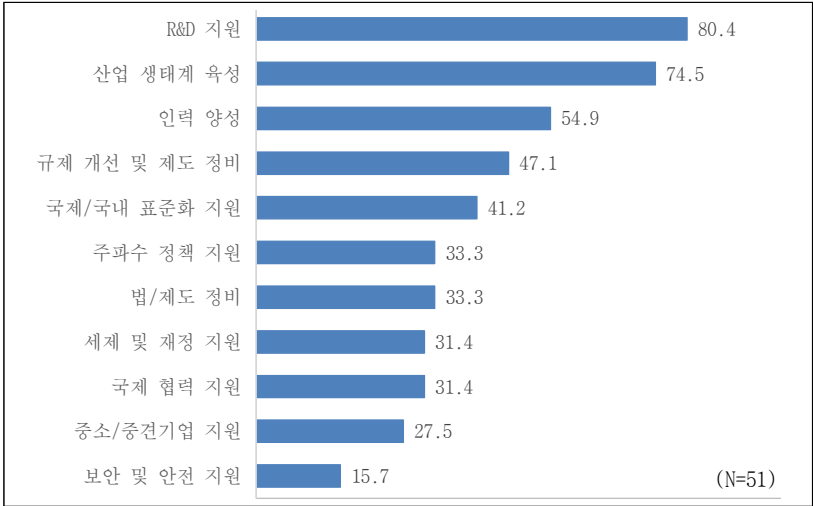
약한 분야	약한 이유	정부 정책 방안
P(플랫폼)	• 핵심 기술에서 글로벌 빅테크 대비 기술력 약세 • 규모의 경제 측면에서 열위 • 플랫폼 연구 부족	• 기업 세제 혜택 및 정책금융 지원 • 소버린 AI로 데이터 주권 강화, AI 팩토리화 인프라 전환 • 6G 전환 시점 맞춰 해외 진출 지원
AI(인공지능)	• 미국/중국 대비 AI 기술력/인력 부족 • 한글 데이터 부족 • 데이터 활용 규제와 접근 어려움	• AI+6G 결합 핵심 플랫폼/기술/서비스 대규모 예산 지원 • AI 인프라 마련 및 연구 활성화 • AI 분야 규제 완화
S(서비스)	• 약한 SW 역량 • 상용 서비스, 비즈니스 모델 부족 • 6G 기반 신규 서비스/콘텐츠 생태계 육성 뒤처짐	• 6G 킬러 서비스 발굴 및 AI 결합 R&D 예산 집중 • 서비스 실증 및 규제 샌드박스 확대 • 융합 서비스 R&D 적극 지원
D(디바이스)	• VR/AR 디바이스 기술 경쟁력 부족 • 스마트폰 중심 산업 구조로 6G 생태계 확장 제약 • 다양한 디바이스(드론, 자율주행차, 위성단말, IoT, 로봇 등) 생태계 부실	• 통신 칩셋 자립화 추진 • 포스트 스마트폰 로드맵 마련(XR, AIoT, 로봇, 위성통신 단말 등) • 해외 인재 스카우트 및 통신칩 전문 인력 양성
N(네트워크)	• 네트워크 장비 시장 점유율 낮음 • 글로벌 주도 기업 부재 • 원천 기술 기반 HW 약함(안테나, RF, GaN 반도체 등)	• 6G 전환 시점에 지원 및 규제완화로 시장 선점 • 소버린 AI처럼 자주국방 개념의 지원 • 국가 R&D 통한 원천기술 개발

주: 전체 응답자 BASE임

Q. 귀하께서는(EE)을(를) 현재 6G 분야에서 한국이 가장 약한 분야로 응답하였습니다. 귀하께서 그렇게 응답한 이유를 구체적으로 기술해 주십시오. Q. 그럼, 귀하께서는 현재 6G 분야에서 한국이 가장 약한 분야인(EE)을(를) 강화하기 위해 정부가 할 수 있는 정책적 방안이 있다면, 구체적으로 기술해 주십시오.

- (정부 지원 요청사항) 우리나라 6G 이동통신과 기반 서비스 발전에 필요한 정부지원으로 R&D 지원이 80.4%로 가장 높은 가운데, 산업 생태계 육성과 인력 양성 등의 순으로 정부 지원이 필요한 것으로 지적되었음

[그림 4-15] 우리나라 6G 이동통신과 기반 서비스 발전에 필요한 정부지원
(N=51, 단위: %)



주: 1) 전체 응답자 BASE임
2) 복수응답임

Q. 귀하께서는 우리나라 6G 이동통신과 기반 서비스 발전을 위해, 필요한 정부지원은 무엇이
라고 생각하십니까? 다음 보기 중 모두 응답해 주십시오.

- (정부 지원 제안사항) 서술형 응답에서는 구체적 R&D 투자 확대, 규제·제도 개선, 인력 양성, 산업 생태계 지원 등이 필요하다고 제안되었음

<표 4-8> 6G 이동통신과 기반 서비스 발전을 위한 정부지원 제안사항

정책 분야	주요 내용
R&D 및 투자 지원	• 정부의 대규모 R&D 투자 및 지속적/안정적 예산 지원 • AI+6G 결합 핵심 기술 개발 집중 투자 • 차세대 클라우드, AI 기술 중심 원천기술 개발 투자
규제 및 제도 개선	• 규제 철폐 및 완화로 글로벌 사업자 성장 환경 조성 • 사전허용-사후관리형 규제 샌드박스 운영 • 데이터 활용, 보안, 사업자 허가 절차 간소화

정책 분야	주요 내용
인력 양성	• 통신 특성화 대학원 등 고급 인재 양성 집중 투자 • 해외 인재 스카우트 및 통신칩 전문 인력 양성 • 표준화/6G 융합 전문인력 양성
산업 생태계 지원	• 민간 중심 자율적 시장 활성화 지원 • 중소기업/스타트업 사업 참여 기회 확대 • 공정경쟁 환경보다 글로벌 성장 지원 우선

주: 전체 응답자 BASE임

Q. 귀하께서 앞 질문에서 응답한 정부지원에 대해 제안사항이 있다면, 그 내용을 구체적으로 기술해 주십시오.

제 5 장 결 론

□ 6G 이동통신과 AI 기술

- 정부, 공공, 민간 전 부문에서 AI는 가장 큰 화두이며 정부 정책은 AI를 키워드로 하지 않은 경우를 찾기가 더 힘든 상황임
 - 이제 AX(AI 전환, AI Transformation)를 산업 AX, 공공 AX, 지역 AX로 구분하여 전방위적으로 AI를 통한 대전환을 모색하기 시작
- 이러한 상황에서 그것을 지탱하는 기본적 인프라인 네트워크에 대한 관심과 투자는 위축되고 있는 상황인데, 여기서도 AI와의 관계 속에서 돌파구를 찾아야 하는 상황임
 - 전문가 인식조사 결과에서, 6G의 6대 기술 특성 중 가장 중요하다고 선택한 특성은 인공지능 결합통신(Integrated AI and Communication)으로 64.7%의 응답자가 가장 중요한 특성으로 응답
 - AI와 6G 네트워크의 상호 영향을 물어본 결과 AI가 6G 네트워크의 발전에 중요하다고 응답한 응답자는 94.2%, 6G 네트워크가 AI의 발전에 중요하다고 응답한 응답자도 89.2%에 이름
 - AI와 6G는 협력적인 관계로 보는 시각이 86.3%로 높으나, 일부 전문가들은 경쟁적인 관계도 있다고 봤음
 - 경쟁적 관계라는 관점은 AI 생태계가 너무 커지고 AI에 대한 투자가 집중되는 등 투자에서의 경합성을 말하는 것에 해당하며, 기술 자체가 서로 강하게 대체되는 경쟁을 의미하는 것은 아니라고 해석

□ 6G 이동통신 표준화·상용화 추진

- 6G 표준화는 ITU의 IMT-2030을 중심으로 사실(de facto) 표준화 기구인 3GPP, 유럽의 ETSI, O-RAN Alliance 등 다차원적으로 진행되는 상황
 - 최근에는 AI를 6G 네트워크 효율화 등에 반영하는 등 AI가 강조되고 있음
 - 5G에서 5G 기반 서비스의 발전이 제대로 되지 않았다는 지적이 있어서인지 6G 표준화 과정에서는 6G에서 발현될 수 있는 시나리오¹⁰⁾나 사용 사례 및 서비스에 대한 고려를 충분히 하려고 노력하고 있음
 - 네트워크 아키텍처에서 O-RAN과 AI-RAN이 어떻게 협력하거나 공존할 수 있을가에 대한 연구 및 검토 지속
 - 인공지능, 양자컴퓨팅 등 기술 발전이 6G 네트워크의 보안에 초래할 수 있는 위협요인에 대한 고려도 이루어지고 있음
- 미국, 중국, EU, 한국 등 각국은 6G 표준화 및 상용화의 주도권을 잃지 않기 위해서 노력 중인데 현재는 중국이 주도권을 가지고 있는 것으로 판단
 - 미국은 6G Task Force를 구성하고 산업표준화 동향, 기술 활용 가능성, 보안 및 공급망 한계를 평가하고 미 국방부는 6G 기반 통합센싱 및 통신개념을 실험하면 차세대 무선기술을 국방작전에 적용하기 위한 연구개발도 본격화
 - 중국도 IMT-2030 추진조를 통해서 6G 핵심 시나리오를 제시하며 개방형 시험 플랫폼 도입을 통해 혁신 생태계 조성을 추진하고 있으며 2024년에는 글로벌 6G 발전대회를 개최한 바 있음
 - EU도 EU집행위와 민간 파트너십 기반의 공동기구인 SNS JU(Smart

10) ITU의 6대 시나리오: 몰입형 통신(Immersive Communication), 초연결 진화통신(Massive Communication), 초저지연 진화 통신(Hyper Reliable and Low-latency Communication), 인공지능 결합 통신(Integrated AI and Communication), 센싱 결합 통신(Integrated Sensing and Communication), 유비쿼터스 연결(Ubiquitous Connectivity)

- Networks and Services Joint Undertaking)을 통해서 2025년 유럽 주도의 6G 표준화 및 인프라 구축을 위해서 무선통신, AI 네트워크, 보안, 지속가능성 등 4개 핵심 분야와 4대 산업 실증 프로젝트를 추진
- 우리나라는 6G 주파수 대역 발굴 및 주도권 확보를 위해 노력하고 있으며 6G 원칙 공동선언문에 참여하는 등 글로벌 협력을 강화하고 표준화 단체인 TTA, 기술연구기관인 ETRI, 민관협력단체인 6G 포럼 등을 통해서 표준화 논의에 활발히 참여 중임
 - 전문가 서베이 결과에 따르면 우리나라는 표준화 선도성에서 미국, 중국, 유럽에 이어 네 번째임. 최초 상용화 가능성에서 중국에 이어 두 번째로 높은 순위를 보임
 - 우리나라가 5G에서 최초 상용화를 달성했음에도 불구하고 6G에서는 중국에 밀릴 것으로 예상하는 전문가가 더 많았음. 이는 중국이 6G 기술력에서 앞서가는 측면도 있지만, 최근 국내 통신사업자들의 미래 네트워크 투자나 기술력에 대해서 의문을 가지는 시각도 영향을 미친 것으로 보임

□ 특화 미래서비스(휴머노이드, UAM, 디지털 트윈)의 전망

- 6G 기술 발전과 휴머노이드, UAM, 디지털 트윈의 성공 가능성의 관계를 살펴보면 필요조건·충분조건까지는 아니지만 어느 정도 밀접한 관계는 있는 것으로 결론을 내릴 수 있음
- 6G 기술이 얼마나 필요한가의 관점에서 볼 때 휴머노이드가 6G 기술이 가장 필요하다는 전문가들의 의견이 39.2%로 가장 높았으며 상당한 차이를 두고 디지털 트윈(13.7%), UAM(9.8%)이 뒤를 이었음
- 휴머노이드의 경우 특히 퍼지컬 AI의 대표적인 구현체로 퍼지컬 AI를 위해서는 6G 기술이 상당히 필요할 수 있다는 것임. 특히 휴머노이드 간의 협동이 필요한 경우 혹은 빠르고 정확한 반응이 요구되는 크리티컬한 휴머노이드 이용 사례에서 특히 6G 기술력은 중요할 것으로 보임

- 단적인 예로 군사용 휴머노이드의 경우 조금이라도 반응이 빨라야 선제적인 공격과 방어가 가능함. 휴머노이드의 물리적 능력이 동일하다면 네트워크의 용량과 속도, 그리고 안정성이 그 반응속도를 결정할 것임
 - 통상적인 가정 내 환경에서는 와이파이만으로도 충분하다는 주장도 있으며, 온디바이스 AI 등 엣지(Edge)에서의 AI의 구현이 강화되면 네트워크의 중요성이 약화된다는 주장도 있음
 - 현재 시장에서 판매되거나 판매될 휴머노이드의 경우 와이파이, LTE, 5G급 정도의 통신 연결성을 가진 것으로 보이는데, 현 단계에서는 와이파이나 LTE로도 충분한 것으로 판단
 - 문제는 매우 정교하고 빠른 반응을 요구하는 크리티컬 응용 사례가 존재하며 이 경우는 고도화된 6G가 매우 중요
 - 전문가 조사에서와 같이 디지털 트윈이나 UAM에서의 6G 필요성은 다소 떨어지는 것은 사실. 하지만 디지털 트윈도 매우 정교한 트윈 환경에서의 공정 통제 등 6G급의 네트워크 지원이 필요한 상황이 있으며, 특히 XR 환경과 클라우드 기반으로 연결될 때는 네트워크 요구사항이 매우 커질 수 있음
 - UAM의 경우 저궤도 위성통신이나 HAPS와 같은 성층권 통신과의 연계성은 필요하나, 이러한 통신요소는 반드시 6G 고유의 통신요소라고 볼 수는 없음. UAM의 특성상 승객의 숫자가 4~8명 정도가 최대로 그들의 사용량 기준으로 봐도 그렇게 대용량의 데이터가 필요한 것은 아니어서 상대적으로 6G와 같은 고도의 이동통신망을 요구한다고 보기는 힘들
 - 모빌리티 분야에서 가장 선도적인 상용화가 추진되고 있는 자율주행자동차의 경우도 카메라나 라이다 센서 등으로도 운행에 문제가 없는 상황. 즉, 모빌리티에서 이동통신 네트워크의 중요성이 그리 크지 않다는 시각이 있음
 - 오히려 군사적 목적의 드론 등을 통제하는 용도로 고도화된 통신망이나 저궤도 위성통신이 중요한 역할을 할 가능성이 제기됨
- 네트워크와의 연계 여부와 무관하게 개별 서비스로서의 성공 가능성을 살펴

보면, 역시 휴머노이드의 성공 가능성이 가장 높다고 예상하는 전문가 의견이 대부분. 이어 디지털 트윈과 UAM의 순서로 뒤따르는데, 휴머노이드와는 뚜렷한 격차가 존재

- UAM은 일단 「도심항공교통법」의 제정을 통해서 실증사업은 진행되고 있으나, 국내에서의 사업성이 매우 낮은 편이라고 지적됨. 회랑(Corridor), 버티포트(Vertipoint), 기체 등 핵심 요소들 모두 접근성이 낮다는 문제가 있음
 - UAM의 서비스는 현실적으로 한강 택시와 유사한 비즈니스 모델만 가능한 상태이며, 실제로 상용화가 되기 시작하면 항공4법(「항공안전법」, 「항공보안법」, 「공항시설법」, 「항공사업법」)의 규제 체계 내로 편입될 가능성이 높음
 - 특히, 조종사가 탑승해야 하는 현재 상황에서는 더더욱 상업성이 낮다는 문제가 있고, 조종사 관련 규제 적용이 불가피하며, 충돌 사고 시 책임 소지 등이 기존 항공기와 달리 취급될 여지가 낮음
 - 저고도를 비행함에 따른 개인정보 보호 이슈와 보안 취약성을 이용한 무기화 시 심각한 안보 문제를 초래할 가능성도 있음
- 휴머노이드는 기본적으로 제조물이라는 관점과 로봇이라는 관점에서 기존의 법체계, 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」, 「제조물 책임법」, 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」, 「전파법」 등에서 이미 일정 부분을 포섭하고 있다고 볼 수 있음
 - 다만 휴머노이드가 사람과 상호작용을 할 가능성이 높고 특히 인공지능 기술이 포함됨에 따라 이로 인한 법·제도적 쟁점이 부각될 수 있으며, 나아가 헌법적 논의로 확산될 가능성이 있음
 - 미래 인구의 감소가 예상되는 상황에서 돌봄로봇, 가사로봇 등 인간을 대체하는 로봇은 실용성이 높고 공장에서의 활용도도 높을 것으로 보임. 사회적 저항성도 상대적으로 낮은 편
 - 이미 테슬라, 유니트리, 피규어 등 여러 회사들이 이미 휴머노이드를 출시했거나 출시할 예정. 국내에서도 현대자동차, 레인보우 로보틱스(삼성) 등 여

러 회사가 휴머노이드 시장에 뛰어든 상태

- 따라서, 휴머노이드 시장의 성장 가능성은 국내외를 막론하고 매우 높은 것으로 전망되고 있음
- 디지털 트윈은 원래 스마트공장 도입을 위한 기술로 출발했으나, 메타버스가 주요 화두로 부상한 뒤에는 스마트시티에 대한 논의로도 확장되고 있음
 - 최근에는 피지컬 AI와 융합되어 가상환경과 실환경의 연합을 통해 향상된 성능을 도출하는 요소로도 기능하기 시작
 - 자율주행이나 교통 시뮬레이션에서도 디지털 트윈이 활용되고 있으며, 최적화된 교통 시스템의 구축을 위한 핵심기술로 기능하는 상황
 - 산업부·국토부 등 여러 부처가 연관되어 있어서 데이터 표준화에 일정한 한계가 존재
 - 국방 분야에서도 디지털 트윈을 통한 시뮬레이션이 중요한 역할을 할 수 있으며, 실전 활용의 잠재력도 크다고 평가

□ 미래서비스를 위한 네트워크의 역할과 과제

- 현재 진행되고 있는 ‘산업 AX’ 분야에서도 네트워크의 역할에 대한 충분한 고려가 필요
 - AI 인프라를 논의하는 과정에서 네트워크나 네트워크 사업자의 역할에 대한 논의는 간과되는 경우가 많이 있는데, 최근에서야 필요성이 인식되고 있음
 - 산업 AX의 구현은 산업별로 최적화된 경량화 AI 모델 도입을 기반으로 함. 특히, 온디바이스 AI(On-Device AI)나 엣지 AI(Edge AI)로 추진되는 경향이 나타나면서 네트워크의 역할이나 요구사항이 달라질 수 있음
 - 즉, AI 모델 특성에 따라서 네트워크 부하나 요구사항이 달라질 수 있으며, 이러한 변화의 집합이 6G 네트워크 투자·네트워크 고도화 요구사항에 중대한 영향을 미침
 - AI 인프라가 제대로 작동하기 위해서는 병목 요인이 없어야 하며, 이를 위

해서는 2030년 이후를 대상으로 한 정확한 예측이 필요함. 즉, 휴머노이드의 공급 규모, 온디바이스 AI로 인한 데이터 처리의 내부화 수준 등에 대한 시뮬레이션이 요구됨

- 온디바이스 AI의 성패 여부는 배터리의 성능과도 밀접하게 연관되어 있는 과제라고 볼 수 있음
- 미래서비스들이 제대로 출현하지 못하는 것이 네트워크나 네트워크 사업자의 문제·책임이라고만 볼 수 없음. 서비스 출현에 대한 법·제도적 제약, 투자 수익모델 검토, 사회적 수용성 제고 등 다각적 논의가 필요함
 - 전문가 인터뷰를 해보면, 5G 환경에서도 휴머노이드·UAM·디지털 트윈 등을 현재 기술 수준으로도 구현할 수 있다는 의견이 지배적. 그러나 시장성의 부족, 법제도 제약에 따라 서비스가 활성화되지 않는 경우가 대부분
 - 특히, 규제 샌드박스나 이를 법제화한 「도심항공교통법」 등의 규제혁신법은 초기 서비스를 개시하는 상황에서는 큰 도움을 주지만, 이후 상용화 단계에 접어들면 기존의 법령 체계에 편입될 수밖에 없음
 - 예컨대, UAM은 기존 헬리콥터나 항공기와 차별성이 인정되지 않을 가능성이 높아서 기존 법령 적용을 피하기 어렵다는 문제가 있음
 - 따라서 미래형 혁신 서비스를 다루는 방안에 대해 범부처적 논의와 기준 마련이 선행되어야 함
- 사회적 수용성 개선과 투자회수 방안에 대해 고려해야 할 필요가 있음
 - 사회적 수용성 제고와 기술 진화 도모를 위해 R&D 투자 확대가 필요. 사회적 수용성 측면에서 단기적으로 서비스 제공이 어렵다고 판단되는 분야는 과감히 투자를 줄이고 ‘선택과 집중’ 전략을 채택해야 함
 - 네트워크 투자와 업그레이드에 대한 투자회수 방안도 함께 검토해야 함
 - 가계 통신비 부담을 직접 증가시키는 방식으로 접근하는 것이 아니라, B2B 또는 B2B2C 방식으로 디바이스 제공자·미래서비스 제공자와 네트워크 사업자 간 협정을 통해 투자 수익을 회수하는 방안을 모색할 필요

참 고 문 헌

[국내 문헌]

〈2장〉

과학기술정보통신부 보도자료(2023. 6. 23.), 「6G 이동통신을 위한 글로벌 청사진 마련」.

_____ (2024. 2. 27.), 「6G 연구·개발 및 표준화 진전을 위한 ‘6G 원칙 공동선언문’ 참여」.

_____ (2024. 8. 30.), 「대한민국 스펙트럼 플랜(‘24~’27)」.

_____ (2025. 12. 18.), 「대한민국 ‘AI 고속도로’, 글로벌 1 등 차세대 네트워크로 완성한다」.

삼성뉴스룸 보도자료(2024. 12. 31.), 「삼성전자, AI-RAN 기술 시연…통신·AI 융합 기술 가능성 열어간다」.

_____ (2025. 2. 6.), 「삼성전자, 6G 백서 공개 … ‘AI 내재화·지속가능 통신’ 방향 제시」.

《전자신문》(2025. 3. 24.), “[6G 코리아] ② ‘저대역 재활용·신규대역 발굴’ 투트랙으로 주도권 쥔다.”

《한국경제》(2025. 2. 16.), “KT, 노키아와 초고집적 안테나 기술 검증…6G 기술 확보.”

한국전자통신연구원 보도자료(2024. 12. 18.), 「ETRI, 6G 초실감 서비스를 위한 네트워크 핵심기술 개발」.

_____ (2025. 1. 23.), 「ETRI, 세계 최초 200Gbps급 6G 무선시연 성공」.

_____ (2025. 1. 23.), 「ETRI, MWC서 6G·위성통신·국방

기술공개」.

한국정보통신기술협회(2024), 『ICT 표준화 전략 요약보고서』.

한국정보통신기술협회 보도자료(2024. 8. 7.), 「TTA, 6G 초공간 네트워크 시대, 표준화 선도를 위한 전략 논의」.

_____ (2024. 9. 6.), 「TTA, 한-EU ICT 표준화 전략 개발 협력을 위한 양해각서 체결」.

_____ (2024. 11. 27.), 「TTA, 오픈랜 산업 확대를 위한 표준화 협력 체계 강화」.

_____ (2024. 12. 2.), 「TTA, 일본 표준화기구와 국제공동프로그램 개발 등 양해각서 체결」.

KT 보도자료(2024. 8. 13.), 「KT, LG전자와 6G 기술 연구 개발 및 표준화 협력 강화」.

LG유플러스 보도자료(2024. 5. 28.), 「LG유플러스, 6G 미래기술 ‘앰비언트 IoT’ 비전 제시」.

_____ (2024. 10. 31.), 「LG유플러스, 차세대 ‘거울’ 기술로 6G 시대 준비 가속화」.

_____ (2024. 10. 31.), 「LG유플러스, 비지상 네트워크 활용 6G 미래상 제시」.

SK텔레콤(2024), 『SK텔레콤 6G백서』.

SK텔레콤 보도자료(2024. 2. 1.), 「SKT, 6G 진화 위한 저지연 코어망 핵심 기술 개발」.

_____ (2025. 11. 26.), 「SKT-삼성전자, 6G AI-RAN 기술 공동 개발 나선다」.

〈3장〉

6G 포럼(2023), “위성통신의 도심항공모빌리티 적용,” 《6G Forum 이슈 리포트》, Vol. 2, 6G 포럼.

- 고양연구원(2024), “고양특례시의 미래, 도심항공교통(UAM).” 《GYRI 이슈리포트》, vol. 07.
- 관계부처합동(2021), 「도시의 하늘을 여는 한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵」.
- 관계부처합동 보도자료(2021. 9. 6.), 「디지털 트윈 활성화 전략」.
- _____ (2024. 1. 16.), 「제4차 지능형로봇 기본계획(2024~2028)」.
- 국토교통과학기술진흥원(2021), 「한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵」.
- 국토교통부 보도자료(2021. 9. 27.), 「25년 서울 도심에 도심항공교통(UAM) 전용 하늘길 신설」.
- 국토연구원(2021), 「디지털 트윈 국토 추진을 위한 전략연구」, 세종: KRIHS(국토연구원).
- 국회입법조사처(2024), “도심항공교통(Urban Air Mobility, UAM) 상용화를 위한 정책 과제,” 《이슈와 논점》, 2216호, 국회입법조사처.
- 김법연(2021), “디지털트윈 시대의 정보보호 정책과제,” 《국토》, 49-56.
- 김상호(2021), “도심항공교통 표준화 현황 및 기술규제에 대한 선제적 대응의 필요성,” 《오토저널》, 43(11), 22-26.
- 김영선·오휘명·손상우(2024), “북미 지역 디지털트윈 시스템 구현을 위한 AI 기술 적용 동향에 관한 연구,” 《한국통신학회 인공지능 학술대회 논문집, 제주
- 김영진(2025), “휴머노이드 로봇에 관한 헌법적 고찰: 헌법적 쟁점 및 규율·지원 체계에 관한 시론(試論),” 《헌법학연구》, 31(2), 307-344.
- 김용운(2021), “디지털 트윈의 개념과 기술 및 산업 분야별 활용 사례,” 신기술동향학회지, 《지능정보기술동향》, 31-47.
- 김은빈(2025), “항공물류 경쟁력 강화를 위한 자율운항항공기의 효과와 운영상의 쟁점,” 《통상정보연구》, 27(1), 91-108.
- 김원태·윤성진·김영진·조든술(2020), “자율형 물리 시스템을 위한 디지털 트윈 기술,” 《한국통신학회지(정보와 통신)》, 37(7), 9-21.
- 김진식 외(2023), “UAM 활성화를 위한 삼성역 부근의 버티포트 입지 분석: 수도권 실증노선을 중심으로,” 《시스템엔지니어링학술지》, 64-78.

김진우(2018), “지능형 로봇과 민사책임,” 《저스티스》, 46-80.

문우춘(2024), “UAM 산업 동향 및 글로벌 표준화 방향,” 《TTA ICT Standard Weekly》, 제1186호.

박선욱·김명현(2020), “UAM(Urban Air Mobility) 서비스 이용자 수용성 영향요인 분석,” 《한국항공우주학회 학술발표회 초록집》, 699-700.

박지은(2024), “산업용 로봇 관점에서의 휴머노이드 로봇 동향,” 《KISToday》, Vol. 009, 한국과학기술연구원.

박초롱·이종호·이재욱·손동욱(2023), “도심항공교통(UAM: Urban Air Mobility)의 인프라 구축을 위한 기존 고층건축물 헬리포트 활용 및 위치 선정 방안 연구,” 《한국산학기술학회논문지》, 24(5), 499-509.

변승현(2018), “디지털 트윈과 시뮬레이터,” 《전기의 세계》, 67(8), 24-27.

《아시아경제》(2016. 12. 4.), “국내 최초 운전대 잡은 로봇, 영동대로 달렸다.”

오현정 외(2025), “휴머노이드 로봇의 진화와 미래 과제,” 《[ETRI] 전자통신동향분석》, 40(3), 82-92.

윤주열·황호연(2020), “도심항공 모빌리티(UAM) 적용에 필요한 효율, 신뢰성, 안전성, 소음, 배기가스, 성능 및 인증의 요구도 분석,” 《한국항공학회논문지》, 24(5), 329-342.

이관중·김채린(2023), “[UAM] 도심항공교통, 상용화를 위한 기술·정책적 제언,” 《월간항공》, (409), 84-87.

이동훈(2018), “Science Technology-소셜 로봇이란?” 《TTA 저널》, 178, 68-69.

이승직·김자미(2021), “디지털 트윈 기술 활용에 따른 윤리적 이슈 분석,” 《한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집》, 25(1(A)), 75-78.

이영재 외(2023), “신규 P-73(서울 비행금지구역) 기반 도심 항공 모빌리티(UAM) 회랑 개념 정립,” 《한국항공우주학회 학술발표회 초록집》, 616-617.

이인곤·강철하(2018), “인공지능 로봇의 형사법이론 체계에 관한 일고: 범죄능력·형사책임능력을 중심으로,” 《법학연구》, 18(3), 21-54.

- 이환수·황인석(2025), “디지털 트윈의 시대: 제조업에서의 구축방안,” 《STEP Futures》, 4(1).
- 장세원·윤범수·전승목(2021), “고전력 시설 유치 사례로 본 UAM 버티포트 (Vertiport) 구축 시 예상되는 사회적 수용성에 관한 연구,” 《한국항공우주학회 학술발표회 초록집》, 996-997.
- 장윤섭·장인성(2021), “스마트 도시 실현을 위한 디지털 트윈 기술 동향,” 《전자통신동향분석》, 36(1), 99-108.
- 전광기(2023), “미래항공모빌리티(AAM)의 국내·외 기술개발 동향과 핵심 기술,” 《모빌리티 인사이트》, 2023-21, 한국자동차연구원.
- 전상원(2015), “국내의 휴머노이드 로봇,” 《전자공학회지》, 42(12), 18-25.
- 전재호·강성주·정성일·전인걸(2018), “CPS 기반 디지털 트윈 모델링 및 시뮬레이션 기술,” 《대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집》, 2635-2639.
- 정보통신기획평가원(2019), “디지털 전환의 핵심, 디지털 트윈: 제조와 도시를 중심으로,” 《ICT SPOT Issue 동향분석》, 2019-26. 1-30.
- _____ (2021), “UAM(도심 항공 모빌리티) 산업의 D.N.A. 활용 현황 및 전망,” 《ICT SPOT Issue 동향분석》, 2021-14. 1-27.
- _____ (2021), 『디지털 트윈 기술 K-로드맵』, 대전: 정보통신기획평가원.
- _____ (2024), “6G 이동통신과 UAM의 융합,” 《주간기술동향》, 2024-30.
- _____ (2024), “6G 센싱·통신 통합 기술 동향,” 《주간기술동향》, 2024-38.
- 최수빈·한중훈·정민채(2025), “디지털 트윈에서 동기화 오류 최소화를 위한 최적 Inference Task 길이 분석,” 《한국통신학회 학술대회논문집》, 강원.
- 특허청 보도자료(2024), 「‘6G부터 에어택시까지’ 표준특허 선점으로 앞서간다!」.
- 하나금융연구소(2024), 『휴머노이드 로봇, 특이점이 온다』, 연구보고서, HFGI-2024-1007, 하나금융연구소.

한국과학기술기획평가원(2021), “개인용 항공기(PAV),” 《KISTEP 기술동향브리프》, 2021-05호. 한국과학기술기획평가원.

한국과학기술정보원(2022), “서비스 로봇,” 《ASTI Market Insight》, 32. 한국과학기술정보원.

한국노동연구원(2023), 『도심항공교통 상용화에 따른 고용영향』.

한국법제연구원(2024), “미래모빌리티 도심항공교통(UAM) 확산을 위한 법제연구,” 《연구보고》, 24-09.

한국산업기술기획평가원(2025), “국내외 휴머노이드 R&D 동향과 미래전망,” 2025-03, KIET Trendline

_____ (2025), “디지털 트윈,” 《KIET 기술통계리포트》 2025-4월 2주차.

한국전자기술연구원(2022), “국내 UAM 산업육성을 위한 정책 제언,” 《KETI Issue Report》, 2022-5호, 한국전자기술연구원.

한국전자통신연구원(2022), “디지털 트윈의 꿈(개정증보판),” 《ETRI Insight 보고서》. _____ (2025), “AI 휴머노이드 진화 특성: 美-中 비교를 중심으로,”

KIRI-2025-0315. 한국정보통신연구원 ICT 전략연구소.

한국전자통신연구원 보도자료(2023. 5. 8.), 「ETRI, 인천시와 6G 입체통신 실증 나선다」.

항공정보포털시스템(2025), “도심항공교통(UAM),” 국토교통부, 2025. 10. 23., <http://www.airportal.go.kr/airplane/uamKo.do>.

현대자동차그룹 보도자료(2025. 7. 12.), 「현대자동차·보스톤다이내믹스, 글로벌 기업과 로봇-AI 시대의 HR 역할 논의」.

IBM(2025), “디지털 트윈이란?” 2025. 9. 2., <http://www.ibm.com/kr-ko/think/topics/digital-twin>.

IMARC Group(2024), “유형, 기술, 최종 용도 및 지역별 한국 디지털 트윈 시장 규모, 점유율, 동향 및 예측, 2025-2033년,” IMARC Group.

- KDB미래전략연구소(2023), “UAM 생태계 조성 동향,” 《KDB리포트》, 제1022호.
KDB미래전략연구소.
_____ (2025), “휴머노이드 로봇 산업 동향,” 《KDB리포트》, 제1068호. KDB미래전략연구소.
- KDI 경제정보센터(2023), “해외동향 -- UAM편,”(2023-04). KDI 경제정보센터.
- LG경영연구원(2014), “휴머노이드 로봇, 우리 곁으로 다가오고 있다,” 《LG Business Insight》, LG경영연구원.
- ORBRO(2025), “디지털 트윈(Digital Twin)이란?” 2025. 9. 3.,
<http://orbro.io/enterprise/technology/what-is-digital-twin>.
- PwC컨설팅(2024), “UAM Ready for Takeoff: 국내 UAM 사업 준비를 위한 제안,” 《PwC컨설팅 Insights》.

〈4장〉

과학기술정보통신부 보도자료(2023. 6. 23.), 「6G 이동통신을 위한 글로벌 청사진 마련」.

[해외문헌]

〈2장〉

- 3GPP(2024). 3GPP Stage-1 Summary of the Workshop(SWS-240025).
_____ (2025). Plenary progress on Rel-19 freeze.
_____ (2025). Release 19.
_____ (2025). Release 20.
_____ (2025). Rel-20 Planning and Progress in TSG SA.
_____ (2025). Report of the 3GPP 6G Workshop(6GWS-250244).
5GACIA(2025). Vertical Industry Perspective on 6G.
6G-IA(2024). White Paper The role of 6G in agriculture.

6G SNS(2025). Annex to the SNS JU Work Programme 2025 SNS R&I Work Programme 2025.

CHINA DAILY(2025. 3. 11.). “China Telecom obtains key 6G satellite-terrestrial patent.”

DefenseScoop(2025. 3. 19). DOD turns its focus to 6G with concept that could help sense drones.

ETSI(2023). ETSI Launches a New Group for Integrated Sensing and Communications, a Candidate Technology for 6G.

_____(2025). Integrated Sensing And Communications(ISAC); Use Cases and Deployment Scenarios.

_____(2025). ETSI Launches New Group on Multiple Access Techniques for 6G Networks.

Hexa-X-II(2024). Hexa-X-II’s Workshop on 6G Architecture and Standardization.

_____(2025). Final Design on 6G Smart Network Management Framework.

_____(2025). Final architectural framework and analysis.

Huawei(2024). Communications Network 2030.

IMT-2030(6G) 推进组(2023). 6G Usage Scenarios and Key Capabilities White Paper.

_____(2024). 奋进新程，眺望前沿，携手共筑6G标准：2024全球6G发展大会在沪成功开幕.

ITU(2022). Future technology trends of terrestrial International Mobile Telecommunications systems towards 2030 and beyond.

_____(2023). Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond.

- ITU(2024). Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond.
- _____(2023). Recommendation ITU-R M.2160-0.
- _____(2024). Technical feasibility of IMT in bands above 100 GHz.
- MOBILE EUROPE(2024). Defining the future for 6GHz, 6G, satellites and more WRC-2023.
- Next G Alliance(2022). Next G Alliance Report: Roadmap to 6G.
- _____(2024). North American 6G Roadmap Priorities.
- _____(2025). Sustainable AI in Telecom: Promises and Challenges in 6G.
- NGMN(2022). 6G Use Cases and Analysis.
- _____(2023). 6G Trustworthiness Considerations.
- _____(2025). NETWORK ARCHITECTURE EVOLUTION TOWARDS 6G.
- NICT(2023). NICT Beyond 5G/6G White Paper.
- NSF(2024). NSF invests \$7 million to expand advanced wireless testing capabilities, propel O-RAN ecosystem innovation and growth.
- NTIA(2024). Advancement of 6G Telecommunications Technology.
- NTT DOCOMO(2023). 5G Evolution and 6G White Paper(Versión 5.0).
- _____(2024). 6G Radio-interface Indoor Test Using AI in the 4.8 GHz Band for the First Time in Japan Improves Throughput up to 18%.
- NTT, NTT and DOCOMO(2025). Successfully Demonstrates On-Demand Unified Control of Computing Services Through Network and Service Integration-Advancing AI Utilization in the 6G Era with In-Network Computing-.
- O-RAN Alliance(2024). 7th O-RAN 6G Workshop: Countdown to 6G Standardization – Views from Industry and Research Communities.

O-RAN Alliance(2024). Research Report on Service-based RAN for 6G Network.

_____ (2025). 8th O-RAN 6G Workshop: Reflection on the Eve of 6G.

_____ (2025) 9th O-RAN 6G Workshop: Intelligent RAN in the 6G Era.

Qualcomm(2022). Vision, market drivers, and research directions on the path to 6G.

_____ (2024). How can we shape the future of mobile connectivity with 6G?

RSPG(2023). The development of 6G and possible implications for spectrum needs and guidance on the rollout of future wireless broadband networks.

SNS JU(2024). SNS R&I Work Programme 2025.

_____ (2024). SNS Work Programme 2025.

U.S. Congress(2024. 9. 19.). “Future Uses of Technology Upholding Reliable and Enhanced Networks Act(FUTURE Networks Act).”

XGMF(2024). Beyond 5G White Paper 4.0.

_____ (2024). XGMF Project Briefing Session Materials Available to the Public.

ZTE(2023). China Mobile and ZTE conduct the industry’s first trial of a single sub-6G 5G cell, achieving a peak throughput of over 10Gbps.

_____(2024). AIS and ZTE complete a trial of D3-ELAA, bringing 6G technology to 5G advanced network.

_____(2025). ZTE launches the industry’s first intelligent 400GE base station router to advance 5G-A/6G converged transport networks.

일본 총무성(総務省)(2024), “Beyond 5G 推進戦略 2.0.”

_____ (2025), 大阪・関西万博における「Beyond 5G ready 쇼ー 케이스」の開催.

중국 공업정보화부(工业和信息化部) 외 6개 부처(2024), 《工业和信息化部等七部门 关于推动未来产业创新发展的实施意见》.

〈3장〉

ABAB(2021). Digital twins, an ABAB position paper.

Ahmadi, H., Nag, A., Khar, Z., Sayrafian, K., & Rahardja, S.(2022). “Networked twins and twins of networks: An overview on the relationship between digital twins and 6G.” *IEEE Communications Standards Magazine*, 5(4), 154-160.

Al-Rubaye, S., Conrad, C., & Tsourdos, A.(2024). “Communication Network Architecture with 6G Capabilities for Urban Air Mobility.” In 2024 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)(pp. 1-6). IEEE.

Ansari, S. et al.(2021). Urban Air Mobility—a 6G Use Case?. *Frontiers in Communications and Networks*, 2, 729767.

Asciak, L. et al.(2025). “Digital twin assisted surgery, concept, opportunities, and challenges.” *npj Digital Medicine*. 8(1), 32.

Axiom Holographics(2025). Digital twin. Axiom Holographics.
<http://axiomholographics.com>.

BIS · Research(2020). Global Digital Twin Market. BIS Research.
_____ (2024). Global Digital Twin Market. BIS Research.

Cao, L.(2024). AI Robots and Humanoid AI: Review, Perspectives and Directions. arXiv preprint arXiv:2405.15775.

- CDBB(2018). Gemini principles. University of Cambridge.
- China Mobile Research Institute(2022). Development trend of 6G holographic communication service. Beijing: China Mobile.
- Cohen, A. P., Shaheen, S. A., & Farrar, E. M.(2021). Urban air mobility: History, ecosystem, market potential, and challenges. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(9), 6074-6087.
- Dautenhahn, K.(2007). "Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 362(1480), 679-704.
- Deloitte(2019). Infrastructure barriers to urban air mobility with VTOL. Deloitte Insights.
- EASA(2021). Study on the societal acceptance of urban air mobility in Europe. European Union Aviation Safety Agency and McKinsey & Company.
- Emmert-Streib, F.(2023). What is the role of AI for digital twins?. *AI*, 4(3), 721-728.
- Global X ETFs(2024). The rise of humanoids, explained. Global X ETFs Articles.
- Grand View Research(2024). Humanoid Robot Market(2025-2030). Grand View Research.
- _____ (2024). Urban Air Mobility Market(2024-2030). Grand View Research.
- IMARC Group(2024). Urban Air Mobility Market Size, Share, Trends and Forecast by Type, Operation, Range, Platform Architecture, End Use, and Region, 2025-2033. IMARC Group.
- Korada, L.(2024). Role of generative AI in the digital twin landscape and how it accelerates adoption. *J Artif Intell Mach Learn & Data Sci*,

- 2(1), 902-906.
- Kuruvatti, N. P. et al.(2022). Empowering 6G communication systems with digital twin technology: A comprehensive survey. IEEE Access, 10, 112158-112186.
- Li, Y. et al.(2024). Urban Air Mobility: Review and Challenges. Authorea Preprints.
- Lotz, V. et al.(2023). User acceptance of urban air mobility(UAM) for passenger transport: A choice-based conjoint study. In International Conference on Human-Computer Interaction(pp. 296-315). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Markets and Markets(2025). Digital Twin Market Global Forecast to 2030. Markets and Markets.
- _____ (2025). Humanoid Robot Market Size, Share& Trends, 2025 to 2030. Markets and Markets.
- _____ (2025). Urban Air Mobility Market Size, Share, Trends, Companies & Industry. Markets and Markets.
- McKinsey & Company(2024). What is digital-twin technology? McKinsey & Company.
- Mitsui & Co.(2025). Humanoid robots: Technological advancements driven by generative AI and the launch of pilot programs(Biz Tech Focus 2025). Mitsui & Co. Global Strategic Studies Institute.
- NASA(2020). UAM Vision Concept of Operations (ConOps) UAM Maturity Level (UML) 4. NASA.
- Next G Alliance(2025). 6G digital twins use cases and requirements. Next G Alliance Report 2025 March.
- Omdia(2025). Digital Twins.
- _____ (2025). Technology Analysis: Humanoid Robots and Embodied

Intelligence.

One6G(2023). 6G & Robotics: Use Cases and Potential Service Requirements. White paper. one6G.

_____(2025). 6G empowering future robotics: Mapping requirements and advancements for the IMT-2030 framework. White paper. one6G.

Precedence Research(2025). Digital Twin Market Size, Share, and Trends 2025 to 2034.

Reuters(2025. 2. 28.). “AI robots may hold key to nursing Japan’s ageing population.”

Ruiz Estrada, M. A.(2024). The Impact of Humanoid Robots(HR) in the Economy: From Microeconomic and Macroeconomic Perspective.

Schweiger, K., & Preis, L.(2022). “Urban air mobility: Systematic review of scientific publications and regulations for vertiport design and operations.” *Drones*. 6(7), 179.

SMG Consulting(2025). Advanced Air Mobility Reality Index(ARI). SMG Consulting. <http://aamrealityindex.com/>.

Tang, Z., Zhuang, D., & Zhang, J.(2025). “Evaluation framework for domain-specific digital twin platforms.” *Scientific Reports*, 15(1), 10544.

Tao, F., Qi, Q., Wang, L., & Nee, A. Y. C.(2019). “Digital twins and cyber-physical systems toward smart manufacturing and industry 4.0: Correlation and comparison.” *Engineering*. 5(4), 653-661.

Thippavong, D. P. et al.(2018). Urban air mobility airspace integration concepts and considerations. In 2018 aviation technology, integration, and operations conference(p. 3676).

- Tugal, H. et al.(2023). The impact of a haptic digital twin in the nuclear industry and potential applications. In 2023 IEEE international conference on advanced robotics and its social impacts(ARSO)(pp. 134-139). IEEE.
- UN DESA(2019). World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. UN. New York.
- UN Habitat(2022). World Cities Report 2022: Envisaging the future of cities. United Nations Human Settlements Programme.
- Wirtz, J. et al.(2018). “Brave new world: service robots in the frontline.” *Journal of Service Management*. 29(5), 907-931.
- Wooley, A., Silva, D. F., & Bitencourt, J.(2023). “When is a simulation a digital twin? A systematic literature review.” *Manufacturing Letters*. 35, 940-951.
- Zhang, X., Xu, M., Tan, R., & Niyato, D.(2022). Holographic-type communication for digital twin: A learning-based auction approach. arXiv preprint arXiv:2211.01016.

Abstract

Minchul Kim, Jinwoo Park, Hyeju Kang

■ Title

6G Standardization Trends and Policy Issues of Key 6G-Based Future Services

■ Purpose of Research

Since the announcement of ITU's IMT-2030 vision in 2023, standardization bodies and major countries around the world have been actively engaging in the competition for 6G standardization, striving to secure leadership. Korea is also participating in the competition for 6G leadership, including efforts to secure spectrum bands. This study analyzes domestic and international trends in 6G standardization and examines three specialized service areas that are highly relevant to 6G technologies: humanoids, urban air mobility(UAM), and digital twins.

■ Main Outcomes of Research and Policy Implications

ITU and de facto standardization bodies(e.g. 3GPP, ETSI, the O-RAN

Alliance) are advancing standardization work and preparing for 6G. Major economies, including U.S., China, Japan, and the EU, are also promoting policies to support commercialization. Korea is also preparing for the 6G era, led by the government and the 3 Telecom companies.

Humanoids, Urban Air Mobility(UAM), and digital twins are all promising industrial sectors. These sectors are highly interconnected with 6G communications and AI technologies. However, in Korea, the outlook for UAM is perceived to be more uncertain than that for humanoids or digital twins.

According to the results of an expert survey, many respondents consider China and the U.S. to be the leading countries in 6G standardization and commercialization. Korea is generally viewed as ranking 3rd or 4th. Experts most frequently cited increased R&D investment as a key policy priority for 6G, and also proposed measures such as industrial ecosystem development and workforce training.

For 6G specialized services to succeed, profitability, legal and institutional readiness, and industrial ecosystem development are essential. AI and communication networks should be advanced through an integrated approach.



● 저 자 소 개 ●

김 민 철

- 美 Yale University 경제학 박사
- 현 정보통신정책연구원 선임연구위원

강 혜 주

- 충남대학교 경영학 석사
- 前 정보통신정책연구원 연구원

박 진 우

- 한국외국어대학교 경제학 석사
- 현 정보통신정책연구원 연구원

정책자료 25-13

6G 표준화 동향과 6G 기반 핵심

미래서비스 현황 및 정책 이슈

2025년 12월 일 인쇄

2025년 12월 일 발행

발행인 이 상 규

발행처 정 보 통 신 정 책 연 구 원

충청북도 진천군 덕산읍 정통로 18

TEL: 043-531-4114 FAX: 043-535-4695 ~ 6

인 쇄 인 성 문 화

ISBN 979-11-7000-425-7 93320

〈비매품〉